บทที่ 6

กรณีศึกษาการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง ในโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ

6.1 บทนำ

จากแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงในบทที่ 5 ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงกับโครงการก่อสร้างอุโมงค์ที่ถูกเลือกมาใช้เป็นกรณีศึกษา โดยทำการประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง ณ ช่วงเวลาที่กำลังดำเนินการก่อสร้างอยู่ ซึ่งนอกจากนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแสดงเป็นตัวอย่างแล้ว ยังเป็นการทดสอบแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่นำเสนอไว้อีกด้วย

6.2 การคัดเลือกโครงการสำหรับใช้เป็นกรณีศึกษา

ในการวิจัยเชิงกรณีศึกษาโครงการ ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกโครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษาจากทั้งหมด 4 โครงการ และเลือกเพียง 1 โครงการ โดยมีเกณฑ์คัดเลือก ดังนี้

1) โครงการก่อสร้างอุโมงค์ฯนั้น ใช้วิธีขุดเจาะเดียวกันกับที่ทำการศึกษา
2) บุคลากรในโครงการ ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลต่างๆ เป็นอย่างดี
3) กรณีที่ต้องการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในเชิงลึก ควรอยู่ในวิสัยที่สามารถกระทำได้
4) การเดินทางไปยังแหล่งข้อมูล ไม่ควรเป็นอุปสรรคต่อผู้วิจัยมากนัก

จากหลักเกณฑ์ทั้งหมดนี้ ผู้วิจัยจึงได้คัดเลือก "โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา" มาใช้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งในลำดับต่อไปจะแสดงขั้นตอนวิธีการประเมินความเสี่ยง ตลอดจนข้อเสนอแนะในการบรรเทาความเสี่ยง

รายละเอียดโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา

วัตถุประสงค์ของโครงการ

กรุงเทพมหานครได้ทำสัญญาว่าจ้างบริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) เป็นผู้รับจ้างงานก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสัน ผ่านคลองแสนแสบ คลองไผ่สิงโต อุโมงค์ระบายน้ำถนน

เชื้อเพลิง ลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสถานีสูบน้ำคลองขุดวัดช่องลม โดยกำหนดให้แนวอุโมงค์วางอยู่ในแนวเขตคลอง ถนน และเขตของการรถไฟแห่งประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 6.1และ6.2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำ อีกทั้งให้สอดคล้องกับแผนป้องกันน้ำท่วมและการระบายน้ำที่มีอยู่เดิม

ข้อมูลโครงการ

รายละเอียดของโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา มีดังนี้

วันเปิดซองประกวดราคา	:	23 มีนาคม 2547
สัญญาเลขที่ สนน. 76/2547	:	30 เมษายน 2547
สัญญาแก้ไขเพิ่มเติม (ครั้งที่ 1) เลขที่ สนน. 137/2549	:	31 สิงหาคม 2549
วันที่เริ่มงานก่อสร้าง	:	21 พฤษภาคม 2547
ระยะเวลาก่อสร้าง	:	1,440 วัน
วันสิ้นสุดสัญญาก่อสร้าง	:	29 เมษายน 2551
มูลค่าสัญญา	:	2,166,000,000 บาท
หลักประกันสัญญา	:	ร้อยละ 5 ของราคาจ้างที่ประกวดได้
อัตราค่าปรับ	:	ร้อยละ 0.1 ของราคาจ้างตามสัญญาต่อวัน
การจ่ายเงินล่วงหน้า	:	ไม่เกินร้อยละ 10 ของราคาจ้างทั้งหมด
การหักเงินประกันผลงาน	:	ร้อยละ 10 ของเงินที่จ่ายแต่ละงวด
การปรับราคาค่างานจ้าง	:	ตามสูตรการปรับราคา (สูตรค่า K)

ขอบเขตของงานก่อสร้าง

ขอบเขตในโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา มีดังนี้

1) ก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 4.60 เมตร ความยาวประมาณ 5,986 เมตร
2) ก่อสร้างสถานีสูบน้ำขนาด 45 ลบ.ม./วินาที พร้อมอุปกรณ์ควบคุม 1 แห่ง
3) ก่อสร้างอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บริเวณบึงมักกะสัน 1 แห่ง
4) ก่อสร้างอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บริเวณคลองแสนแสบ 1 แห่ง
5) ก่อสร้างอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บริเวณคลองไผ่สิงโต 1 แห่ง

6) ก่อสร้างอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บริเวณถนนเชื้อเพลง 1 แห่ง

7) ก่อสร้างเขื่อนคสล. ชนิดเสาและแผงพร้อมสมอยึดหลัง ความยาวประมาณ 1,220 เมตร

สภาพพื้นที่โครงการ

สรุปสภาพพื้นที่โครงการและข้อจำกัดของพื้นที่ ดังนี้

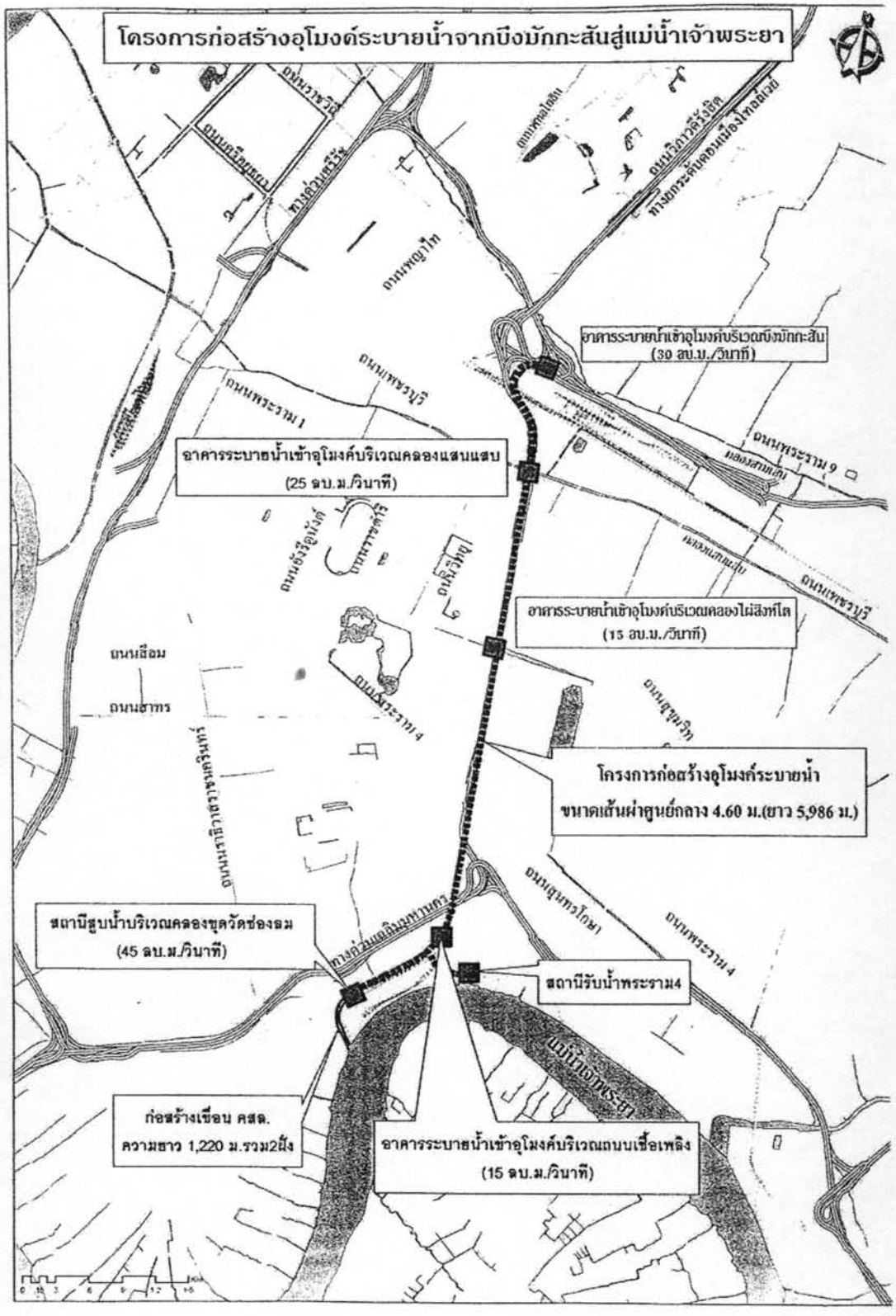
1) งานส่วนที่ 1 : งานก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 4.60 เมตร ความยาวประมาณ 5,986 เมตร

แนวอุโมงค์ระบายน้ำเริ่มจากอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บริเวณบึงมักกะสัน ลอดผ่านทางด่วนจตุรทิศ ลอดพื้นที่โรงซ่อมรถไฟมักกะสัน และไปตามแนวทางรถไฟมักกะสัน-แม่น้ำเจ้าพระยา ผ่านถนนเพชรบุรี คลองแสนแสบ ถนนสุขุมวิท ไปตามทางรถไฟลอดถนนพระราม 4 อุโมงค์รถไฟฟ้ามหานคร ทางด่วนขั้นที่ 1 และไปตามทางรถไฟสิ้นสุดที่คลองขุดวัดช่องลมที่สถานีสูบน้ำ ซึ่งจะมีการเชื่อมต่อกับท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 เมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 เมตร จากอาคารระบายน้ำมาบรรจบกับอุโมงค์

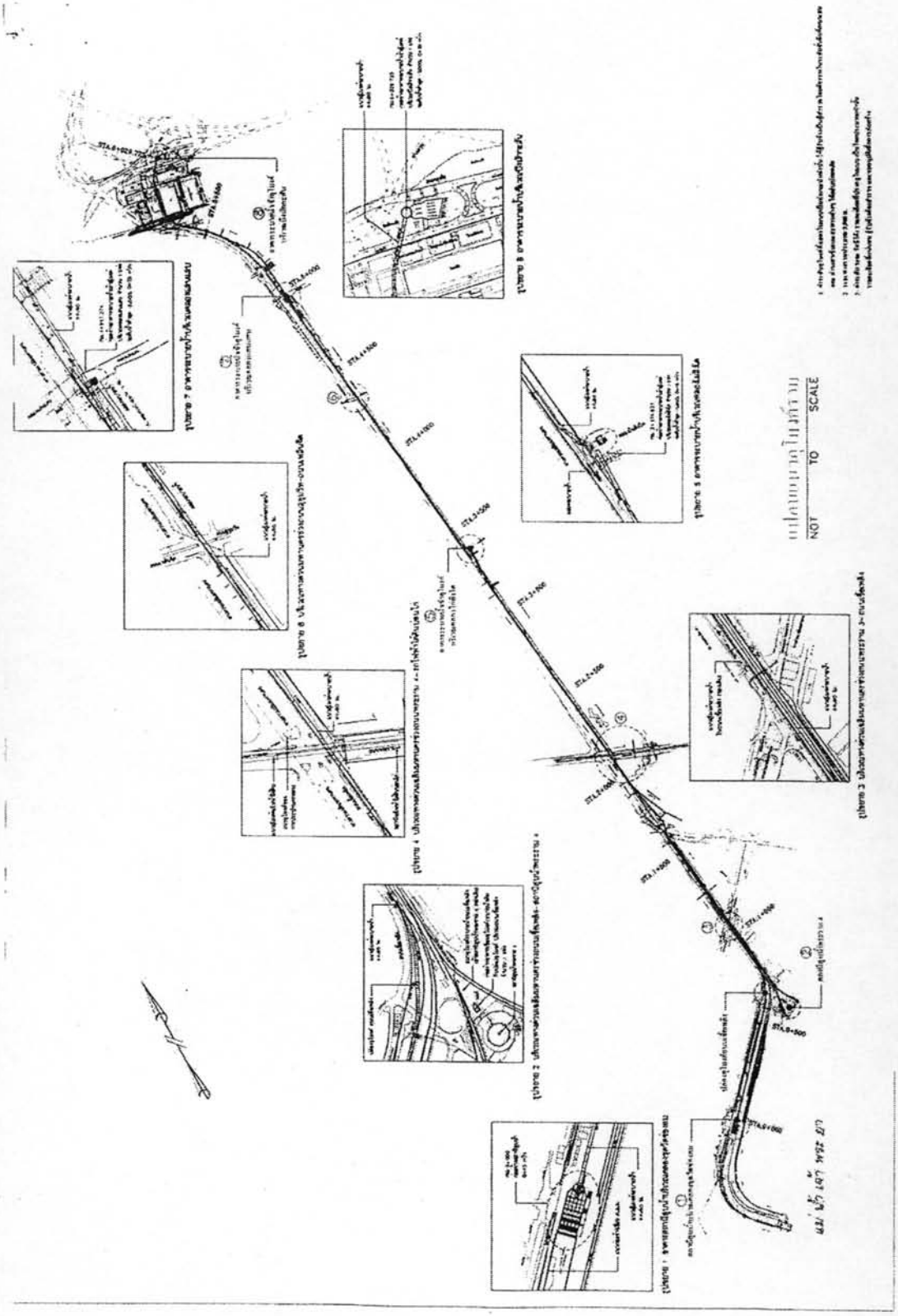
แผนการก่อสร้างอุโมงค์ได้เริ่มจาก จุดสิ้นสุดบริเวณสถานีสูบน้ำคลองขุดวัดช่องลม ย้อนกลับมายังจุดเริ่มต้นโครงการบริเวณอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บึงมักกะสัน เหตุเพราะสภาพพื้นที่บริเวณสถานีสูบน้ำคลองขุดวัดช่องลม เอื้ออำนวยต่อการกักเก็บสำรองผนังชิ้นส่วนอุโมงค์ (Segment) และพื้นที่เตรียมการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft) มากกว่าที่บริเวณบึงมักกะสัน

2) งานส่วนที่ 2 : งานก่อสร้างสถานีสูบน้ำ ที่อัตราการไหลไม่น้อยกว่า 45 ลบ.ม./วินาที พร้อมเครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ควบคุม ส่วนบริเวณที่จะก่อสร้างสถานีสูบน้ำบริเวณคลองขุดวัดช่องลม จะมีอาคารสถานีสูบน้ำอยู่ในคลอง จึงจำเป็นต้องทำเขื่อนกั้นน้ำ (Coffer Dam) โดยรอบบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

3) งานส่วนที่ 3 : งานก่อสร้างอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บริเวณบึงมักกะสัน มีที่ตั้งอาคารอยู่ในบึงมักกะสัน และพื้นที่ก่อสร้างโดยรอบจะมีทางด่วนจตุรทิศทั้งสามด้าน โดยจะทำการก่อสร้างทางเข้าชั่วคราวเชื่อมต่อกับทางด่วนจตุรทิศ เพื่อเข้าพื้นที่ก่อสร้าง และก่อสร้างเขื่อนกั้นน้ำ (Coffer Dam) ล้อมรอบบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง



รูปที่ 6.1 แนวอุโมงค์และที่ตั้งอาคารระบายน้ำ สำหรับโครงการที่ถูกเลือกเป็นกรณีศึกษา (โครงการอุโมงค์ระบายน้ำบึงมักกะสันฯ, 2548)



รูปที่ 6.2 แผนผังแนวอุโมงค์รวม พร้อมรูปขยายที่ตั้งอาคารระบายน้ำและจุดตัดผ่านสิ่งก่อสร้างสำคัญ (โครงการอุโมงค์ระบายน้ำบึงมักกะสันฯ, 2548)

4) งานส่วนที่ 4 : งานก่อสร้างอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บริเวณคลองแสนแสบ มีที่ตั้งอาคารอยู่ใต้ทางด่วนขั้นที่ 1 บริเวณทางขึ้นด่านเก็บเงินถนนเพชรบุรี ณ จุดนี้สามารถใช้พื้นที่ใต้ทางด่วนทำทางเข้าชั่วคราวเชื่อมต่อกับถนนวิทยุได้ และในขณะก่อสร้างจะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากอาคารอยู่ใกล้กับฐานรากของทางด่วน และท่อส่งน้ำมัน จึงต้องก่อสร้างเขื่อนกั้นน้ำ (Coffer Dam) ล้ำเข้าไปในคลองแสนแสบ

5) งานส่วนที่ 5 : งานก่อสร้างอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บริเวณคลองไผ่สิงโต มีที่ตั้งอาคารอยู่ในพื้นที่ของโรงงานยาสูบติดกับถนนดวงพิทักษ์ การทำทางเข้าพื้นที่ก่อสร้าง จะต้องรื้อกำแพงของโรงงานยาสูบ และก่อสร้างเขื่อนกั้นน้ำ (Coffer Dam) เข้าไปในคลองไผ่สิงโตล้อมรอบพื้นที่ก่อสร้าง

6) งานส่วนที่ 6 : งานก่อสร้างอาคารระบายน้ำเข้าอุโมงค์บริเวณถนนเชื้อเพลิง มีที่ตั้งอาคารอยู่ในพื้นที่สถานีสูบน้ำพระราม 4 ของกรุงเทพมหานคร ณ จุดนี้จะมีการเชื่อมต่อท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 เมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 เมตร กับอุโมงค์ที่จะทำการก่อสร้างนี้ด้วย

7) งานส่วนที่ 7 : งานก่อสร้างเขื่อนคสล. ชนิดเสาและแผงพร้อมสมอยึดด้านหลัง ความยาวประมาณ 1,220 เมตร โดยเขื่อนคสล. จะเริ่มก่อสร้างจากสถานีสูบน้ำคลองขุดวัดช่องลมไปสิ้นสุดที่ประตูระบายน้ำเดิมบริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยา

6.3 ขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

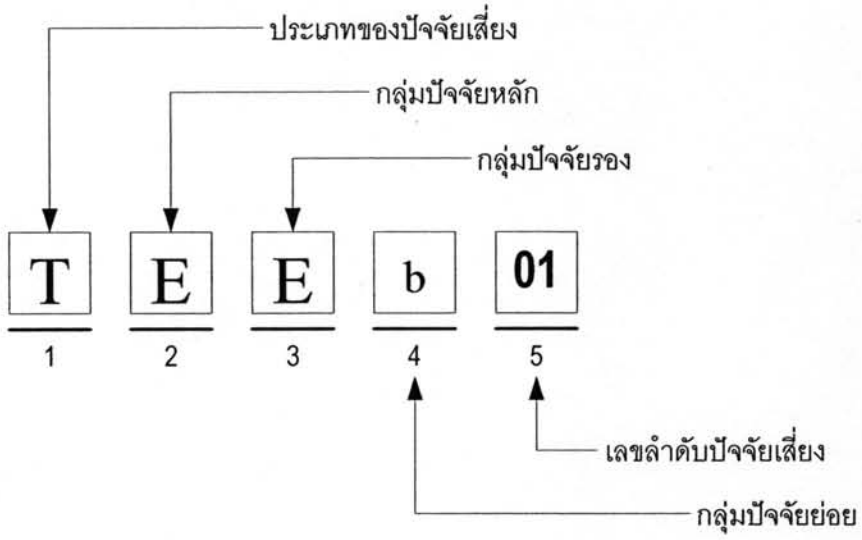
หัวข้อนี้นำเสนอขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง ตามแนวทางที่ได้เสนอไว้จากบทที่ 5 มาประยุกต์ใช้กับโครงการกรณีศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

6.3.1 การบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยง

จากตารางที่ 5.3 และ 5.4 ในบทที่ 5 ได้แสดงการบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยงในการก่อสร้างอุโมงค์แบบวิธีสมดุลแรงดันดิน สำหรับด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการตามลำดับ ซึ่งได้แสดงไว้สำหรับเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประเมินกับโครงการในอนาคต ในการนี้ผู้วิจัยได้นำปัจจัยจากตารางดังกล่าวมาพิจารณาคัดเลือกปัจจัยเสี่ยงที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในโครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งหลังจากได้คัดเลือกปัจจัยเสี่ยงในแต่ละด้านแล้ว พบว่ามีจำนวนปัจจัยเสี่ยงรวมทั้งสิ้น 127 ปัจจัย โดยแบ่งเป็นด้านเทคนิค 62 ปัจจัย และด้านเทคนิค 65 ปัจจัย ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมในทุกภาคส่วนระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

6.3.2 **การให้ชื่อรหัสปัจจัยเสี่ยง** (Risk Factors Coding)

เนื่องจากมีปัจจัยเสี่ยงเป็นจำนวนมาก (127 ปัจจัย) ที่ต้องนำมาใช้ในกรณีศึกษา ดังนั้น เพื่อความสะดวกจึงควรกำหนดรหัสแทนชื่อปัจจัยเสี่ยงเหล่านั้น ซึ่งในการนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอการให้ชื่อรหัสปัจจัยเสี่ยง โดยนำตัวอักษรภาษาอังกฤษมาผสมกับตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 ลักษณะการให้ชื่อรหัสปัจจัยเสี่ยง

สำหรับวิธีในการให้ชื่อรหัสปัจจัยเสี่ยงที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ จะประกอบด้วย 5 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งที่ 1 -3 จะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ซึ่งแทนด้วย ประเภทของปัจจัยเสี่ยง กลุ่มปัจจัยหลัก กลุ่มปัจจัยรอง ตามลำดับ ส่วนตำแหน่งที่ 4 ได้กำหนดให้ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก ซึ่งแทนด้วย กลุ่มปัจจัยย่อย และตำแหน่งสุดท้ายคือตำแหน่งที่ 5 จะใช้ตัวเลขอารบิกจำนวน 2 หลัก เริ่มจาก 01-99 ซึ่งแทนด้วย เลขลำดับของปัจจัยเสี่ยง ดังแสดงในตารางที่ 6.1

จากการนำเสนอการให้ชื่อรหัสปัจจัยเสี่ยงดังกล่าวพบว่า สามารถที่จะเพิ่มเติมหรือตัดทอนปัจจัยเสี่ยงเหล่านั้นได้ โดยที่ไม่มีผลต่อรหัสของปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ จึงสะดวกแก่ผู้ที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้ อีกทั้งถ้าผู้ใช้สามารถจำได้ว่า ตัวอักษรดังกล่าวหมายถึงหมวดหมู่ใด ก็จะช่วยในการคาดคะเนประเภทหรือชื่อของปัจจัยเสี่ยงนั้นๆได้ ทำให้การค้นหาชื่อกระทำได้เร็วยิ่งขึ้น

หลังจากได้พิจารณาคัดเลือกปัจจัยเสี่ยงสำหรับนำมาใช้กับกรณีศึกษา ผนวกกับการกำหนดชื่อรหัสให้ปัจจัยเสี่ยงตามวิธีการข้างต้น จึงสามารถแสดงปัจจัยเสี่ยงได้ดังตารางที่ 6.2 และ 6.3 ซึ่งแสดงปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิค และด้านบริหารจัดการ ตามลำดับ

ตารางที่ 6.1 การกำหนดชื่อรหัสปัจจัยเสี่ยง

ตำแหน่งที่	คำอธิบาย
T 1	หมายถึง ประเภทของปัจจัยเสี่ยง ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ประกอบด้วย T (*T*echnical Factors) – ปัจจัยด้านเทคนิค A (*A*dministrative Factors) – ปัจจัยด้านการบริหารจัดการ
E 2	หมายถึง กลุ่มปัจจัยหลัก ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ประกอบด้วย <u>ด้านเทคนิค</u> G (*G*round Condition) – ด้านสภาพทางธรณีวิทยา C (*C*limate and Natural Disaster) – ด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ E (*E*PB Process) – ด้านกระบวนการขุดเจาะแบบวิธีสมดุลแรงดันดิน S (*S*haft Construction) – ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ D (*D*rawings and Specifications) – ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด <u>ด้านบริหารจัดการ</u> P (*P*erson) – ด้านบุคลากร R (Materials, Equipments and Heavy Machines) or (*R*esources) – ด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างและเครื่องจักรกลหนัก O (*O*peration) – ด้านการปฏิบัติงาน A (Safety and *A*ccident) – ด้านความปลอดภัยและอุบัติเหตุ F (*A*ffected to People and Environment) – ด้านผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง S (Employer and Fund) or (*S*econd Party) – ด้านฝ่ายผู้ว่าจ้างและแหล่งเงินทุน C (*C*onstruction Site) – ด้านพื้นที่ก่อสร้าง G (Politic and Regulation) or (*G*overnment) – ด้านส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง E (Macroeconomics) – ด้านเศรษฐศาสตร์มหาภาค
E 3	หมายถึง กลุ่มปัจจัยรอง ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ประกอบด้วย <u>ด้านกระบวนการขุดเจาะแบบวิธีสมดุลแรงดันดิน</u> E (*E*xcavation Stage) – ขั้นตอนการขุดเจาะ T (Mucking out and *t*ransporting segmental liners) – ขั้นตอนการลำเลียงดินและผนังอุโมงค์ L (Installing segmental *l*iners) – ขั้นตอนการดาดอุโมงค์

ตารางที่ 6.1 (ต่อ) การกำหนดชื่อรหัสปัจจัยเสี่ยง

ตำแหน่งที่	คำอธิบาย
E 3 (ต่อ)	G (*G*routing) – ขั้นตอนการเกร๊าต์ S (Multi-*S*upply System) – ระบบสนับสนุนการขุดเจาะ <u>ด้านบุคลากร</u> L (Technician / *L*abor) – ช่างฝีมือ / แรงงาน S (*S*ub Contractor) – ผู้รับจ้างช่วง F (Staff / *F*oreman) – สต๊าฟ / โฟร์แมน E (*E*ngineer) – วิศวกร M (CEO, *M*anager Director) – ผู้จัดการ / เจ้าของบริษัท <u>ด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างและเครื่องจักรกลหนัก</u> M (*M*aterials / Equipments) – วัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้าง H (*H*eavy Machines) – เครื่องจักรกลหนัก <u>ด้านฝ่ายผู้ว่าจ้างและแหล่งเงินทุน</u> E (*E*mployer / Inspector / Employer 's Representative / A&E Consultant) – ผู้ว่าจ้าง / ผู้ควบคุมงาน / ตัวแทนของผู้ว่าจ้าง /บริษัทที่ปรึกษา F (*F*unding) – ผู้ให้กู้ยืมเงิน / แหล่งเงินทุน / สถาบันการเงิน
b 4	หมายถึง กลุ่มปัจจัยย่อย ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก ประกอบด้วย <u>ขั้นตอนการขุดเจาะ</u> t (*T*unnel Boring Machine) – หมวดหัวเจาะอุโมงค์ b (Screw & *B*elt Conveyor System) – หมวดระบบสกรูคอนเวเยอร์และสายพาน h (Lubricant / *H*ydraulic System) – หมวดระบบหล่อลื่น / ระบบไฮโดรลิก a (*A*lignment Control) – หมวดระบบควบคุมแนวการขุดเจาะ p (TBM *P*ower Supply) – หมวดระบบส่งพลังงานให้หัวเจาะอุโมงค์ <u>ขั้นตอนการลำเลียงดินและผนังอุโมงค์</u> c (*C*rane) – หมวดรถยก l (*L*ocomotive) – หมวดหัวรถลาก m (*M*uck Car) – หมวดรถบรรทุกดิน s (*S*egment Car) – หมวดรถบรรทุกผนังอุโมงค์ g (Cement *G*rout Car) – หมวดรถบรรทุกซีเมนต์เกร๊าต์

ตารางที่ 6.1 (ต่อ) การกำหนดชื่อรหัสปัจจัยเสี่ยง

ตำแหน่งที่	คำอธิบาย
b 4 (ต่อ)	t (*T*raffic) – หมวดการเดินรถ d (*D*isposal Soil off site) – หมวดการขนถ่ายดินออกนอกโครงการ <u>ระบบสนับสนุนการขุดเจาะ</u> r (*C*rew in-out Tunnel) – หมวดการลำเลียงขนส่งพนักงาน o (Power Supply System) – หมวดระบบไฟฟ้ากำลัง w (*W*ater Supply System) – หมวดระบบน้ำประปา v (*V*entilation System) – หมวดระบบระบายอากาศ
01 5	หมายถึง เลขลำดับของปัจจัย ใช้ตัวเลขอารบิกจำนวน 2 หลัก เริ่มจาก 01-99

สำหรับปัจจัยเสี่ยงทั้งด้านเทคนิค และด้านบริหารจัดการ ซึ่งได้สืบค้นและรวบรวมจากเอกสารงานวิจัยในอดีตและจากหน่วยงานก่อสร้าง ทำให้ได้ปัจจัยเสี่ยงที่มีลักษณะเฉพาะและแตกต่างจากงานก่อสร้างประเภทอื่นๆ โดยเฉพาะในด้านเทคนิคได้นำเสนอปัจจัยทั้งในส่วนที่ควบคุมได้และเกินความสามารถควบคุม ซึ่งนำเสนอระดับความละเอียดของปัจจัยจนถึงระดับกิจกรรม (Activity Level) จากในแต่ละประเภทงานของกระบวนการขุดเจาะอุโมงค์ ส่วนในด้านบริหารจัดการ ได้รวบรวมปัจจัยเสี่ยงในแง่ของการบริหารจัดการโครงการ ซึ่งนำเสนอปัจจัยเสี่ยงทั้งในส่วนที่สามารถควบคุมได้และเกินความสามารถในการควบคุมไว้เช่นเดียวกัน ซึ่งพบว่ามีปัจจัยเสี่ยงบางส่วนเกี่ยวข้องและกระทบต่องานก่อสร้างอุโมงค์แบบวิธีสมดุลแรงดันดินโดยตรง และมีบางส่วนที่อาจไม่กระทบต่องานก่อสร้างอุโมงค์โดยตรง โดยเป็นปัจจัยที่สามารถพบได้ในงานก่อสร้างทั่วๆไป แต่สาเหตุที่ต้องรวบรวมเอาไว้ด้วยนี้ ก็เนื่องจากปัจจัยเหล่านั้นล้วนเป็นตัวขับเคลื่อนไปสู่ความสำเร็จของโครงการ โดยหากไม่รวบรวมเอาไว้ด้วยแล้ว ก็จะขาดความสมบูรณ์ในการรวบรวมปัจจัยเสี่ยงที่มีอิทธิพลต่อการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดินไป อันจะไม่เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ที่นำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้

ตารางที่ 6.2 กลุ่มปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคสำหรับกรณีศึกษา

ลำดับ (No.)	กลุ่มปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor Categories)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors)	รหัส (Code)
1	**ด้านสภาพทางธรณีวิทยา** (Ground Condition)	- สภาพชั้นดินไม่แน่นอน	TG01
		- สภาพแรงดันน้ำใต้ดินสูง	TG02
2	**ด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ** (Climate and Natural Disaster)	- เกิดพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง	TC01
		- เกิดแผ่นดินไหว	TC02
3	**ด้านกระบวนการขุดเจาะแบบวิธีสมดุลแรงดันดิน** (EPB Process)		TE
3.1	*ขั้นตอนการขุดเจาะ (Excavation)*		TEE
3.1.1	ส่วนหัวเจาะอุโมงค์ (Tunnel Boring Machine)	- มอเตอร์ส่วน Cutter Head มีอุณหภูมิขึ้นสูงเกินกำหนด	TEEt01
		- ระบบตรวดวัดค่าต่างๆของหัวเจาะคลาดเคลื่อน	TEEt02
		- ความเข้มข้นสารละลายของสารผสมเพิ่ม (Additive) ไม่เหมาะสมต่ออัตราขุดเจาะ	TEEt04
3.1.2	ระบบสกรูคอนเวเยอร์ และสายพานลำเลียง (Screw & Belt Conveyor System)	- สกรูคอนเวเยอร์ ชำรุดหรือติดขัดเนื่องจากดิน / เศษวัสดุอุดตัน	TEEb01
		- มอเตอร์ส่วนขับเคลื่อนสกรูคอนเวเยอร์ชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TEEb02
		- สายพานลำเลียงติดขัดเนื่องจากดิน	TEEb03
		- สายพานลำเลียงชำรุด / ฉีกขาดกะทันหัน	TEEb04
3.1.3	ระบบหล่อลื่น / ระบบไฮดรอลิก (Lubricant / Hydraulic System)	- น้ำมันหล่อลื่นภายในอุปกรณ์เสื่อมสภาพ	TEEh01
		- น้ำมันไฮดรอลิกภายในอุปกรณ์มีปริมาณลดลง / ไม่เพียงพอ	TEEh02
		- ไส้กรองน้ำมันไฮดรอลิกอุดตัน	TEEh03
		- วาล์วไฟฟ้าชำรุด	TEEh04

ตารางที่ 6.2 (ต่อ) กลุ่มปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคสำหรับกรณีศึกษา

ลำดับ (No.)	กลุ่มปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor Categories)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors)	รหัส (Code)
		- ฟันกัดหน้าดินบริเวณ Cutter Head ชำรุด	TEEt03
3.1.3	ระบบหล่อลื่น / ระบบไฮดรอลิก (Lubricant / Hydraulic System) (ต่อ)	- ท่อน้ำมันไฮดรอลิกภายในอุปกรณ์รั่วซึม	TEEh05
3.1.4	ระบบควบคุมแนวการขุดเจาะ (Alignment Control)	- หัวเจาะอุโมงค์เบี่ยงเบนออกจากแนวการขุดเจาะเนื่องจากไฮดรอลิกแจ็คชำรุดกะทันหัน	TEEa01
		- การทำงานของระบบนำร่องอัตโนมัติ (Robotec) คลาดเคลื่อน	TEEa02
3.1.5	ระบบส่งพลังงานให้หัวเจาะอุโมงค์ (TBM Power Supply)	- กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายในโครงการขัดข้อง	TEEp01
		- กระแสไฟฟ้าจากระบบสนับสนุนการขุดเจาะ (Back up System) ขัดข้อง	TEEp02
3.2	*ขั้นตอนการลำเลียงดินและผนังอุโมงค์ (Mucking out and transporting segmental liners)*		TET
3.2.1	รถยก (Crane)	- รถยกชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TETc01
		- สายรัดยึดจับวัสดุ ของรถยกชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TETc02
3.2.2	หัวรถลาก (Locomotive)	- หัวรถลากตกราง	TETl01
		- หัวรถลากชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TETl02
		- หัวรถลากมีกำลังไม่เพียงพอในการลากจูง	TETl03
		- รอคอยการเปลี่ยนหัวรถลาก	TETl04
3.2.3	รถบรรทุกดิน (Muck Car)	- รถบรรทุกดินตกราง	TETm01
		- รถบรรทุกดินชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TETm02
		- รอคอยการเปลี่ยนรถบรรทุกดิน	TETm03
		- รอคอยรถบรรทุกดินที่นำดินไปทิ้งกลับเข้าสู่อุโมงค์	TETm04

ตารางที่ 6.2 (ต่อ) กลุ่มปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคสำหรับกรณีศึกษา

ลำดับ (No.)	กลุ่มปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor Categories)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors)	รหัส (Code)
3.2.4	รถบรรทุกผนังอุโมงค์ (Segment Car)	- รถบรรทุกผนังอุโมงค์ตกราง	TETs01
		- รถบรรทุกผนังอุโมงค์ชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TETs02
		- รอคอยผนังอุโมงค์ที่ถูกลำเลียงจากปล่อง (Shaft) เข้าสู่อุโมงค์	TETs03
		- เปลี่ยนผนังอุโมงค์ชิ้นใหม่ เนื่องจากเสียหายระหว่างการลำเลียง	TETs04
		- เปลี่ยนผนังอุโมงค์ชิ้นใหม่ เนื่องจากลำเลียงมาผิดตำแหน่ง	TETs05
3.2.5	รถบรรทุกซีเมนต์เกราต์ (Cement Grout car)	- รถบรรทุกซีเมนต์เกราต์ตกราง	TETg01
		- รถบรรทุกซีเมนต์เกราต์ชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TETg02
3.2.6	การเดินรถ (Traffic)	- ขบวนลำเลียงหลบกันไม่พ้น ชนกัน บริเวณรางสับหลีก	TETt01
		- รอคอยเนื่องจากซ่อมแซมจุดสับเปลี่ยนราง (Car Shifter)	TETt02
		- รอคอยเนื่องจากซ่อมแซมราง	TETt03
3.2.7	การขนถ่ายดินออกนอกโครงการ (Disposal Soil off site)	- รถขุดตัก (Back hoe) ชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TETd01
3.3	*ขั้นตอนการดาดอุโมงค์ (Installing segmental liners)*	- อุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงผนังอุโมงค์ (Erector Feeder / hoist) ขัดข้อง	TEL01
		- Erector มีปัญหาขัดข้องขณะติดตั้งผนังอุโมงค์	TEL02
		- ผนังอุโมงค์เสียหายเนื่องมาจากการติดตั้ง	TEL03
3.4	*ขั้นตอนการเกร๊าต์ (การอุดช่องว่างระหว่างดินและผนังอุโมงค์ด้วยน้ำปูน) (Grouting)*	- หัวฉีดน้ำปูนชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TEG01
		- ปั๊มและท่อส่งน้ำปูนชำรุด	TEG02
		- รอคอยการผสมซีเมนต์เกราต์ เนื่องจากการเบี่ยงเบนความชื้นของวัสดุ	TEG03

ตารางที่ 6.2 (ต่อ) กลุ่มปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคสำหรับกรณีศึกษา

ลำดับ (No.)	กลุ่มปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor Categories)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors)	รหัส (Code)
3.4	*ขั้นตอนการเกราต์ (การอุดช่องว่างระหว่างดินและผนังอุโมงค์ด้วยน้ำปูน) (Grouting)* (ต่อ)	- โม่ผสมซีเมนต์เกราต์ชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	TEG04
3.5	*ระบบสนับสนุนการขุดเจาะ (Multi-Supply System)*		TES
3.5.1	การลำเลียงขนส่งพนักงาน (Crew in-out Tunnel)	- รถลำเลียงพนักงาน (Passenger car) ตกราง	TESr01
3.5.2	ระบบไฟฟ้ากำลัง (Power Supply System)	- กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯขัดข้อง	TESo01
		- สายส่งแรงสูงเกิดการลัดวงจร	TESo02
3.5.3	ระบบน้ำประปา (Water Supply System)	- น้ำประปาไม่ไหล เนื่องจากการประปาฯ หยุดจ่ายน้ำ	TESw01
		- รอคอยเนื่องจากซ่อมแซมท่อน้ำประปารั่วไหล ภายในอุโมงค์	TESw02
3.5.4	ระบบระบายอากาศ (Ventilation System)	- ระบบปรับอากาศภายในอุโมงค์ขัดข้อง	TESv01
		- ระบบพัดลมระบายอากาศขัดข้อง	TESv02
		- ท่อนำอากาศชำรุดเสียหาย	TESv03
4	**ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft)**	- การเอียงตัวของปล่องอุโมงค์	TS01
		- การจมปล่องอุโมงค์เลยค่าระดับที่ต้องการ	TS02
5	**ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด (Drawings and Specifications)**	- หยุดรอเนื่องจากเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างกะทันหัน	TD01
		- หยุดรอเนื่องจากเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดกะทันหัน	TD02
		- พบข้อผิดพลาด หรือจุดบกพร่องในแบบก่อสร้าง อันเป็นเหตุให้การก่อสร้างต้องหยุดชั่วคราว	TD03

ตารางที่ 6.3 กลุ่มปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการสำหรับกรณีศึกษา

ลำดับ (No.)	กลุ่มปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor Categories)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors)	รหัส (Code)
	<u>ปัจจัยที่เกิดจากภายในองค์กร</u> / ควบคุมได้		
1	**ด้านบุคลากร** (Person)		AP
1.1	ช่างฝีมือ / แรงงาน (Technician / Labor)	- ขาดทักษะและประสบการณ์	APL01
		- ได้ผลิตภาพในปริมาณต่ำ	APL02
		- คุณภาพของงานไม่ได้ตามที่ต้องการ	APL03
		- งานไม่เสร็จตามกำหนดเวลา	APL04
		- ขาดความเข้าใจในคำสั่งการ	APL05
		- ขาดงานโดยไม่มีสาเหตุ	APL06
		- ปริมาณแรงงานไม่เพียงพอ	APL07
1.2	ผู้รับจ้างช่วง (Sub Contractor)	- ขาดสภาพคล่อง	APS01
		- ขาดทักษะและประสบการณ์	APS02
		- งานไม่เสร็จตามกำหนดเวลา	APS03
		- ได้ผลิตภาพในปริมาณต่ำ	APS04
		- คุณภาพของงานไม่ได้ตามที่ต้องการ	APS05
		- การควบคุมสั่งการผู้รับจ้างช่วง ทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร	APS06
		- รับงานหลายโครงการในคราวเดียวกัน	APS07
1.3	สต๊าฟ / โฟร์แมน (Staff / Foreman)	- ขาดความรับผิดชอบในงาน	APF01
		- ขาดงานโดยไม่มีสาเหตุ	APF02
		- ขาดทักษะและประสบการณ์	APF03
1.4	วิศวกร (Engineer)	- ขาดความรับผิดชอบในงาน	APE01
		- ขาดทักษะและประสบการณ์	APE02
		- รับผิดชอบหลายโครงการในคราวเดียวกัน	APE03
		- เปลี่ยนตัววิศวกรผู้ควบคุมงานบ่อยครั้ง	APE04

ตารางที่ 6.3 (ต่อ) กลุ่มปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการสำหรับกรณีศึกษา

ลำดับ (No.)	กลุ่มปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor Categories)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors)	รหัส (Code)
1.5	ผู้จัดการ / เจ้าของบริษัท (CEO, Manager Director)	- ขาดทักษะในการบริหาร	APM01
		- ขาดประสบการณ์ในงานก่อสร้างอุโมงค์	APM02
		- ขาดความเข้าใจในเงื่อนไขสัญญา	APM03
		- ขาดความสามารถในการแสวงหาแหล่งเงินทุน	APM04
		- ขาดความสามารถในการต่อรองกับเจ้าของเงิน	APM05
2	**ด้านวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างและเครื่องจักรกลหนัก** (Materials, Equipments and Heavy Machines)		AR
2.1	ด้านวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้าง (Materials / Equipments)	- ปัญหาราคาวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างสูงขึ้นกว่าที่ประมาณการไว้ในใบเสนอราคา	ARM01
		- ปัญหาการขาดแคลนวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้าง	ARM02
		- การขนส่งวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างล่าช้า	ARM03
		- วัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างมีคุณภาพต่ำ	ARM04
		- วัสดุก่อสร้างเสียหายระหว่างการกักเก็บ	ARM05
		- วัสดุก่อสร้างเสียหายระหว่างการขนส่ง	ARM06
2.2	ด้านเครื่องจักรกลหนัก (Heavy Machines)	- เครื่องจักรกลให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำ	ARH01
		- เครื่องจักรกลชำรุดบ่อย	ARH02
		- เครื่องจักรกลมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการใช้งาน	ARH03
		- เครื่องจักรกลใช้เวลาซ่อมแซมนานเนื่องจากรอการจัดซื้ออะไหล่มาเปลี่ยน	ARH04
3	**ด้านการปฏิบัติงาน** (Operation)	- ปัญหาในการควบคุมคุณภาพ	AO01
		- ปัญหาเนื่องจากการวางแผนงานก่อสร้างไม่เหมาะสม	AO02

ตารางที่ 6.3 (ต่อ) กลุ่มปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการสำหรับกรณีศึกษา

ลำดับ (No.)	กลุ่มปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor Categories)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors)	รหัส (Code)
3	**ด้านการปฏิบัติงาน** (Operation) (ต่อ)	- ปัญหาจากการประสานงานในองค์กร	AO03
4	**ด้านความปลอดภัย และอุบัติเหตุ** (Safety and Accident)	- การเกิดอุบัติเหตุรุนแรงขณะก่อสร้าง	AA01
		- การละเลยการติดตั้งเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์เตือน บริเวณเขตอันตราย	AA02
		- ขาดการตรวจตราและจัดอบรมพนักงานในเรื่องความปลอดภัย	AA03
5	**ด้านผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง** (Affected to People and Environment)	- การก่อสร้างก่อปัญหาเหตุเดือดร้อนรำคาญต่อชุมชนใกล้เคียง	AF01
		- ปัญหาจากการก่อมลพิษต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม	AF02
	<u>ปัจจัยที่เกิดจากภายนอกองค์กร / ควบคุมไม่ได้</u>		
6	**ด้านฝ่ายผู้ว่าจ้างและแหล่งเงินทุน** (Employer and Fund)		AS
6.1	ผู้ว่าจ้าง / ผู้ควบคุมงาน / ตัวแทนของผู้ว่าจ้าง /บริษัทที่ปรึกษา (Employer / Inspector / Employer 's Representative / A&E Consultant)	- ขาดความเข้าใจในหน้าที่ และบทบาทของตนเอง	ASE01
		- ขาดทักษะและประสบการณ์	ASE02
		- ปัญหาจากความล่าช้าในการอนุมัติวัสดุและแบบก่อสร้าง	ASE03
		- ปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงงาน	ASE04
		- ปัญหาการติดต่อประสานงานกันระหว่างองค์กร	ASE05
		- ปัญหาทุจริตคอรัปชั่น	ASE06
		- ปัญหาการเบิกเงินค่างวดงานให้แก่ผู้รับจ้างล่าช้า	ASE07
6.2	ผู้ให้กู้ยืมเงิน / แหล่งเงินทุน / สถาบันการเงิน (Funding)	- ปัญหาการจ่ายเงินล่าช้า	ASF01
		- ปัญหาจากภาวะเศรษฐกิจผันผวน เป็นเหตุให้เงื่อนไขในการกู้ยืม ต้องการหลักประกันเพิ่มมากขึ้น	ASF02

ตารางที่ 6.3 (ต่อ) กลุ่มปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการสำหรับกรณีศึกษา

ลำดับ (No.)	กลุ่มปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor Categories)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors)	รหัส (Code)
7	**ด้านพื้นที่ก่อสร้าง** (Construction Site)	- ปัญหาทางเข้า – ออกคับแคบ	AC01
		- ปัญหาพื้นที่ก่อสร้างใกล้ชิดกับชุมชนข้างเคียง	AC02
		- ปัญหาเรื่องการจราจร	AC03
		- ปัญหาจากกฎหมายท้องถิ่น เช่น ห้ามการทำงานในเวลากลางคืน หรือการไม่อนุญาตให้รถบรรทุกวิ่งในชั่วโมงเร่งด่วน	AC04
		- ปัญหาการขุดพบสิ่งไม่พึงประสงค์ เช่น เสาเข็มสะพาน, โบราณสถาน, โบราณวัตถุ หรือวัตถุเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง, ก๊าซธรรมชาติ	AC05
8	**ด้านส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง** (Politic and Regulation)	- มีการเปลี่ยนแปลงนโยบาย กฎ และข้อบังคับต่างๆ อย่างกะทันหัน	AG01
		- ความล่าช้าจากการขออนุญาต-อนุมัติจากส่วนราชการ	AG02
		- ปัญหาจากการชะลอโครงการ เนื่องจากการปรับเปลี่ยนผู้บริหาร	AG03
9	**ด้านเศรษฐศาสตร์มหภาค** (Macroeconomics)	- ปัญหาจากภาวะเงินเฟ้อ	AE01
		- ปัญหาจากอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราผันผวน	AE02
		- ปัญหาจากอัตราดอกเบี้ยผันผวน	AE03
		- ปัญหาจากอัตราค่าแรงสูงกว่าที่ประมาณการไว้	AE04

ลำดับต่อไปคือการกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยง ซึ่งสำหรับกรณีศึกษานี้ ได้กำหนดตามแนวทางการจัดลำดับความสำคัญที่นำเสนอไว้ในบทที่ 5 กล่าวคือ จำแนกออกเป็น 4 ระดับ อันได้แก่ ความเสี่ยงต่ำ ความเสี่ยงปานกลาง ความเสี่ยงสูง และความเสี่ยงสูงมาก ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นหลักในการสร้างมาตรวัดสำหรับประเมิน และใช้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินเป็นลำดับต่อไป

หลังจากจำแนกเกณฑ์ความเสี่ยง เพื่อนำไปสร้างมาตรวัดและส่วนประกอบอื่นๆ โดยรวมเข้าเป็นแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว จึงได้นำไปใช้สำรวจกับโครงการกรณีศึกษา และสำหรับการคัดเลือกผู้ที่จะตอบแบบสอบถามนั้น จะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ในเรื่องที่ตนเองจะตอบเป็นอย่างดี ทั้งนี้เพื่อให้การนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปมีความถูกต้อง เชื่อถือได้ และสะท้อนสภาพการณ์ที่เป็นจริงในส่วนที่เกี่ยวกับความเสี่ยงของโครงการมากที่สุด ดังนั้นก่อนที่จะนำแบบสอบถามไปใช้สำรวจ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาจากผังองค์กรของโครงการ ผนวกกับการขอคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่ เพื่อพิจารณาคัดเลือกบุคคลที่จะตอบแบบสอบถาม โดยได้แสดงรายละเอียดผู้ตอบแบบสอบถามไว้ในตารางที่ 6.4 และ 6.5

ตารางที่ 6.4 ตำแหน่งและประสบการณ์ของบุคลากรผู้ตอบแบบสอบถามสำหรับด้านบริหารจัดการ

บุคคลากรผู้ตอบแบบสอบถาม (ตำแหน่ง)	ช่วงประสบการณ์ในงานอุโมงค์ชนิด EPB (ปี)
1. หน่วยงานกรณีศึกษา : โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา	
1.1 รองผู้จัดการโครงการ	1 – 3
1.2 ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม	1 – 3
1.3 วิศวกรสำนักงานอาวุโส	1 – 3
1.4 ผู้จัดการฝ่ายก่อสร้าง 1	1 – 3
2. หน่วยงานอื่น	
2.1 นายช่างโครงการ การประปานครหลวง (ผู้ว่าจ้าง : รับผิดชอบดูแลโครงการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำระหว่างถนนวงแหวนรอบนอก ตากสิน – เพชรเกษม ถึงถนนพระรามที่ 2)	1 – 3
2.2 วิศวกรโครงการ บริษัทไทยเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (วิศวกรที่ปรึกษาฯ : รับผิดชอบดูแลโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา)	3 – 5

ตารางที่ 6.5 ตำแหน่งและประสบการณ์ของบุคลากรผู้ตอบแบบสอบถาม
สำหรับด้านเทคนิค

บุคคลากรผู้ตอบแบบสอบถาม (ตำแหน่ง)	ช่วงประสบการณ์ในงานอุโมงค์ชนิด EPB (ปี)
1. หน่วยงานกรณีศึกษา : โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา	
1.1 วิศวกรอุโมงค์อาวุโส	5 – 10
1.2 วิศวกรอุโมงค์ 1	3 – 5
1.3 วิศวกรอุโมงค์ 2	3 – 5
1.4 วิศวกรอุโมงค์ 3	ต่ำกว่า 1 ปี
1.5 วิศวกรอุโมงค์ 4	1 – 3
1.6 โฟร์แมนอุโมงค์ 1	5 – 10
1.7 โฟร์แมนอุโมงค์ 2	5 – 10
1.8 โฟร์แมนอุโมงค์ 4	5 – 10
1.9 พนักงานควบคุมหัวขุดเจาะ 1 (TBM Operator 1)	5 – 10
1.10 พนักงานควบคุมหัวขุดเจาะ 2 (TBM Operator 2)	5 – 10
2. หน่วยงานอื่น	
2.1 นายช่างโครงการ การประปานครหลวง (ผู้ว่าจ้าง : รับผิดชอบดูแลโครงการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำระหว่างถนนวงแหวนรอบนอก ตากสิน – เพชรเกษม ถึงถนนพระรามที่ 2)	1 – 3
2.2 วิศวกรโครงการ บริษัทไทยเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาฯ : รับผิดชอบดูแลโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา)	3 – 5

6.3.3 ประเภทของการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

ประเภทการประเมินความเสี่ยง ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง
- การประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง

โดยการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง ใช้การพิจารณาจากคะแนนความเสี่ยง โดยคะแนนความเสี่ยงสามารถคำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักซึ่งหาได้จากวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น กับระดับความเสี่ยงซึ่งได้จากการประเมินในแบบสอบถามของแต่ละปัจจัยที่พิจารณา ส่วนการประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง จะวิเคราะห์จาก

แบบจำลองความเสี่ยง 3 มิติ เพื่อหาระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัย อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางสำหรับตอบโต้ความเสี่ยง (Risk Response) ตามระดับความรุนแรงของปัจจัยนั้นๆ ดังรายละเอียดที่จะแสดงในหัวข้อถัดไป

1) การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

ใช้การพิจารณาจากคะแนนความเสี่ยงเป็นสำคัญดังกล่าวแล้วข้างต้น โดยนำค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยคูณกับค่าระดับความเสี่ยงกลางของแต่ละปัจจัย ซึ่งการหาค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ย และค่าระดับความเสี่ยงกลาง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ค่าถ่วงน้ำหนัก

การประเมินเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยง ผู้วิจัยได้นำเสนอการประเมินโดยประยุกต์ใช้วิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process - AHP) เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยง โดยทำการประเมินตามการจำแนกกลุ่มของปัจจัยเสี่ยงดังตารางข้างต้น (ตารางที่ 6.2 และ 6.3) สำหรับเหตุผลที่ต้องนำวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นมาประยุกต์ใช้ ก็เนื่องจากว่า ในแต่ละปัจจัยเสี่ยงจะมีอิทธิพลต่อการก่อสร้างอุโมงค์แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยเสี่ยงระหว่าง น้ำประปาไม่ไหลเนื่องจากการประปาฯ หยุดจ่ายน้ำ (TESw01) กับการเผชิญสภาพแรงดันน้ำใต้ดินสูง (TG02) ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลจากโครงการต่างๆ มีความแน่ชัดว่า การเผชิญสภาพแรงดันน้ำใต้ดินสูงจะเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งต่อการขุดเจาะอุโมงค์มากกว่าการที่น้ำประปาไม่ไหล ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้ใช้การหาค่าถ่วงน้ำหนักตามวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น ซึ่งเป็นการหาค่าถ่วงน้ำหนักแบบกระจาย คือกระจายค่าถ่วงน้ำหนักไปทุกปัจจัยในกลุ่มที่พิจารณา ทั้งนี้เพื่อให้การประเมินความเสี่ยงมีลักษณะใกล้เคียงสภาพการณ์ที่เป็นจริงมากที่สุด

สำหรับการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักจะคำนวณจากข้อมูลที่ได้ในการกรอกแบบสอบถามตามที่แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ การคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก จากในบทที่ 5 ดังนั้นจึงสามารถคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักของระดับกลุ่มปัจจัยหลัก กลุ่มปัจจัยรอง กลุ่มปัจจัยย่อย และระดับปัจจัยจากด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการได้ โดยแสดงไว้ในภาคผนวก ค และง ตามลำดับ

ค่าระดับความเสี่ยง

จากค่าระดับความเสี่ยงที่ได้จากแบบสอบถามของแต่ละบุคคล จะนำมาคำนวณหาค่าระดับความเสี่ยงกลาง เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นตัวแทนของโครงการกรณีศึกษา สำหรับใช้คำนวณ

คะแนนความเสี่ยงต่อไป ในการนี้ได้คำนวณค่าระดับความเสี่ยงกลางโดยใช้วิธีฐานนิยม และได้แสดงค่าระดับความเสี่ยงกลางจากด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ ไว้ในภาคผนวก จ และ ฉ ตามลำดับ

การคำนวณคะแนนความเสี่ยง

หลักจากที่ได้ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยงทั้งหมดจากด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ รวมถึงค่าระดับความเสี่ยงกลาง (ค่าที่เป็นตัวแทนของโครงการกรณีศึกษา) เรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปจะคำนวณหาค่าคะแนนความเสี่ยงของโครงการกรณีศึกษา โดยคำนวณจากผลรวมของผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักกับค่าระดับความเสี่ยงในแต่ละด้านที่พิจารณา ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี Additive approach ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 5 ในสมการ (1)

ยกตัวอย่างเช่น ปัจจัยเสี่ยง: สภาพชั้นดินไม่แน่นอน (TG01) มีค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 0.123 (ซึ่งมาจากผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของกลุ่มปัจจัยหลัก กับค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัย) และมีค่าระดับความเสี่ยงกลาง ในแต่ละด้าน ดังนี้ $X_1 = 2$, $X_2 = 2$, $X_3 = 2$, และ $X_4 = 2$ ดังนั้นสามารถแทนค่าลงในสมการ (1) ดังนี้

$$U(\mathrm{X}) = \sum_{i=1}^{4} w_i U(X_i)$$

$$U(\mathrm{X}) = [0.123]\mathrm{x}[2+2+2+2]$$

$$U(\mathrm{X}) = 0.983$$

จากทฤษฎี Additive approach ทำให้สามารถคำนวณหาคะแนนความเสี่ยงของปัจจัยเสี่ยง: สภาพชั้นดินไม่แน่นอน (TG01) ได้เท่ากับ 0.983 คะแนน ซึ่งสามารถหาลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงในแต่ละด้านที่พิจารณาได้ จากค่าคะแนนความเสี่ยงเหล่านี้ โดยรายละเอียดการคำนวณหาคะแนนความเสี่ยงได้แสดงไว้ในภาคผนวก ช และสามารถสรุปลำดับความสำคัญของปัจจัยจากคะแนนความเสี่ยง ได้ดังตารางที่ 6.6 และรูปที่ 6.4 และ 6.5

จากรูปที่ 6.4 พบว่าปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่ออัตราการขุดเจาะ คุณภาพการทำงานอุโมงค์ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนและความล่าช้า สำหรับด้านเทคนิคนั้น ได้แก่ กลุ่มปัจจัยด้านสภาพทางธรณีวิทยา กลุ่มปัจจัยด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ กลุ่มปัจจัยด้านกระบวนการขุดเจาะ กลุ่มปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ และกลุ่มปัจจัยด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปพอเป็นสังเขปในแต่ละกลุ่มปัจจัยได้ดังนี้

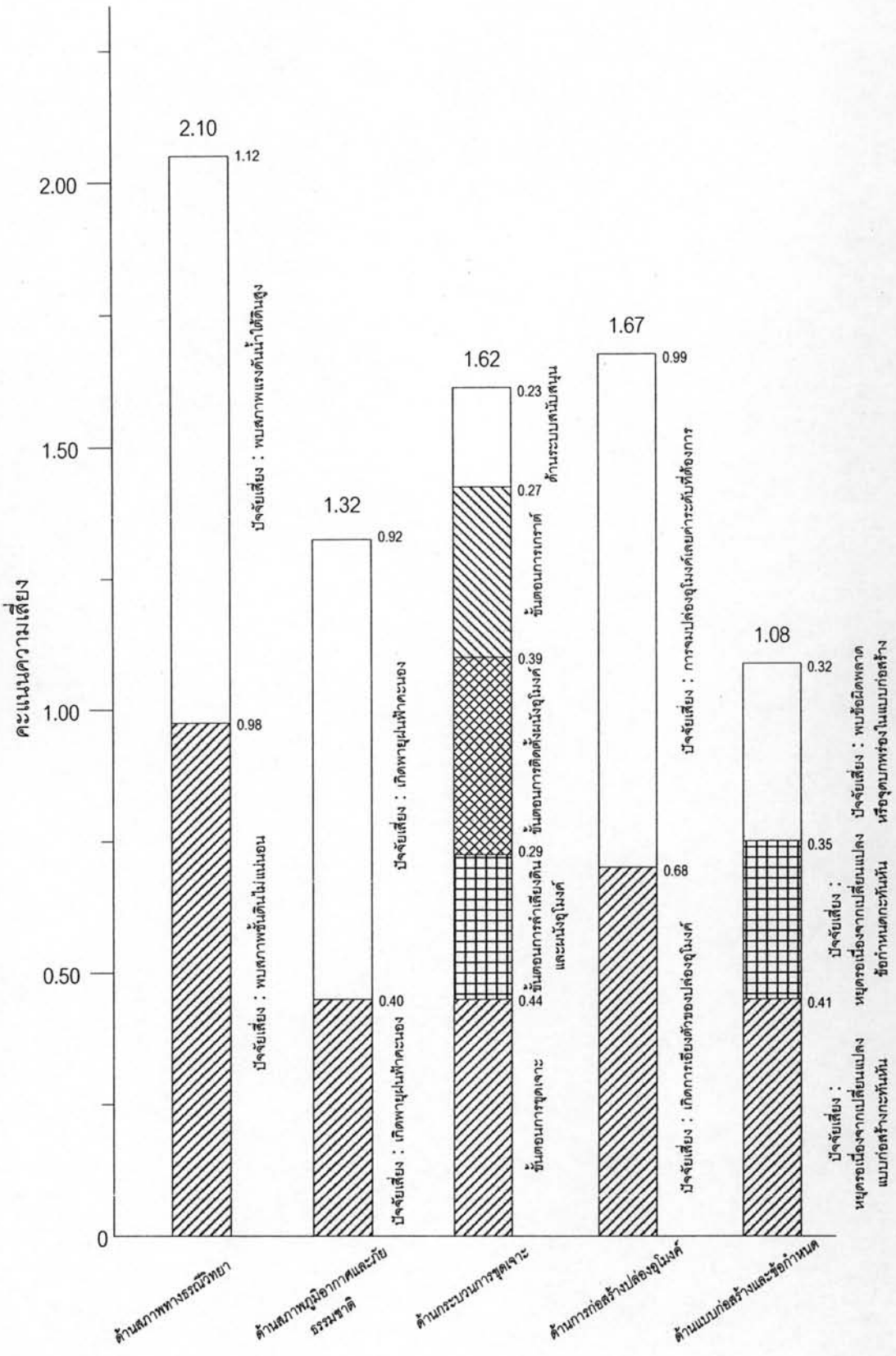
ตารางที่ 6.6 สรุป 10 ลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงสำหรับกรณีศึกษา

ด้านเทคนิค

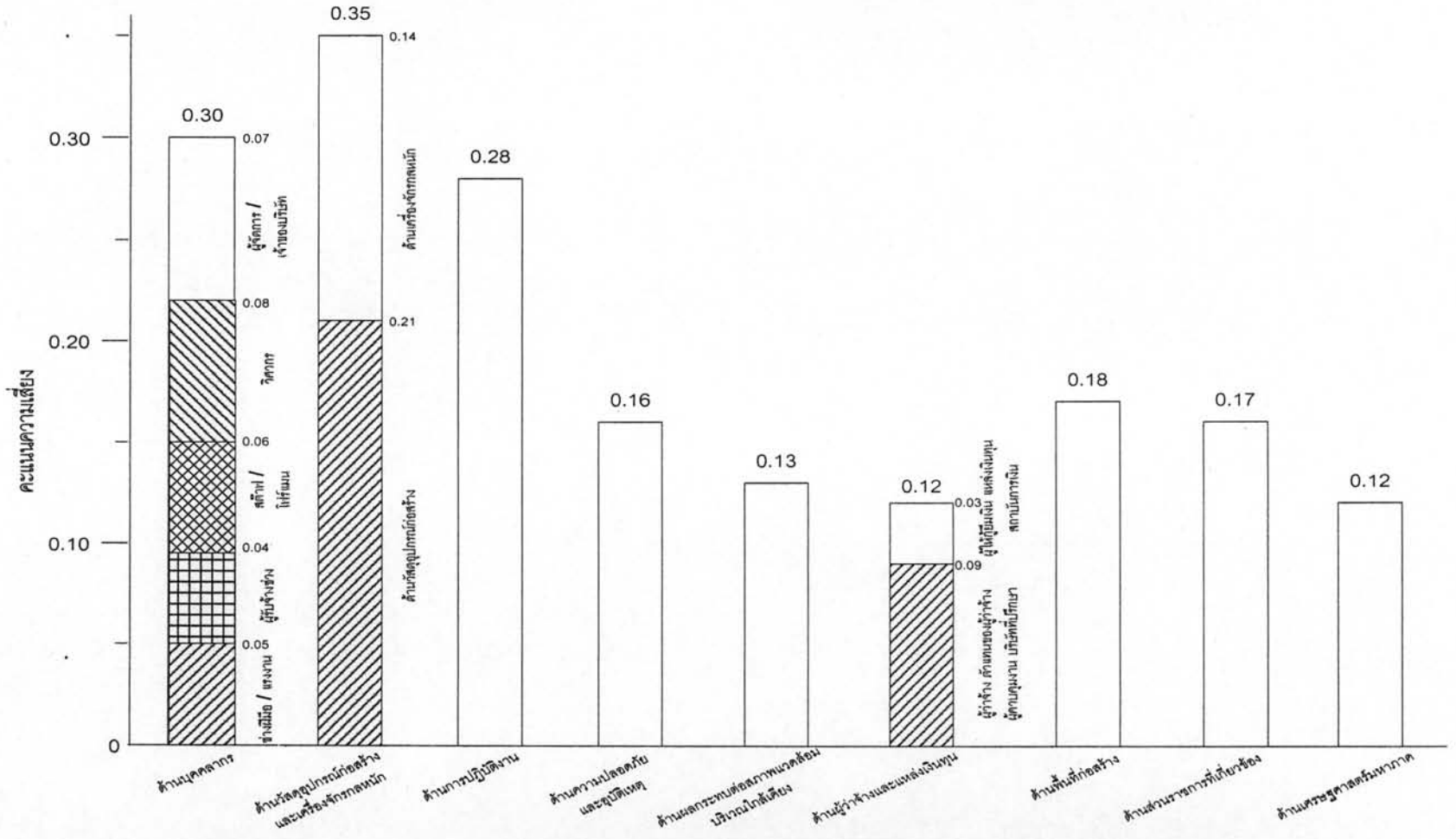
1. พบสภาพแรงดันน้ำใต้ดินสูง
2. การจมบ่อเลยค่าระดับที่ต้องการ
3. พบสภาพชั้นดินไม่แน่นอน
4. เกิดแผ่นดินไหว
5. เกิดการเอียงตัวของปล่องอุโมงค์
6. หยุดรอเนื่องจากเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างกะทันหัน
7. เกิดพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง
8. หยุดรอเนื่องจากเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดกะทันหัน
9. พบข้อผิดพลาด หรือจุดบกพร่องในแบบก่อสร้าง ส่งผลให้การก่อสร้างต้องหยุดรอชั่วคราว
10. Erector มีปัญหาขัดข้องขณะติดตั้งผนังอุโมงค์

ด้านบริหารจัดการ

1.ปัญหาเนื่องจากการวางแผนงานก่อสร้างไม่เหมาะสม
2. ปัญหาเนื่องจากขาดการควบคุมคุณภาพ
3. การเกิดอุบัติเหตุรุนแรงขณะก่อสร้าง
4. การก่อสร้างก่อปัญหาเหตุเดือดร้อนรำคาญต่อชุมชนใกล้เคียง
5. ปัญหาการชะลอโครงการ เนื่องจากการปรับเปลี่ยนผู้บริหาร
6. ปัญหาเนื่องจากการประสานงานภายในองค์กร
7. ปัญหาจากอัตราค่าแรงสูงเกินกว่าที่ประมาณการไว้
8. ปัญหาเรื่องการจราจร
9. เครื่องจักรกลชำรุดบ่อย
10. ความล่าช้าจากการขออนุญาต-อนุมัติ จากส่วนราชการ



รูปที่ 6.4 สรุปคะแนนความเสี่ยงด้านเทคนิค



รูปที่ 6.5 สรุปคะแนนความเสี่ยงด้านบริหารจัดการ

จากการจัดลำดับความสำคัญตามวิธีการที่นำเสนอในบทที่ 5 สามารถจำแนกตามลำดับความสำคัญได้ทั้งในระดับปัจจัยและกลุ่มปัจจัย โดยคะแนนจากทั้งสองด้าน (ด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ) สามารถเปรียบเทียบกันได้เฉพาะปัจจัยที่อยู่ในด้านเดียวกันเท่านั้น ไม่ควรนำมาเปรียบระหว่างด้านกัน เนื่องจากได้คำนวณจากแนวคิดที่ต่างกัน สำหรับในระดับกลุ่มปัจจัยหลักสามารถสรุปวิเคราะห์ถึงสาเหตุในแต่ละลำดับได้ดังนี้

กลุ่มปัจจัยด้านสภาพทางธรณีวิทยา ประกอบด้วย 2 ปัจจัยเสี่ยง คือ การพบสภาพชั้นดินไม่แน่นอน และการพบสภาพแรงดันน้ำใต้ดินสูง โดยที่การพบสภาพชั้นดินไม่แน่นอน มีคะแนนความเสี่ยงสูงที่สุด เมื่อเทียบกับระดับปัจจัยด้วยกัน (67 ปัจจัย) ส่วนสาเหตุที่กลุ่มปัจจัยด้านสภาพทางธรณีวิทยา มีคะแนนความเสี่ยงมาเป็นลำดับแรกนั้น ก็เนื่องจาก การขุดเจาะอุโมงค์ต้องดำเนินการที่ใต้ผิวดิน ทำให้ไม่สามารถคาดคะเนได้อย่างแน่ชัด ว่าสภาพชั้นดินมีการเรียงตัวอย่างไร ถึงแม้จะมีการเจาะสำรวจทั้งในขั้นตอนเพื่อการออกแบบ และในขั้นตอนเพื่อการก่อสร้างแล้วก็ตาม ก็ไม่สามารถที่จะได้รู้อย่างแน่ชัดในทุกๆจุดที่หัวขุดเจาะจะเจาะผ่านไป เพียงแต่ใช้การพยากรณ์ หรือประมาณการอย่างคร่าวๆเท่านั้น ทำให้ในหลายกรณีผู้ก่อสร้างจักต้องพบกับอุปสรรคปัญหา อาทิเช่น กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพชั้นดินกะทันหัน ซึ่งเป็นสภาวะที่เกินความหมาย โดยสภาพดินได้เปลี่ยนจากชั้นดินเหนียวแข็ง (Stiff Clay) ไปเป็นชั้นทรายหลวม (Loose Sand) ทำให้ต้องเพิ่มกระบวนการบางอย่างเข้าไป เช่นการฉีดสารละลายเบนโทไนท์ เพื่อป้องกันน้ำซึมเข้าสู่หัวเจาะ รวมถึงแรงดันค้ำยันอุโมงค์จะเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องเพิ่มแรงดันไฮดรอลิกแจ็ค (Hydraulic Jack) เพื่อที่จะรักษาเสถียรภาพดินหน้าอุโมงค์ (Earth Pressure Balance) เอาไว้ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้ เป็นเหตุให้บุคลากรในโครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ลงความเห็นว่ากลุ่มปัจจัยด้านสภาพทางธรณีวิทยา มีความเสี่ยงต่อโครงการในเชิงเทคนิคมากที่สุด

กลุ่มปัจจัยด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ พบว่ามีความเสี่ยงต่อโครงการเป็นอันดับที่สอง ทั้งนี้เนื่องจาก จากการสัมภาษณ์ วิศวกรอุโมงค์ที่ 1และ 3 ได้ชี้แจงกรณีที่ความก้าวหน้าของงานล่าช้า (พ.ย. – ธ.ค. 2549) เป็นเพราะ ขณะที่หัวขุดเจาะจะเจาะผ่านเข้าไปในปล่องอุโมงค์บริเวณคลองไผ่สิงโต (กม. +3.500) ได้ประสบกับปัญหาน้ำใต้ดินไหลทะลักเข้าไปในปล่องอย่างรุนแรง ก็เนื่องจากปล่องก่อสร้างเกิดการเอียงตัว ไม่อยู่ในแนวดิ่ง ทำให้เมื่อหัวขุดเจาะกำลังจะเจาะผ่านตรงช่องเจาะที่ได้เตรียมไว้ (Soft Eye) หน้าสัมผัสของปล่องอุโมงค์กับหัวเจาะจึงไม่ขนานกัน เกิดช่องว่าง ณ ตรงจุดนั้น กอปรกับสภาพชั้นดินตรงจุดนั้นเป็นบริเวณชั้นทราย ทำให้น้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย น้ำใต้ดินจึงไหลเข้าปล่องอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการก่อสร้างปล่องอุโมงค์จึงมี

ความสำคัญอย่างยิ่ง โดยหากปล่องอุโมงค์ไม่อยู่ในแนวดิ่ง หรือกรณีเกิดการจมมากเกินไป ทำให้ช่องเจาะผ่าน (Soft Eye) อยู่ต่ำกว่าระดับที่ได้ออกแบบไว้ ก็จะส่งผลกระทบต่อการขุดเจาะผ่านปล่องอุโมงค์ ดังกรณีข้างต้น

กลุ่มปัจจัยด้านกระบวนการขุดเจาะ ถือเป็นกลุ่มปัจจัยที่มีความสำคัญ เป็นเหมือนตัวขับเคลื่อนโครงการก่อสร้างอุโมงค์ ซึ่งได้รวบรวมกลุ่มปัจจัยรองและกลุ่มปัจจัยย่อยไว้ โดยมีปัจจัยเสี่ยงทั้งหมด 53 ปัจจัย จากกรณีศึกษาโครงการอุโมงค์ระบายน้ำพบว่า เป็นกลุ่มปัจจัยที่สำคัญและมักพบอุปสรรคที่เกิดจากกลุ่มปัจจัยนี้ แต่สามารถแก้ไขได้โดยใช้ระยะเวลาไม่นาน

กลุ่มปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ พบว่าเป็นความเสี่ยงที่มีอิทธิพลต่อโครงการ เป็นอันดับที่สี่ ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ การเกิดพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง และแผ่นดินไหว จากกรณีศึกษาโครงการอุโมงค์ระบายน้ำพบว่า การการเกิดพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรงกระทบต่ออัตราการขุดเจาะอยู่บ้าง โดยเฉพาะการทำงานของรถยก (Crane) เนื่องจากมีส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้า จึงต้องหยุดการทำงานลงชั่วคราว ทำให้ไม่สามารถลำเลียงดินหรือผนังอุโมงค์ได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนการเกิดแผ่นดินไหว อาจเป็นเพราะบริเวณเขตกรุงเทพมหานคร ไม่เคยเกิดแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงมากนัก จึงมักไม่ส่งอิทธิพลต่อโครงการก่อสร้างอุโมงค์

กลุ่มปัจจัยด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด พบว่าเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมมิให้เกิดข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดได้ ถ้ามีระบบตรวจสอบคุณภาพที่ดีจึงเป็นกลุ่มปัจจัยที่มีความเสี่ยงน้อยที่สุด

สำหรับรูปที่ 6.5 แสดงคะแนนความเสี่ยงในด้านบริหารจัดการ โดยพบว่าปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่ออัตราการขุดเจาะ คุณภาพการทำงานอุโมงค์ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนและความล่าช้า เรียงตามลำดับได้แก่ ด้านวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างและเครื่องจักรกลหนัก ด้านบุคลากร ด้านการปฏิบัติงาน ด้านพื้นที่ก่อสร้าง ด้านส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง ด้านความปลอดภัยและอุบัติเหตุ ด้านผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง ด้านฝ่ายผู้ว่าจ้างและแหล่งเงินทุน และด้านเศรษฐศาสตร์มหภาค

จากการคำนวณคะแนนความเสี่ยง เพื่อมาจัดลำดับความสำคัญพบว่าปัจจัยเสี่ยงส่วนหนึ่ง อาจไม่ต้องนำมาพิจารณา เนื่องจากว่ามีค่าลำดับความสำคัญน้อยมาก เมื่อเทียบจากผลรวมของปัจจัยทั้งหมดในแต่ละด้านที่พิจารณา ดังนั้นการพิจารณาเกณฑ์ในการตัดปัจจัยใดออก ควร .

ขึ้นอยู่กับผู้มีประสบการณ์หรือผู้มีหน้าที่ตัดสินใจ โดยควรคำนึงถึงเงื่อนไข ข้อจำกัด ตลอดจนองค์ประกอบต่างๆของโครงการที่จะทำการประเมินในครั้งนั้นๆด้วย

2) การประเมินระดับความรุนแรงปัจจัยเสี่ยง

หัวข้อนี้เป็นการประเมินหาระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง ซึ่งใช้ค่าระดับความเสี่ยงกลาง (ภาคผนวก จ และ ฉ) มาพิจารณา โดยสำหรับด้านเทคนิค จะพิจารณาทั้ง 3 มิติด้านไปพร้อมๆกัน ส่วนด้านบริหารจัดการ เนื่องจากมีค่าระดับความเสี่ยงกลางเพียงค่าเดียว จึงใช้ค่าระดับความเสี่ยงกลางนั้นมาจำแนกระดับความรุนแรงของปัจจัยเลย ซึ่งรายละเอียดการจำแนกความรุนแรงของปัจจัยในแต่ละด้าน มีดังต่อไปนี้

<u>ด้านเทคนิค</u>

การประเมินในด้านเทคนิค เป็นไปตามแนวคิดและแบบจำลองความเสี่ยง 3 มิติ ดังแสดงไว้ในบทที่5 ดังนั้นปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิค จำนวนทั้งสิ้น 62 ปัจจัย สามารถจัดกลุ่มตามค่าพิกัดของทั้ง 3 แกน ที่เหมือนกัน ได้ดังตารางที่ 6.7 และ 6.8 ซึ่งแสดงค่าพิกัด (โอกาสการเกิดของปัจจัย, ผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะ, ระยะเวลา – X, Y_1, Z) และ ค่าพิกัด (โอกาสการเกิดของปัจจัย, ผลกระทบต่อต้นทุนก่อสร้าง, ระยะเวลา – X, Y_2, Z) ตามลำดับ

หลังจากได้จำแนกกลุ่มตามค่าพิกัดเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปคือการกำหนดตำแหน่งค่าพิกัดลงในเขตความรุนแรง ดังรูปที่ 5.7 และ 5.8 (บทที่ 5) โดยวิธีการกำหนดตำแหน่ง (Plot) จะพิจารณาตามค่าพิกัด (X, Y, Z) ยกตัวอย่างเช่น กลุ่ม E1 มีปัจจัยเสี่ยง: การเอียงตัวของปล่องอุโมงค์ (TS01) มีค่าพิกัดเท่ากับ (1,2,3) ซึ่งหมายถึง มีค่าระดับความเสี่ยงกลางของด้านโอกาสการเกิดของปัจจัย (แกน X) เท่ากับ 1 (ภาคผนวก จ ตารางที่ จ1 ในค่าฐานนิยม) และมีค่าระดับความเสี่ยงกลางของด้านผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะ (แกน Y_1) เท่ากับ 2 (ภาคผนวก จ ตารางที่ จ2 ในค่าฐานนิยม) และค่าพิกัดสุดท้ายมาจากค่าระดับความเสี่ยงกลางของด้านระยะเวลาสำหรับการรอคอยหรือแก้ไขไสถานการณ์ มีค่าเท่ากับ 3 (ภาคผนวก จ ตารางที่ จ4 ในค่าฐานนิยม) ดังแสดงในรูปที่ 6.6 และ 6.7 สำหรับค่าพิกัดในกลุ่มอื่นๆ สามารถกำหนดตำแหน่งได้ในทำนองเดียวกัน ซึ่งได้สรุปการจำแนกปัจจัยตามระดับความรุนแรงไว้ในตารางที่ 6.10

<u>ด้านบริหารจัดการ</u>

สามารถจำแนกตามค่าระดับความเสี่ยงกลางที่เหมือนกันได้ดังตารางที่ 6.9 และสรุปการจำแนกปัจจัยตามระดับความรุนแรง ได้ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.7 การจำแนกกลุ่มตามค่าพิกัดที่เหมือนกันสำหรับด้านเทคนิค* (โอกาสการเกิดของปัจจัย, ผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะ, ระยะเวลา – X, Y_1, Z)

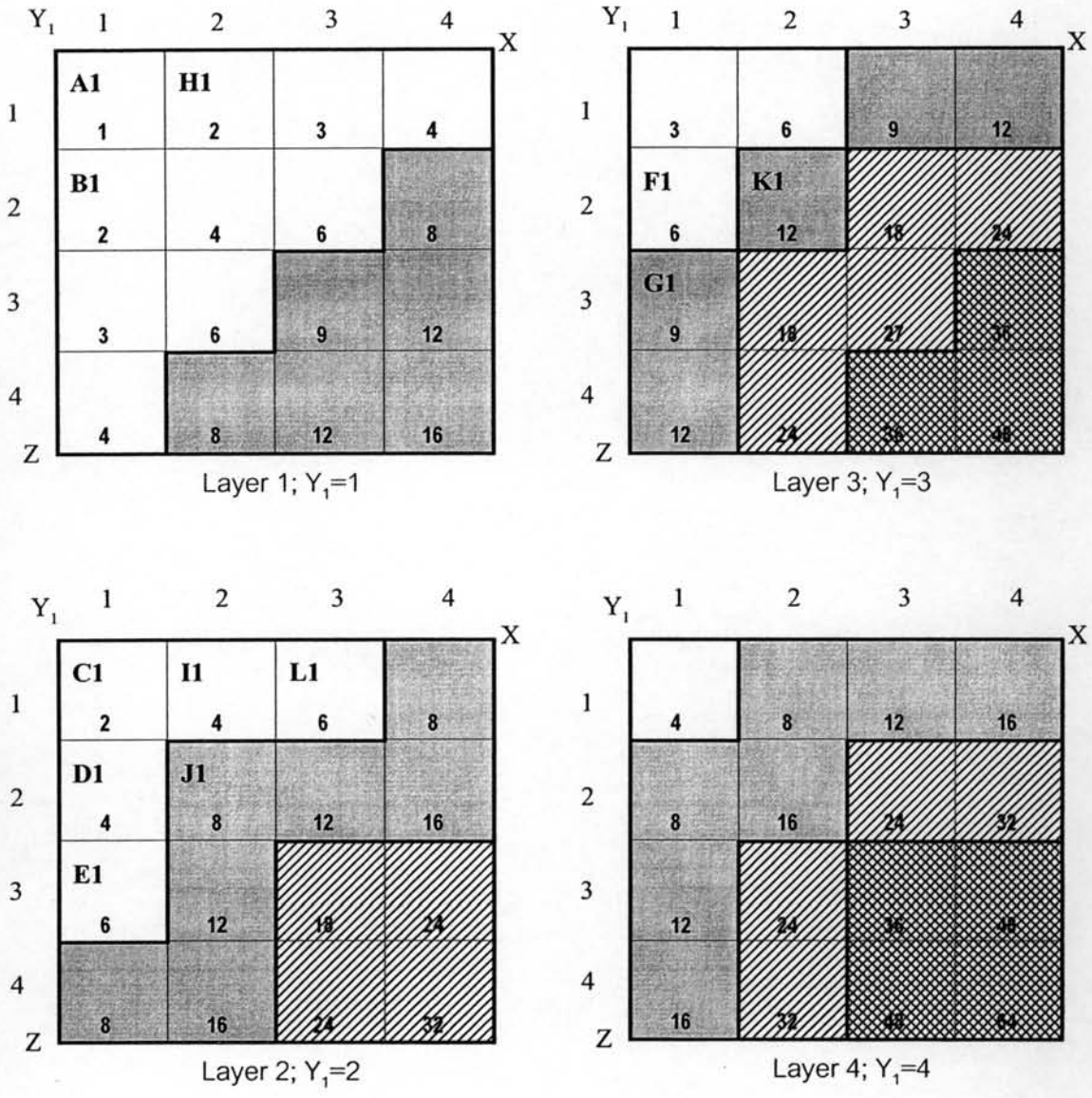
	กลุ่ม A1	กลุ่ม B1	กลุ่ม C1	กลุ่ม D1	กลุ่ม E1	กลุ่ม F1	กลุ่ม G1	กลุ่ม H1	กลุ่ม I1	กลุ่ม J1	กลุ่ม K1	กลุ่ม L1
ค่าพิกัด	1,1,1	1,1,2	1,2,1	1,2,2	1,2,3	1,3,2	1,3,3	2,1,1	2,2,1	2,2,2	2,3,2	3,2,1
ผลคูณของค่าพิกัด	1	2	2	4	6	6	9	2	4	8	12	6
ปัจจัยเสี่ยง	TEEt03	TETc02	TETI01	TEEb04	TS01	TEEb02	TC02	TG02	TC01	TG01	TEEt04	TESv03
	TEEh02	TETI03	TETm04	TEEh01				TETI04	TEEb03	TEEt01	TETc01	
	TEEh03		TETt01	TESo02				TETs03	TEEp01	TEEt02	TEL01	
	TEEh05		TEL03					TEG01	TETm01	TEEb01	TEL02	
	TETs04		TEG03					TESo01	TETm02	TEEh04	TD01	
	TETt02								TETm03	TEEa01	TD02	
	TETt03								TETs01	TEEa02		
	TESr01								TETs02	TEEp02		
									TETs05	TETI02		
									TETg01	TETd01		
									TETg02	TEG04		
									TEG02	TESw01		
									TESv02	TESw02		
										TESv01		
										TS02		
										TD03		

*ค่าพิกัดแต่ละค่ามาจากค่าระดับความเสี่ยงกลาง (ค่าฐานนิยม) แสดงในภาคผนวก จ

ตารางที่ 6.8 การจำแนกกลุ่มตามค่าพิกัดที่เหมือนกันสำหรับด้านเทคนิค* (โอกาสการเกิดของปัจจัย, ผลกระทบต่อต้นทุนก่อสร้าง, ระยะเวลา – X, Y_2, Z)

	กลุ่ม A2	กลุ่ม B2	กลุ่ม C2	กลุ่ม D2	กลุ่ม E2	กลุ่ม F2	กลุ่ม G2	กลุ่ม H2	กลุ่ม I2	กลุ่ม J2	กลุ่ม K2	กลุ่ม L2	กลุ่ม M2	กลุ่ม N2	กลุ่ม O2
ค่าพิกัด	1,1,1	1,1,2	1,2,1	1,2,2	1,2,3	1,3,1	1,3,2	1,3,3	2,1,1	2,1,2	2,2,1	2,2,2	2,3,1	2,3,2	3,2,1
ผลคูณของค่าพิกัด	1	2	2	4	6	3	6	9	2	4	4	8	6	12	6
ปัจจัยเสี่ยง	TEEh02	TETc02	TEEh03	TEEb02	TS01	TEEt03	TEEb04	TC02	TC01	TEEa01	TG02	TG01	TEEb03	TEEt01	TESv03
	TETm04	TETl03	TEEh05				TEEh01		TETl04	TEEa02	TEEp01	TEEb01		TEEt02	
	TETt02		TETl01				TESo02		TETm03		TETm01	TEEh04		TEEt04	
	TETt03		TETs04						TETs03		TETm02	TEEp02		TETc01	
	TESr01		TETt01						TEG01		TETs01	TETl02		TETd01	
			TEL03						TEG02		TETs02	TEG04		TEL01	
			TEG03						TESo01		TETs05	TESw01		TEL02	
											TETg01	TESw02		TS02	
											TETg02	TESv01		TD01	
											TESv02	TD03		TD02	

*ค่าพิกัดแต่ละค่ามาจากค่าระดับความเสี่ยงกลาง (ค่าฐานนิยม) แสดงในภาคผนวก จ

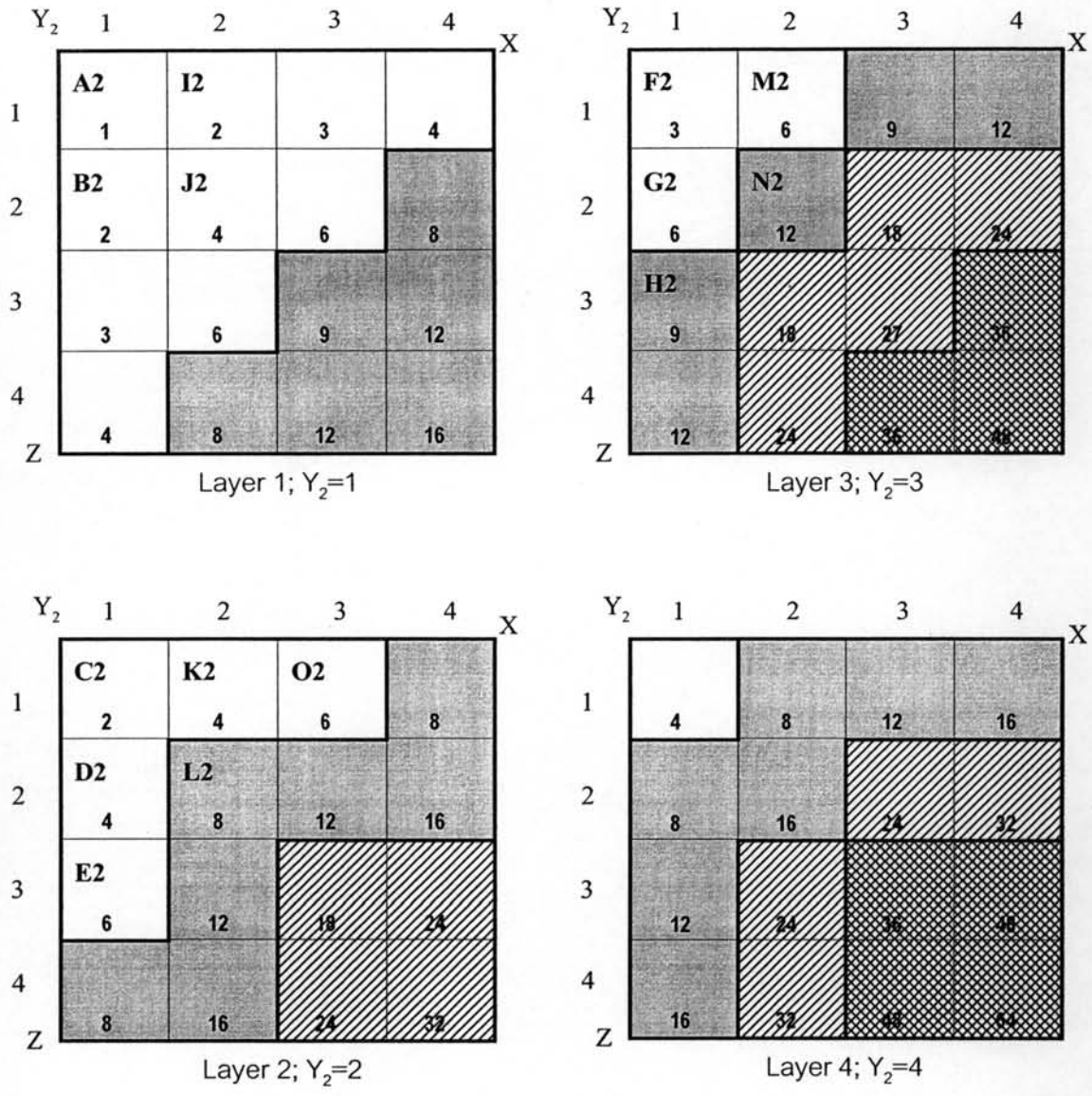


สัญลักษณ์กำหนดเขตความรุนแรง :

ระดับขั้นต่ำ ระดับขั้นปานกลาง

ระดับขั้นสูง ระดับขั้นร้ายแรง

รูปที่ 6.6 การกำหนดค่าพิกัดของปัจจัย (X, Y_1,Z) ลงในเขตความรุนแรง



สัญลักษณ์กำหนดเขตความรุนแรง :

ระดับขั้นต่ำ ระดับขั้นปานกลาง

ระดับขั้นสูง ระดับขั้นร้ายแรง

รูปที่ 6.7 การกำหนดค่าพิกัดของปัจจัย (X, Y_2,Z) ลงในเขตความรุนแรง

ตารางที่ 6.9 การจำแนกกลุ่มตามค่าระดับความเสี่ยงกลางที่เหมือนกันสำหรับด้านบริหารจัดการ

	กลุ่ม a	กลุ่ม b	กลุ่ม c	กลุ่ม d
ระดับความเสี่ยง	1	2	3	4
ปัจจัยเสี่ยง	APL01	APL02	APS05	ASE04
	APL07	APL03	APS06	
	APS02	APL04	APS07	
	APF03	APL05	APM02	
	APE02	APL06	ARM01	
	APE03	APS01	ARM03	
	APM03	APS03	AC03	
	APM04	APS04	AE04	
	APM05	APF01		
	ARM04	APF02		
	ARH03	APE01		
	AA02	APE04		
	AA03	APM01		
	AF02	ARM02		
	ASE01	ARM05		
	ASE06	ARM06		
	ASF01	ARH01		
	ASF02	ARH02		
	AC04	ARH04		
		AO01		
		AO02		
		AO03		
		AA01		
		AF01		
		ASE02		
		ASE03		
		ASE05		
		ASE07		
		AC01		
		AC02		
		AC05		
		AG01		
		AG02		
		AG03		
		AE01		
		AE02		
		AE03		

- ค่าระดับความเสี่ยงกลาง (ค่าฐานนิยม) แสดงในภาคผนวก ฉ

ตารางที่ 6.10 การจำแนกปัจจัยเสี่ยงตามระดับความรุนแรง (ดัดแปลงจาก Edwards และ Bowen, 2005)

ระดับความรุนแรง (Level of Severity)	ความหมายและกลยุทธ์การบริหารจัดการ (Description and Strategic Management)	ปัจจัยเสี่ยง (Risk Factors)
ระดับ 4	ระดับขั้นร้ายแรง : ควรได้รับการแก้ไข สั่งการอย่างเร่งด่วน พร้อมทั้งติดตามผล จากผู้ที่มีอำนาจสั่งการ หรือผู้บริหารระดับสูงสุดขององค์กร	d
ระดับ 3	ระดับขั้นสูง : ควรได้รับการเอาใจใส่ดูแลอย่างใกล้ชิดและสม่ำเสมอ จากระดับวิศวกรอาวุโส หรือผู้อำนวยการโครงการ	c
ระดับ 2	ระดับขั้นปานกลาง : มีการเตรียมพร้อมสำหรับแผนการจัดการที่เป็นรูปแบบเฉพาะ เพื่อช่วยบรรเทาในช่วงเวลาที่เกิดสถานการณ์	G1, J1, K1 H2, L2, N2 b
ระดับ 1	ระดับขั้นต่ำ : ความรุนแรงระดับนี้น้อยที่สุด จึงอาจไม่ต้องกระทำการใดๆ เป็นพิเศษ เพื่อแก้ไขสถานการณ์นั้น เพียงแต่พึงปฏิบัติงานด้วยความรอบคอบและไม่หละหลวม	A1, B1, C1, D1, E1, F1, H1, I1, L1 A2, B2, C2, D2, E2, F2, G2, I2, J2, K2, M2, O2 a
	กรณีพิเศษ (Extreme): หมายถึงสถานการณ์ที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นน้อยมาก แต่ส่งผลกระทบทั้งอัตราการขุดเจาะและต้นทุน รวมถึงด้านระยะเวลาอย่างรุนแรง ซึ่งได้แก่ เหตุสุดวิสัยต่างๆ จึงอาจต้องใช้วิธีถ่ายโอนความเสี่ยง เช่น การประกันภัย เป็นต้น	G1 H2

จากตารางที่ 6.10 ได้แสดงการจำแนกปัจจัยตามระดับความรุนแรง ทั้งทางด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ ซึ่งสามารถสรุปเป็นแนวทางหรือกลยุทธ์ในการจัดการตามระดับความรุนแรง ได้ดังต่อไปนี้

ระดับขั้นร้ายแรง (ระดับ 4): หมายถึง ปัจจัยเสี่ยงอยู่ในความรุนแรงระดับขั้นร้ายแรง ซึ่งส่งผลต่อโครงการก่อสร้างอย่างยิ่ง จึงควรได้รับการแก้ไขสั่งการอย่างเร่งด่วน เพื่อลดระดับความรุนแรงให้น้อยลง พร้อมทั้งติดตามผลจากผู้ที่มีอำนาจสั่งการ หรือผู้บริหารระดับสูงขององค์กร ซึ่งจากกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ พบว่าในด้านเทคนิคไม่มีปัจจัยเสี่ยงใดที่อยู่ในระดับขั้นร้ายแรง แต่ในด้านบริหารจัดการพบเพียงหนึ่งปัจจัย คือ ปัจจัยกลุ่ม d ซึ่งก็คือ ปัจจัยเสี่ยง : ปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงงาน (ASE04) ซึ่งจากการสัมภาษณ์พบปัญหาการเปลี่ยนแปลงงาน ได้แก่ ระยะแนวอุโมงค์คลาดเคลื่อนจากที่กำหนดไว้ในใบเสนอราคา ส่งผลให้มีงานลด - งานเพิ่มขึ้น

ระดับขั้นสูง (ระดับ 3): หมายถึง ปัจจัยเสี่ยงอยู่ในความรุนแรงระดับสูง จึงควรได้รับการเอาใจใส่ดูแลอย่างใกล้ชิดและสม่ำเสมอ จากระดับวิศวกรอาวุโสหรือผู้อำนวยการโครงการ เพื่อลดระดับความรุนแรงให้น้อยลง ซึ่งจากกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ พบว่าในด้านเทคนิคไม่มีปัจจัยเสี่ยงใดที่อยู่ในความรุนแรงระดับสูง แต่ในด้านบริหารจัดการพบหนึ่งกลุ่มปัจจัย คือ ปัจจัยกลุ่ม c ซึ่งมีจำนวน 8 ปัจจัย อันได้แก่ ปัจจัยเสี่ยง: คุณภาพงานของผู้รับจับจ้างช่วงไม่ได้ตามที่ต้องการ (APS05), การควบคุมสั่งการผู้รับจ้างช่วง ทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร (APS06), ผู้รับจ้างช่วงรับงานหลายโครงการในคราวเดียวกัน (APS07), ผู้จัดการ / เจ้าของบริษัทขาดประสบการณ์ในงานก่อสร้างอุโมงค์ (APM02), ปัญหาราคาวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างสูงขึ้นกว่าที่ประมาณการไว้ในใบเสนอราคา (ARM01), การขนส่งวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างล่าช้า (ARM03), ปัญหาเรื่องการจราจร (AC03), ปัญหาจากอัตราค่าแรงสูงกว่าที่ประมาณการไว้ (AE04)

ระดับขั้นปานกลาง (ระดับ 2): หมายถึง ปัจจัยเสี่ยงอยู่ในความรุนแรงระดับขั้นปานกลาง ดังนั้นควรมีการเตรียมพร้อมสำหรับแผนการจัดการที่มีรูปแบบเฉพาะ เพื่อช่วยบรรเทาความรุนแรงในช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์ ซึ่งจากกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ พบว่าในด้านเทคนิคมีปัจจัยเสี่ยงที่อยู่ในความรุนแรงระดับปานกลาง ได้แก่ กลุ่ม G1, กลุ่ม J1, กลุ่ม K1 (ส่งผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะ) และกลุ่ม H2, กลุ่ม L2, กลุ่ม N2 (ส่งผลกระทบต่อต้นทุนก่อสร้าง) ส่วนในด้านบริหารจัดการมีปัจจัยเสี่ยงที่อยู่ในความรุนแรงระดับปานกลาง ได้แก่ กลุ่ม b ซึ่งมี

จำนวน 37 ปัจจัย อาทิเช่น ได้ผลิตภาพจากช่างฝีมือ / แรงงานในปริมาณต่ำ (APL02), ผู้รับจ้างช่วงทำงานไม่เสร็จตามกำหนดเวลา (APS03), ปัญหาจากการประสานงานในองค์กร (AO03) เป็นต้น

ระดับขั้นต่ำ (ระดับ 1): หมายถึง ปัจจัยเสี่ยงอยู่ในความรุนแรงระดับที่น้อยที่สุด จึงอาจไม่ต้องกระทำการใดๆเป็นพิเศษ เพื่อแก้ไขสถานการณ์นั้น เพียงแต่พึงปฏิบัติงานด้วยความรอบคอบและไม่หละหลวม ซึ่งจากกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ พบว่าในด้านเทคนิคมีปัจจัยเสี่ยงที่อยู่ในความรุนแรงระดับต่ำ ได้แก่ กลุ่ม A1, กลุ่ม B1, กลุ่ม C1, กลุ่ม D1, กลุ่ม E1, กลุ่ม F1, กลุ่ม H1, กลุ่ม I1, กลุ่ม L1 (ส่งผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะ) และกลุ่ม A2, กลุ่ม B2, กลุ่ม C2, กลุ่ม D2, กลุ่ม E2, กลุ่ม F2, กลุ่ม G2, กลุ่ม I2, กลุ่ม J2, กลุ่ม K2, กลุ่ม M2, กลุ่ม O2 (ส่งผลกระทบต่อต้นทุนก่อสร้าง) ส่วนในด้านบริหารจัดการมีปัจจัยเสี่ยงที่อยู่ในความรุนแรงระดับต่ำ ได้แก่ กลุ่ม a ซึ่งมีจำนวน 19 ปัจจัย อาทิเช่น ช่างฝีมือ / แรงงานขาดทักษะและประสบการณ์ (APL01), ปัญหาจากอัตราดอกเบี้ย (AE03) เป็นต้น

กรณีพิเศษ (Extreme Case): หมายถึงสถานการณ์ที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นน้อยมาก แต่ส่งผลกระทบทั้งอัตราการขุดเจาะและต้นทุน รวมถึงด้านระยะเวลาอย่างรุนแรง ซึ่งได้แก่ เหตุสุดวิสัยต่างๆ และจากกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ พบว่ามีหนึ่งปัจจัยที่เข้าข่ายความรุนแรงที่เป็นกรณีพิเศษ คือ กรณีเกิดแผ่นดินไหว (TC02) โดยแนวทางหรือกลยุทธ์ในการจัดการกับกรณีพิเศษดังกล่าวนี้ อาจใช้วิธีการถ่ายโอนความเสี่ยง เช่น การประกันภัย เป็นต้น

โดยหลังจากที่ได้มีการจำแนกปัจจัยเสี่ยงตามระดับความรุนแรงแล้ว การตอบโต้ความเสี่ยงจึงเป็นขั้นตอนในลำดับต่อไป

6.4 การตอบโต้ความเสี่ยง (Risk Response)

สำหรับกรณีศึกษาโครงการอุโมงค์ระบายน้ำ ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์บุคลากรในโครงการสำหรับหาแนวทางในการจัดการกับปัจจัยเสี่ยงในแต่ละด้าน โดยในด้านบริหารจัดการได้สัมภาษณ์ วิศวกรสำนักงานอาวุโส ส่วนด้านเทคนิคได้สัมภาษณ์ วิศวกรอุโมงค์ ดังแสดงในตารางที่ 6.11 และ 6.12, 6.13 ตามลำดับ

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอมาตรการอื่นๆ อาทิเช่น แผนจัดการเพื่อความปลอดภัยสำหรับงานอุโมงค์ แผนจัดการด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม (มานิต ปานเอม, 2549)

ตารางที่ 6.11 แนวทางแก้ไขปัญหาสืบเนื่องจากปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการสำหรับกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ

กลุ่มปัจจัยเสี่ยง	รายละเอียด / ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	หมายเหตุ
ด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างและเครื่องจักรกลหนัก	- วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างมีราคาสูงขึ้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง	- ทบทวนงบประมาณค่าใช้จ่าย (Revise Budget Control) ในโครงการโดยเฉพาะราคาวัสดุอุปกรณ์ รวมถึงการสรรหาผู้ขายวัสดุอุปกรณ์รายใหม่ ที่มีราคาต่ำกว่าแต่ยังคงคุณภาพตามข้อกำหนด	
	- พบปัญหาการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างล่าช้า อยู่บ้าง	- วางแผนงานเพื่อสั่งซื้อหรือสั่งผลิตแต่เนิ่นๆตลอด จนเร่งรัดให้ผู้ผลิตส่งสินค้าตามเวลาที่ตกลงกันไว้	
	- พบปัญหาผนังอุโมงค์ที่ผลิตจากโรงงาน ไม่ได้คุณภาพตามข้อกำหนดในช่วงแรกของโครงการ	- ตรวจสอบคุณภาพของผนังอุโมงค์ที่ผลิตอย่างใกล้ชิด รวมถึงวัตถุดิบที่นำมาใช้หล่อ	
	- เครื่องจักรกลหนักส่วนใหญ่ได้ทำการเช่ามาใช้ภายในโครงการ ดังนั้นเมื่อเกิดการขัดข้อง ผู้ให้เช่าจะเร่งดำเนินการซ่อมแซมหรือหาอะไหล่มาเปลี่ยนให้ในทันที		

ตารางที่ 6.11 (ต่อ) แนวทางแก้ไขปัญหาสืบเนื่องจากปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการสำหรับกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ

กลุ่มปัจจัยเสี่ยง	รายละเอียด / ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	หมายเหตุ
ด้านบุคลากร	- ช่างฝีมือ / แรงงาน ทั้งในส่วนงานโยธาทั่วไป งานปล่องอุโมงค์ และงานขุดเจาะอุโมงค์ เป็นพนักงานของบริษัท ช. การช่างทั้งหมด มีเพียงงานระบบเครื่องกลและไฟฟ้า ที่ว่าจ้างผู้รับเหมาช่วง		
ด้านการปฏิบัติงาน	- พบว่ามีการปรับปรุงแผนงานการก่อสร้างถึง 3 ครั้ง เนื่องจากเกิดความล่าช้าขึ้นในส่วนของงานก่อสร้างปล่องอุโมงค์ โดยมีสาเหตุจากการจมปล่องไม่ได้ระดับตามที่ต้องการ (หน่วยงานคลองไผ่สิงโต) และปล่องอุโมงค์ทรุดตัวต่ำกว่าระดับที่ออกแบบไว้ (หน่วยงานถนนเชื้อเพลิง) จึงต้องปรับปรุงแผนงานเดิม เพื่อให้งานก่อสร้างแล้วเสร็จตามกำหนดเวลาที่ระบุไว้ในสัญญา	- มีการกำหนดวาระการประชุมระดับผู้จัดการฝ่าย เดือนละครั้ง เพื่อสรุปความก้าวหน้าโครงการและปัญหาต่างๆ	
ด้านพื้นที่ก่อสร้าง	- พบปัญหาทางเข้า – ออกที่คับแคบ โดยเฉพาะหน่วยงานอาคารระบายน้ำบึงมักกะสัน - การไม่อนุญาตให้รถบรรทุกวิ่งในเวลาชั่วโมงเร่งด่วน พบว่าเป็นปัญหาอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงของการเทคอนกรีต เพราะรถคอนกรีตไม่สามารถวิ่งเข้าหน่วยงานได้	- ให้พนักงานรักษาความปลอดภัย (รปภ.) ควบคุมและอำนวยความสะดวกด้านการจราจร แก่ยานพาหนะที่เข้า - ออกหน่วยงาน - ประมาณการระยะเวลาในการเทคอนกรีตให้แน่ชัด โดยควบคุมให้อยู่ในช่วงเวลาที่รถบรรทุกคอนกรีตวิ่งได้ หรือเปลี่ยนแผนการเทคอนกรีตเป็นช่วงที่ไม่ติดเวลาแทน	

ตารางที่ 6.11 (ต่อ) แนวทางแก้ไขปัญหาสืบเนื่องจากปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการสำหรับกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ

กลุ่มปัจจัยเสี่ยง	รายละเอียด / ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	หมายเหตุ
ด้านส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง	- โดยตลอดแนวอุโมงค์ ได้ตัดผ่านกับสาธารณูปโภคที่หน่วยงานของรัฐกำกับดูแลอยู่ อันได้แก่ การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวงกรุงเทพมหานคร การรถไฟแห่งประเทศไทย การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	- มีการประชุมเพื่อวางแผนร่วมกันระหว่างผู้ก่อสร้างกับหน่วยงานของรัฐ เมื่อแนวอุโมงค์จะทำการตัดผ่าน รวมถึงหาวิธีป้องกันเพื่อลดผลกระทบ ตลอดจนตรวจวัดค่าการทรุดตัวของสาธารณูปโภคนั้นๆ	
ด้านความปลอดภัยและอุบัติเหตุ	- พบว่ามีการเกิดอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรงในขณะปฏิบัติงาน มีการบาดเจ็บเพียงเล็กน้อย	- มีการตรวจสอบในด้านความปลอดภัย การตรวจตราเครื่องจักรต่างๆ และรณรงค์การทำกิจกรรม 5 ส รวมถึงการจัดอบรม ชี้แจงกฎระเบียบ นโยบายด้านความปลอดภัย แก่พนักงาน / ผู้รับเหมาช่วงรายใหม่ ก่อนการเริ่มงาน	
ด้านผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง	- มีการร้องเรียนจากชุมชนใกล้เคียง กรณีส่งเสียงดัง รำคาญ (หน่วยงานคลองไผ่สิงโต) เนื่องจากการเขย่าหรือกระแทกของเครื่องจักรกลหนัก	- ลดการใช้เครื่องจักรกลนั้น หรือเปลี่ยนวิธีการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดการกระแทกของเครื่องจักรกล - มีการว่าจ้างบริษัทเอกชน ในการสำรวจและตรวจสอบคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม	

ตารางที่ 6.11 (ต่อ) แนวทางแก้ไขปัญหาสืบเนื่องจากปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการสำหรับกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ

กลุ่มปัจจัยเสี่ยง	รายละเอียด / ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	หมายเหตุ
ด้านฝ่ายผู้ว่าจ้างและแหล่งเงินทุน	- พบว่าบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาใช้เวลาในการอนุมัติวัสดุที่เกี่ยวข้องกับงานระบบเครื่องจักรกลและระบบไฟฟ้านานกว่าการอนุมัติแบบก่อสร้างในงานปล่องอุโมงค์และงานอุโมงค์ เหตุเพราะในข้อกำหนดหรือในรายการประกอบแบบ ได้ระบุวัสดุดังกล่าวไว้ไม่ชัดเจนนัก ทำให้ต้องมีการประชุมกันในหลายรอบ หรือเสนอขออนุมัติกันหลายครั้ง - มีการเบิกเงินค่างานจ้างทุก 1 เดือน ทำให้ผู้รับจ้างไม่ขาดสภาพคล่อง และสามารถวางแผนในการใช้จ่ายเงินของงวดถัดไปได้อีกด้วย	- ตรวจสอบจากผู้ออกแบบ ถึงประสิทธิภาพและลักษณะของวัสดุนั้นๆ เพื่อที่ได้จัดหาให้ตรงตามที่ระบุ ก่อนการยื่นเสนอขออนุมัติวัสดุ	
ด้านเศรษฐศาสตร์มหภาค	- พบปัญหาที่เกิดจากปัจจัยกลุ่มนี้ค่อนข้างน้อย		

ตารางที่ 6.12 แนวทางแก้ไขปัญหาสืบเนื่องจากปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคสำหรับกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ

กลุ่มปัจจัยเสี่ยง	รายละเอียด / ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	หมายเหตุ
ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	- พบปัญหาที่เกิดจากปัจจัยในกลุ่มนี้ค่อนข้างมาก เนื่องจากไม่สามารถรู้ล่วงหน้าได้อย่างชัดเจนและแน่นอน จึงเป็นเพียงการคาดการณ์จากผลการเจาะสำรวจดินเท่านั้น	- ควรตรวจสอบจากแบบก่อสร้างและผลสำรวจดินก่อนการขุดเจาะให้ละเอียดรอบคอบมากยิ่งขึ้น เพื่อจะได้เตรียมพร้อมในการปรับสภาพของหัวเจาะอุโมงค์ให้เหมาะสมกับลักษณะชั้นดินที่จะต้องเผชิญ พร้อมทั้งหามาตรการทางเทคนิคไว้รองรับสำหรับแก้ไขปัญหาได้ในทันที เพื่อที่สามารถขุดเจาะได้อย่างต่อเนื่อง โดยมิต้องเสียเวลาในการแก้ไขปัญหา	
ด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ	- ด้านสภาพภูมิอากาศ ถือเป็นปัจจัยเสี่ยงที่เกินความสามารถควบคุม ซึ่งที่พบบ่อยได้แก่ การเกิดพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง ซึ่งกระทบมากต่อการทำงานของรถยก เนื่องจากเป็นการทำงานกลางแจ้ง จึงเสี่ยงต่อการถูกฟ้าผ่า - ด้านภัยธรรมชาติ (การเกิดแผ่นดินไหว) ถือเป็นปัจจัยเสี่ยงที่เกินความสามารถควบคุม โดยส่วนใหญ่ได้ระบุปัจจยเสี่ยงดังกล่าวไว้ในสัญญาจ้างบ้างแล้ว	- ควรทำความเข้าใจต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยให้วิศวกรเพื่อความปลอดภัย (Safety Engineer) เป็นผู้ควบคุมและสั่งการระหว่างการทำงานเมื่อเกิดพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง - แนวทางการแก้ไขปัญหาหากเกิดปัจจัยเสี่ยงนี้ ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการถ่ายโอนความเสี่ยง ซึ่งได้แก่ การประกันวินาศภัย	

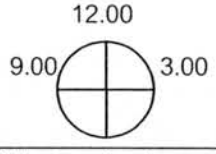
ตารางที่ 6.12 (ต่อ) แนวทางแก้ไขปัญหาสืบเนื่องจากปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคสำหรับกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำ

กลุ่มปัจจัยเสี่ยง	รายละเอียด / ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	หมายเหตุ
ด้านกระบวนการขุดเจาะ	- ถือเป็นกลุ่มปัจจัยที่สำคัญ และเป็นตัวขับเคลื่อนความก้าวหน้าของโครงการ	- ควรใช้ทีมงานที่มีประสบการณ์ ตลอดจนหัวเจาะอุโมงค์ที่มีคุณภาพให้เหมาะสมกับสภาพชั้นดินที่จะทำการก่อสร้าง	
ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์	- พบว่าเป็นปัญหาค่อนข้างมาก โดยเฉพาะปล่องอุโมงค์บริเวณคลองไผ่สิงโต ซึ่งพบว่าเกิดการเอียงตัวของปล่อง เป็นเหตุให้หัวเจาะอุโมงค์เคลื่อนตัวเจาะผ่านเข้ามาในปล่องค่อนข้างยาก โดยต้องพบกับอุปสรรคจากน้ำใต้ดิน ไหลทะลักเข้าไปในปล่องอุโมงค์	- ควรระมัดระวังในการจมปล่องให้ได้ตามค่าระดับ และวางตัวอยู่ในแนวดิ่ง โดยควรใช้ทีมงานช่างผู้ชำนาญในการก่อสร้างปล่องอุโมงค์	
ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด	- จัดว่าเป็นกลุ่มปัจจัยเสี่ยงที่มีการจัดการได้ดี สังเกตได้จากคะแนนความเสี่ยงมีค่าน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับกลุ่มปัจจัยด้านอื่นๆ ที่เป็นเช่นนี้เพราะได้มีการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วนก่อนที่จะนำไปใช้ก่อสร้าง ทั้งจากผู้รับจ้างเอง และวิศวกรที่ปรึกษา		

ตารางที่ 6.13 รายการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพงานอุโมงค์

รายการ	วิธีปฏิบัติ	ความถี่ในการปฏิบัติ
1. ตรวจสอบการติดตั้งแท่นรองรับหัวเจาะอุโมงค์ (Cradle Frame)	- ตรวจสอบพิกัด และระดับของช่องเจาะทะลุ (Soft eye) - ตรวจสอบระดับพื้นของปล่องอุโมงค์ - ตรวจสอบระดับของแท่นรองรับหัวเจาะอุโมงค์ (Cradle Frame) - ตรวจสอบตำแหน่งของหัวเจาะอุโมงค์ก่อนออกและเข้าสู่ปล่องอุโมงค์	ก่อนหัวเจาะอุโมงค์ จะเข้า - ออกปล่องอุโมงค์ (Launching and Arriving)
2. ตรวจสอบค่าพิกัดออกแบบ (Design Target)	- ตรวจสอบตารางคำนวณที่ระบุพิกัดของตำแหน่งหัวเจาะอุโมงค์ที่จะเจาะในช่วงกะต่อไป และส่งมอบให้ชุดควบคุมทราบตำแหน่งสำหรับใช้ในการปรับแก้ค่าระดับและแนวศูนย์กลาง (Center Line) ของอุโมงค์ต่อไป	ทุกวัน
3. ตรวจสอบข้อมูลการขุดเจาะอุโมงค์ในแต่ละวง	- ความเร็วรอบของ Cutting Disc - ความเร็วรอบของ Screw Conveyor - แรงดันแต่ละกระบอกของ Hydraulic Jack - ระยะเวลาการเจาะ - ปริมาณดินที่ขุดเจาะ - แรงดันที่ใช้ขณะเจาะ - ปริมาณการฉีดสารเคมีหน้าหัวเจาะ - การปิด EPB Gate ขณะหยุดการทำงาน	ทุกวง
4. ตรวจสอบข้อมูลการดาดอุโมงค์ (Tunnel Log)	- ตรวจสอบความถูกต้องของ Laser Line - ชุดสำรวจดำเนินการสำรวจในช่วงการเปลี่ยนกะ โดยจะสำรวจผนังอุโมงค์ทุกวง ที่ได้เจาะไปแล้วในช่วงนั้นๆ ซึ่งจะประกอบด้วยค่าแนวอุโมงค์ (Line Control), ค่าแนวระดับ (Level Control), ค่าตั้งฉากของอุโมงค์ (Square Control), ค่าแนวดิ่งของอุโมงค์ (Plumb Control), ค่าการหมุนของอุโมงค์ (Roll Control)	ทุกวัน

ตารางที่ 6.13 (ต่อ) รายการตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพงานอุโมงค์

รายการ	วิธีปฏิบัติ	ความถี่ในการปฏิบัติ
5. ตรวจสอบการฉีดน้ำปูนชั้นแรก (Primary Grouting)	- ตรวจสอบแรงดันในการเกร๊าต์ - ปริมาณในการเกร๊าต์ - เวลาในการเกร๊าต์ - ตำแหน่งการเกร๊าต์ เริ่มจากที่ 3.00 นาฬิกา ก่อนและถัดมา ที่ 9.00 นาฬิกา และตำแหน่งสุดท้ายที่ 12.00 นาฬิกา  	ทุกวง
6. ตรวจสอบการฉีดน้ำปูนชั้นที่สอง (Secondary Grouting)	- เมื่อได้ขุดเจาะไปแล้วประมาณ 50 วง (Rings) และที่จะก่อนทำฉีดน้ำปูนชั้นที่สอง (Secondary Grouting) จะต้องใช้สว่านเจาะผ่านรูเกร๊าต์ ให้ทะลุปูนที่เป็นชั้นแรก Primary Grouting ซึ่งขั้นตอนนี้จะต้องตรวจสอบ - ความหนาของชั้นแรกที่ได้ดำเนินการไปแล้ว - การอุดช่องว่างรอบนอกของชั้นแรกทั่วถึงทั้งวงหรือไม่ - ตรวจสอบปริมาณการฉีดน้ำปูนชั้นที่สอง - ตรวจสอบความตึงของสลักเกลียวรูปตัวยู (Curve Bolt) โดยวัดจากแรงบิด Torque ให้ได้ 16 kg-m สำหรับผนังอุโมงค์ชนิดคอนกรีต และ 19 kg-m สำหรับผนังอุโมงค์ชนิดเหล็กกล้า	ทุก 50 วง
7. ตรวจสอบผนังอุโมงค์ที่เกิดการแตกร้าว	- ให้ตรวจสอบรอยแตกร้าวของผนังอุโมงค์ในขณะประกอบ ถ้ามีให้รีบดำเนินการซ่อมแซมทันที - ถ้ามีรอยแตกร้าวมากและเห็นว่าไม่ปลอดภัยให้ติดตั้งผนังอุโมงค์เหล็ก (Steel Ring)	ทุกวงที่พบความเสียหาย
8. ตรวจสอบแบบก่อสร้างอุโมงค์	- ตรวจสอบแนวอุโมงค์ (Line),ค่าระดับ (Level) และขนาดศก.(Diameter)	ทุกสัปดาห์
9. ตรวจสอบค่าการสูญเสียมวลดิน (Ground Loss) จากเครื่องมือวัดทางธรณีเทคนิค	- ตรวจสอบค่าระดับดินเดิมก่อนการขุดเจาะตามแนวศูนย์กลาง (Centerline) ของอุโมงค์ เมื่อขุดเจาะผ่านเครื่องมือวัดที่ติดตั้งไว้	ตามเวลาที่กำหนด

สำหรับมาตรการในการลดหรือบรรเทาความเสี่ยง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 มาตรการ ดังนี้

1) มาตรการเชิงรุก (Pre-active Plan)

คือ การกำหนดแผนการทำงานในระหว่างการก่อสร้าง เพื่อป้องกันไม่ให้ปัจจัยเสี่ยงมีโอกาสเกิดขึ้นได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนจัดการเพื่อความปลอดภัยสำหรับงานอุโมงค์

ก่อนที่จะดำเนินการก่อสร้างอุโมงค์จะต้องมีการประเมินและควบคุมความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นโดยจะต้องคำนึงถึงรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1) รายละเอียดของวิธีการเพื่อลดความเสี่ยงจะต้องมีความเหมาะสมกับอัตราการเกิดขึ้นของความเสี่ยงนั้นๆ
2) ระดับความรุนแรงของสถานการณ์จะต้องครอบคลุมในทุกขั้นตอนของการทำงานทั้งหมด เช่น การติดตั้งวัสดุหรืออุปกรณ์หน้างาน การขนส่งวัสดุ การตรวจสอบ การรื้อถอนและงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
3) วิธีการเพื่อลดความเสี่ยงจะต้องมีความสอดคล้องกับวิธีการก่อสร้างอุโมงค์ ดังนั้นในการกำหนดระดับความรุนแรงของสถานการณ์และการประเมินความเสี่ยงจะต้องคำนึงถึงการรักษาความปลอดภัยต่อสาธารณชนเสมอ
4) ควรมีการกำหนดกลุ่มของคนงานตามสภาพงานที่มีความเสี่ยงแตกต่างกัน เพื่อใช้ในการตรวจสอบและควบคุมหากเกิดเหตุการณ์รุนแรงเกิดขึ้น
5) ควรมีการตรวจสอบหาสาเหตุและประเมินผลต่ออุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ที่ส่งผลให้เกิดความเสียหาย
6) ควรมีการแจ้งถึงวิธีการแก้ปัญหา หากเกิดอุบัติเหตุหรือสถานการณ์ที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายเพื่อที่จะลดปริมาณความเสี่ยงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

สำหรับกิจกรรมที่ต้องคอยควบคุมและใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพื่อความปลอดภัยในระหว่างปฏิบัติงาน มีดังต่อไปนี้

ก๊าซพิษและก๊าซที่ทำให้เกิดการระเบิด

ก่อนการปฏิบัติงานภายในอุโมงค์หรือในพื้นที่จำกัดใดๆก็ตาม ควรมีการตรวจสอบปริมาณของก๊าซพิษและก๊าซที่ก่อให้เกิดการระเบิดเสียก่อน โดยตรวจสอบหาปริมาณความเข้ม

ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซออกซิเจน ด้วยเครื่องตรวจจับก๊าซแบบพกพา ซึ่งปริมาณที่ตรวจจับได้จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

งานที่ใช้ความร้อนและเกิดประกายไฟ

ในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างที่มีงานเชื่อม งานขัดหรืองานที่ก่อให้เกิดประกายไฟ รวมถึงการใช้ก๊าซที่อาจจะทำให้เกิดระเบิดได้ ควรมีการทดสอบอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและก๊าซให้อยู่ในระดับที่ควบคุม เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากการทำงานประเภทนี้

อัตราความเสี่ยงที่อาจเกิดการระเบิด เนื่องจากงานเชื่อมหรืองานอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดประกายไฟภายในอุโมงค์หรือพื้นที่แคบๆ พบว่ามีโอกาสเกิดการระเบิดสูงกว่าในพื้นที่โล่ง ซึ่งก่อนที่จะทำงานเชื่อมหรือทำงานอื่นๆที่ก่อให้เกิดประกายไฟจะต้องมีการขอใบอนุญาตให้ทำงาน (Work Permit) ก่อนเสมอ และในขณะทำงานเชื่อมหรืองานตัดที่ก่อให้เกิดประกายไฟ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีการจัดหาอุปกรณ์ดับเพลิงสำหรับเตรียมพร้อมไว้ในพื้นที่ใกล้เคียงด้วย

ระบบระบายอากาศ

สำหรับการทำงานภายในอุโมงค์หรือในพื้นที่จำกัด จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดเตรียมระบบหมุนเวียนของอากาศให้เพียงพอตลอดการทำงาน โดยจะต้องคำนึงถึงปริมาณของอากาศต่อพื้นที่ทำงาน รวมถึงความเข้มข้นของอากาศ และระบบทำความเย็น จึงควรตรวจสอบปริมาณของก๊าซออกซิเจนก่อนที่จะเริ่มทำงานเสมอ แรงดันอากาศที่ใช้ในการหมุนเวียนระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์หรือในพื้นที่จำกัดจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 9 m^3/min. ของพื้นที่หน้าตัดอุโมงค์ 1 ตารางเมตร อากาศที่ใช้ในระบบระบายอากาศภายในอุโมงค์ จะถ่ายเทจากระดับผิวดินลงสู่ด้านในอุโมงค์ โดยใช้พัดลมพร้อมกับท่อลมส่งผ่านตลอดความยาวอุโมงค์ จนถึงพื้นที่ทำงานบริเวณหัวเจาะอุโมงค์

ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง

ความสว่างในบริเวณพื้นที่ทำงาน จะมีผลต่อความปลอดภัยในการก่อสร้างอุโมงค์ ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ให้มีปริมาณความส่องสว่างบริเวณ Walk Way ไม่น้อยกว่า 10 ลักซ์ (lux) และปริมาณความส่องสว่างบริเวณพื้นที่ทำงานไม่น้อยกว่า 100 ลักซ์ ซึ่งตามสภาพทั่วไปๆ พื้นที่ทำงานได้จัดให้มีหลอดไฟส่องสว่างชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ติดตั้งห่างกันทุกๆ 6.00 เมตร ตลอดแนวความยาวอุโมงค์

อุปกรณ์ดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย

ถังน้ำยาดับเพลิงควรจัดวางให้อยู่ในบริเวณที่สังเกตเห็นได้ง่าย หรืออยู่บริเวณใกล้เคียงกับตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือจุดที่เสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย

สารไวไฟและถังแก๊ส

การจัดเก็บสารไวไฟและถังแก๊สไม่ควรเก็บภายในอุโมงค์เป็นอันขาด และในการจัดเก็บสารไวไฟและถังแก๊สในระดับผิวดินจะต้องมีการจัดเก็บอย่างเป็นระเบียบและปลอดภัย ห่างจากจุดที่มีการก่อประกายไฟ ซึ่งหากมีการนำถังแก๊สที่บรรจุ ออกซิเจน และบรรจุ สารติดไฟได้ เช่น Acetylene, Propane และ Butane ลงไปทำงานภายในอุโมงค์ จะต้องมีการตรวจสอบสภาพของถังก่อนนำลงไปใช้งานว่ามีรอยรั่วหรือสภาพถังพร้อมที่จะทำงานได้หรือไม่ และควรจะวางในจุดที่ห่างจากประกายไฟ เพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ภายในอุโมงค์ ถังแก๊สที่นำลงไปควรจะมีขนาดเล็กที่สามารถทำงานแล้วเสร็จภายใน 1 วัน และควนนำสารไวไฟและถังแก๊สออกจากอุโมงค์ทุกครั้งที่เลิกปฏิบัติงาน

การขนส่งลำเลียง

สำหรับการขนส่งอุปกรณ์ การขนถ่ายดิน หรือการลำเลียงพนักงานเข้าไปปฏิบัติงานภายในอุโมงค์ จะใช้ระบบรางในการขนส่งและลำเลียงดังกล่าวเป็นสำคัญ ซึ่งการขนส่งนี้จะใช้หัวรถลากไฟฟ้า (Locomotive) ลากจูงรถขนดิน (Muck Car) ชิ้นส่วนผนังอุโมงค์ (Segment Car) รวมถึงรถลำเลียงพนักงาน (Passenger Car) เข้าไปบริเวณหัวเจาะอุโมงค์ แล้วทำการลากจูงรถขนดินและรถขนชิ้นส่วนผนังอุโมงค์เปล่า ออกจากบริเวณหัวเจาะอุโมงค์เพื่อทำการขนส่งขึ้นสู่ด้านบน เพื่อนำไปยังที่ทิ้งดินต่อไป ในการทำงานเกี่ยวกับการขนส่งภายในอุโมงค์ ควรมีการตรวจสอบความปลอดภัยจากส่วนต่างๆ ดังนี้

1) หัวรถลาก (Locomotive) มีการตรวจสอบระบบห้ามล้อ ระบบขนส่ง ระบบแบตเตอรี่ ระบบไฟและสัญญาณเตือนภัยขณะทำงาน อีกทั้งควรจัดเตรียมถังดับเพลิงประจำรถอยู่เสมอ
2) รถขนดิน (Muck Car) และรถขนชิ้นส่วนผนังอุโมงค์ (Segment) ควรตรวจสอบสภาพความพร้อมสำหรับการใช้งานของรถขนดินและรถขนชิ้นส่วนผนังอุโมงค์ให้มีความพร้อมใช้งานอยู่เสมอ รวมถึงระบบอุปกรณ์ลากจูง และควรเตรียมอุปกรณ์ลากจูงสำรองหากเกิดความเสียหายระหว่างการทำงาน

3) รางวิ่ง ควรตรวจสอบสภาพของรางให้พร้อมที่จะใช้งาน เช่น ระดับ แนวรอยต่อ ตำแหน่งและระยะห่างของหมอนรองราง ระบบสลักยึดระหว่างรางกับผนังอุโมงค์ เป็นต้น

นอกจากนี้ต้องจัดทำทางเดินชั่วคราว เพื่อใช้สำหรับเดินเข้าสู่พื้นที่ทำงาน หรือใช้สำหรับอพยพคนงานหากมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

อุบัติเหตุและการป้องกัน

ในระหว่างการปฏิบัติงาน ควรมีการเตรียมพร้อมในการปฐมพยาบาลเบื้องต้นอยู่เสมอ ซึ่งหากมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น จะได้เข้าช่วยเหลือในทันที และควรมีการอบรมเกี่ยวกับการป้องกันอุบัติภัยในขณะปฏิบัติงานแก่พนักงานด้วย

สำหรับพนักงานที่จะต้องปฏิบัติงานภายในอุโมงค์ ควรสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงานทุกครั้งเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ดังนี้

1) หมวกกันกระแทก (Head Protection) เพื่อป้องกันวัสดุหล่นจากที่สูงหรือป้องกันศีรษะกระแทก หากพื้นที่ทำงานมีความสูงน้อยกว่า 3 เมตร
2) รองเท้ากันกระแทก (Foot Protection) เพื่อป้องกันวัสดุหล่นจากที่สูงหรือป้องกันการเหยียบวัสดุมีคม หรือเมื่อมีน้ำท่วมขังภายในอุโมงค์
3) ถุงมือ (Hand Protection) เพื่อป้องกันอันตรายเนื่องมาจากการตัด การต่อเชื่อมโลหะ หรืออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
4) แว่นตา (Eye Protection) เพื่อป้องกันอันตรายเนื่องมาจากการตัด การต่อเชื่อม การฉีดล้างผนังด้วยความดันสูง หรืออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
5) หูฟังกันเสียง (Ear Protection) เพื่อป้องกันอันตรายเนื่องมาจากเสียงดังที่เกิดจากการทำงาน
6) ผ้าปิดจมูก (Lung Protection) เพื่อป้องกันอันตรายเนื่องมาจากฝุ่นหรือวัสดุที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

แผนจัดการคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้าง ควรที่จะควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด รวมทั้งต้องกำหนดผู้ดูแลรับผิดชอบให้เป็นไปตามมาตรการลดผลกระทบที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างอุโมงค์มีดังนี้

- ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ
- ผลกระทบต่อระดับเสียง
- ผลกระทบด้านความสั่นสะเทือน
- ผลกระทบและการป้องกันน้ำท่วม
- ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ
- ผลกระทบต่อการจราจร
- ผลกระทบด้านมูลฝอย

ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ

มลพิษทางอากาศที่เกิดจากกิจกรรมการก่อสร้างที่สำคัญคือฝุ่นละออง ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากงานดิน งานก่อสร้าง รวมถึงการขนส่ง เป็นต้น โดยตรวจสอบได้จาก ฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate หรือ TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยฝุ่นละอองเหล่านี้อาจหมายรวมถึงอนุภาคต่างๆ ที่อยู่ในรูปของแข็ง เช่น เขม่า เถ้า หรือในรูปของเหลว ได้แก่ ไอ ควัน หมอก โดยที่ในสภาวะอุณหภูมิและความกดดันทั่วไปอนุภาคเหล่านี้จะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ มักจะมีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน แต่ขนาดของฝุ่นละอองที่เป็นผลเสียต่อสุขภาพนั้น เป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดอนุภาคตั้งแต่ 10 ไมครอนลงไป ซึ่งอนุภาคขนาดนี้สามารถแทรกเข้าไปในระบบทางเดินหายใจของมนุษย์และสัตว์ได้ การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์มลพิษทางอากาศทั้งสองชนิดนี้จะต้องดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

ผลกระทบด้านเสียง

การอยู่ในที่ที่มีระดับเสียงดังมากเป็นระยะเวลานานๆ อาจจะทำให้เกิดสภาวะหูตึงชั่วคราวหรือถาวรได้ จึงควรควบคุมแหล่งกำเนิดเสียงในระหว่างการก่อสร้างให้มีระยะห่างจากชุมชนให้มากที่สุด เพื่อลดปัญหาความเดือดร้อนรำคาญและปัญหาร้องเรียนที่อาจจะเกิดตามมา

ผลกระทบด้านความสั่นสะเทือน

ในการลดผลกระทบจากความสั่นสะเทือน จะต้องควบคุมแหล่งกำเนิดคลื่นความสั่นสะเทือนในระหว่างการก่อสร้างให้มีระยะห่างจากชุมชนไว้ให้มากที่สุด หรือหากมีความจำเป็นที่หลีกเลี่ยงเสียมิได้ ควรใช้เทคนิคหรือวิธีการอื่นๆ ที่เหมาะสม เพื่อลดปัญหาเหตุเดือดร้อนรำคาญและปัญหาร้องเรียนที่อาจจะเกิดตามมา

ผลกระทบและการป้องกันน้ำท่วม

ในกรณีที่โครงการก่อสร้างอุโมงค์ต้องทำการก่อสร้างอยู่ใต้คลองระบายน้ำ ซึ่งจะต้องมีการตอกเสาเข็ม ก่อสร้างปล่องอุโมงค์ การขนย้ายดินจากการขุดอุโมงค์ การก่อสร้างอุโมงค์ กิจกรรมเหล่านี้อาจจะทำให้เกิดการกีดขวางทางระบายน้ำ ดังนั้นจึงควรกำหนดมาตรการสำหรับใช้ในการป้องกันเหตุน้ำท่วม ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อชุมชนที่อยู่โดยรอบโครงการ

ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ

ควรมีการติดตามตรวจสอบดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ ซึ่งได้แก่ Total suspended solids (TSS), คราบไขมัน, Biochemical oxygen demand (BOD) การก่อสร้างทุกขั้นตอนจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำหรือท้องน้ำ ไม่ว่าจะเป็นการตอกเสาเข็ม การจมปล่องอุโมงค์ จึงควรใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการดำเนินการก่อสร้าง และต้องควบคุมไม่ให้มีวัสดุตกหล่นลงในคลองหรือการใช้สารเคมีใดๆที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ

ผลกระทบต่อการจราจร

ในการดำเนินงานก่อสร้างที่จำเป็นต้องรุกล้ำเข้าไปบนผิวการจราจร จะส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรบนถนนเส้นนั้น จึงควรมีแผนการก่อสร้างที่ชัดเจนและมีการจัดการจราจรที่เหมาะสมในแต่ละกรณี เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว นอกจากนี้การใช้รถบรรทุกขนส่งวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ หรือรถบรรทุกที่ใช้ขนดินจากการขุดอุโมงค์ โดยจะต้องใช้ถนนสาธารณะร่วมด้วยนั้นย่อมส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรที่มีอยู่เดิม เพราะทำให้ปริมาณการจราจรเพิ่มสูงขึ้น จึงควรกำหนดมาตรการในการลดผลกระทบให้ชัดเจนและยึดปฏิบัติตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดโครงการ เช่น การขนส่งวัสดุในช่วงเวลากลางคืนเพื่อหลีกเลี่ยงสภาพการจราจรคับคั่งในชั่วโมงเร่งด่วน หรือการใช้รถบรรทุกขนาดเล็กเพื่อเพิ่มความคล่องตัว

ผลกระทบด้านขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยหรือสิ่งปฏิกูลที่เกิดจากกิจกรรมของการก่อสร้าง ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ ได้แก่ ขยะมูลฝอยจากสำนักงานโครงการ เศษอาหารจากคนงานก่อสร้าง ขยะหรือวัสดุเหลือใช้จากการก่อสร้าง สารเคมีที่ใช้ในการก่อสร้าง ขยะมูลฝอยเหล่านี้ควรมีการจัดการที่ดีและถูกสุขลักษณะ อาทิเช่น การฝังกลบ หรือการนำไปทิ้งนอกโครงการในที่ที่จัดไว้ให้ทิ้ง เพื่อป้องกันปัญหากลิ่นเน่าเหม็น ปัญหาน้ำเสียจากเศษอาหาร ปัญหาสารเคมีรั่วไหล

2) มาตรการเชิงรับ (Re-active Plan)

คือ การกำหนดแผนงานสำหรับการเตรียมพร้อมรับเหตุการณ์ต่างๆ ที่ได้เกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการช่วยทุเลาไม่ให้สถานการณ์รุนแรงไปมากยิ่งขึ้น

6.5 ประสิทธิภาพและข้อจำกัดของแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

จากการนำแนวทางการจัดลำดับความสำคัญที่ได้นำเสนอ มาใช้ประเมินกับโครงการอุโมงค์ระบายน้ำซึ่งถูกเลือกเป็นกรณีศึกษา เพื่อแสดงเป็นตัวอย่างในการนำมาประยุกต์ใช้ โดยพบว่า ในส่วนการประเมินหาลำดับความสำคัญสามารถแสดงค่าลำดับความสำคัญของปัจจัย ซึ่งพิจารณาด้วยคะแนนความเสี่ยง เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย ทำให้สามารถตัดปัจจัยในส่วนที่มีค่าลำดับความสำคัญน้อยๆออกจากการพิจารณาได้ ส่วนในการประเมินระดับความรุนแรง พบว่า สามารถจำแนกปัจจัยเสี่ยงได้ตามระดับความรุนแรง โดยผลจากการประเมินมีส่วนช่วยในการกำหนดเป็นมาตรการเบื้องต้นสำหรับบรรเทาความเสี่ยงในระหว่างการก่อสร้างได้

อย่างไรก็ตาม วิธีประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญที่นำเสนอนี้ ควรนำไปทดลองใช้สำหรับตรวจสอบความเชื่อถือได้ จาก 2-3 โครงการ เพื่อที่จะได้พัฒนาวิธีการประเมินให้สามารถครอบคลุมในทุกโครงการอุโมงค์ที่ก่อสร้างด้วยวิธีสมดุลแรงดันดิน รวมถึงวิธีการประเมินให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

6.6 สรุปท้ายบท

การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงสำหรับกรณีศึกษาโครงการอุโมงค์ระบายน้ำ ได้นำเอาแนวทางที่ได้นำเสนอไว้จากบทที่ 5 มาประเมินกับกรณีศึกษาดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อแสดงเป็นตัวอย่างในการนำไปประยุกต์ใช้ รวมถึงทดสอบประสิทธิภาพและข้อจำกัดของแนวทางที่ได้นำเสนอ

สำหรับการประเมินในกรณีศึกษานี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามวิธีที่ได้นำเสนอ อันได้แก่ การจัดความสำคัญและการประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง โดยได้คัดเลือกปัจจัยเสี่ยงจากที่นำเสนอไว้ในบทที่ 5 ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการโครงการกรณีศึกษา หลังจากนั้นจึงทำการประเมินเพื่อหาค่าลำดับความสำคัญ ซึ่งพิจารณาจากคะแนนความเสี่ยง โดยคำนวณจากผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักกับระดับความเสี่ยงในแต่ละปัจจัยที่พิจารณา ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินเพื่อหาลำดับความสำคัญนี้ ทำให้ทราบถึงปัจจัยเสี่ยงที่มีค่าลำดับความสำคัญ

จากมากไปหาน้อยเรียงตามลำดับ โดยในส่วนที่มีค่าลำดับความสำคัญน้อย อาจไม่นำมาพิจารณา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้มีประสบการณ์ในการกำหนดเกณฑ์การพิจารณาตัดปัจจัยทิ้ง

ส่วนในการประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัย ได้ทำการประเมินจากทั้ง 3 ด้านไปพร้อมกัน อันได้แก่ ด้านโอกาสของการเกิดปัจจัย ด้านผลกระทบจากการเกิดปัจจัย และด้านระยะเวลาสำหรับรอคอยหรือแก้ไขสถานการณ์อันเนื่องมาจากการเกิดปัจจัย โดยใช้แนวคิดความเสี่ยง 3 มิติ และพิจารณาในรูปของผลคูณจากทั้ง 3 ด้านดังกล่าว ซึ่งผลจากการประเมินในส่วนนี้ ทำให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัยที่นำมาพิจารณา และจากการประเมินในกรณีศึกษาพบว่าปัจจัยส่วนใหญ่อยู่ในระดับความรุนแรงขั้นต่ำและขั้นปานกลาง ตามลำดับ โดยผลจากการประเมินนี้จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแผนหรือมาตรการเบื้องต้นสำหรับลดความเสี่ยงในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้าง กล่าวคือสามารถเตรียมพร้อมรับสถานการณ์หรือแก้ไขปัญหาที่ถูกจุดได้ในทันที อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับโครงการในอนาคตที่มีลักษณะการก่อสร้างที่คล้ายคลึงกัน แต่การนำไปใช้ควรคำนึงสภาพแวดล้อม และองค์ประกอบต่างๆ ของโครงการที่จะทำการประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญนั้นๆด้วย