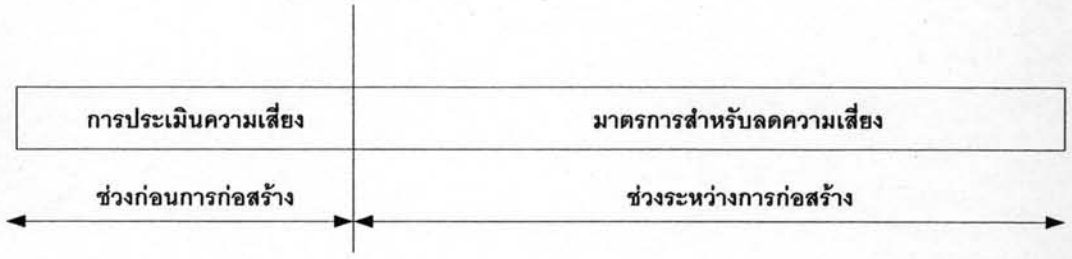
บทที่ 5

แนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงในโครงการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

5.1 บทนำ

บทนี้นำเสนอแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง สำหรับให้โครงการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดินที่จะก่อสร้างในอนาคต ได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง โดยนำไปใช้ก่อนการก่อสร้าง จากนั้นจึงนำผลที่ได้ อันได้แก่ ลำดับความสำคัญและความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง มากำหนดเป็นมาตรการสำหรับป้องกันและแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการก่อสร้างต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ช่วงเวลาสำหรับประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

ในการนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการจัดการความเสี่ยงสำหรับการก่อสร้างอุโมงค์และโครงสร้างใต้ดิน ที่เสนอโดยสมาคมอุโมงค์นานาชาติ (Eskesen et al.,2004) มาใช้เป็นแนวทางในการสร้างกรอบการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้

5.2 การกำหนดแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

สำหรับแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง เริ่มจากหน่วยงานก่อสร้างหรือองค์กรควรกำหนดเป็นนโยบายความเสี่ยง (Risk Policy) ตั้งแต่ช่วงเริ่มโครงการ ซึ่งนโยบายความเสี่ยง ควรมีสาระสำคัญดังนี้

- ขอบเขตของความเสี่ยง
- ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขอบเขตของความเสี่ยง

ประกอบไปด้วยความเสี่ยงหรือผลที่จะเกิดขึ้นภายหลัง (Consequence) ดังต่อไปนี้

1) ความเสี่ยงต่อชีวิตและร่างกาย ตลอดจนความปลอดภัยของพนักงาน
2) ความเสี่ยงต่อชีวิตและร่างกาย ตลอดจนความปลอดภัยของบุคคลที่สาม
3) ความเสี่ยงต่อทรัพย์สินของบุคคลที่สาม ทั้งบนดินและใต้ดิน
4) ความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อม อันได้แก่ พื้นดิน แหล่งน้ำธรรมชาติ และมลภาวะทางอากาศ ตลอดจนพันธุ์พืชและสิ่งมีชีวิตต่างๆ
5) ความเสี่ยงต่อผู้ว่าจ้าง / เจ้าของโครงการ เนื่องมาจากความล่าช้า
6) ความเสี่ยงต่อผู้ว่าจ้าง / เจ้าของโครงการ เนื่องมาจากความสูญเสียทางการเงิน

ขั้นตอนการดำเนินงาน

คือการระบุขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งมีดังนี้

1) การบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยง หมายถึง การบ่งชี้สาเหตุทั้งจากภายในและภายนอกที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อการก่อสร้างอุโมงค์ โดยบ่งชี้ตามลักษณะความเสี่ยงที่กำหนดไว้ในขอบเขตของความเสี่ยงข้างต้น
2) การกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยง สำหรับใช้เป็นหลักในการสร้างเครื่องมือหรือมาตรวัดที่ใช้ในการประเมิน รวมถึงนำมาใช้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมิน
3) การสร้างเครื่องมือวัดสำหรับการประเมิน อาจหมายถึง แบบสอบถามหรือแบบสัมภาษณ์ สำหรับนำไปให้ผู้มีประสบการณ์ทำการประเมิน
4) การกำหนดมาตรการสำหรับบรรเทาความเสี่ยง ควรกำหนดมาตรการตามระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง และควรจะยึดหลักการประหยัดและความคุ้มค่าให้มากที่สุดเท่าที่พึงจะกระทำได้ หรือตามที่กฎหรือข้อบังคับในส่วนที่เกี่ยวกับชีวิต ร่างกายและความปลอดภัยได้บัญญัติไว้

นอกจากนี้การกำหนดนโยบายความเสี่ยง อาจระบุถึงฝ่ายที่ควรรับผิดชอบต่อความเสี่ยง โดยควรเน้นให้ฝ่ายที่มีความพร้อมที่สุดรับความเสี่ยงนั้นไป อีกทั้งควรติดตามผลและตรวจสอบถึงมาตรการสำหรับลดความเสี่ยง อันนำมาซึ่งการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการนำไปปฏิบัติมากยิ่งขึ้น

ลำดับต่อไป จะอธิบายรายละเอียดในขั้นตอนของการบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยง การกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยง วิธีการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง ซึ่งนำไปประเมินเพื่อหาลำดับความสำคัญและความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง อันนำไปสู่การกำหนดมาตรการสำหรับลดความเสี่ยง ดังแสดงในรูปที่ 5.2 โดยมีขั้นตอนที่สำคัญดังต่อไปนี้

5.3 การบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยง

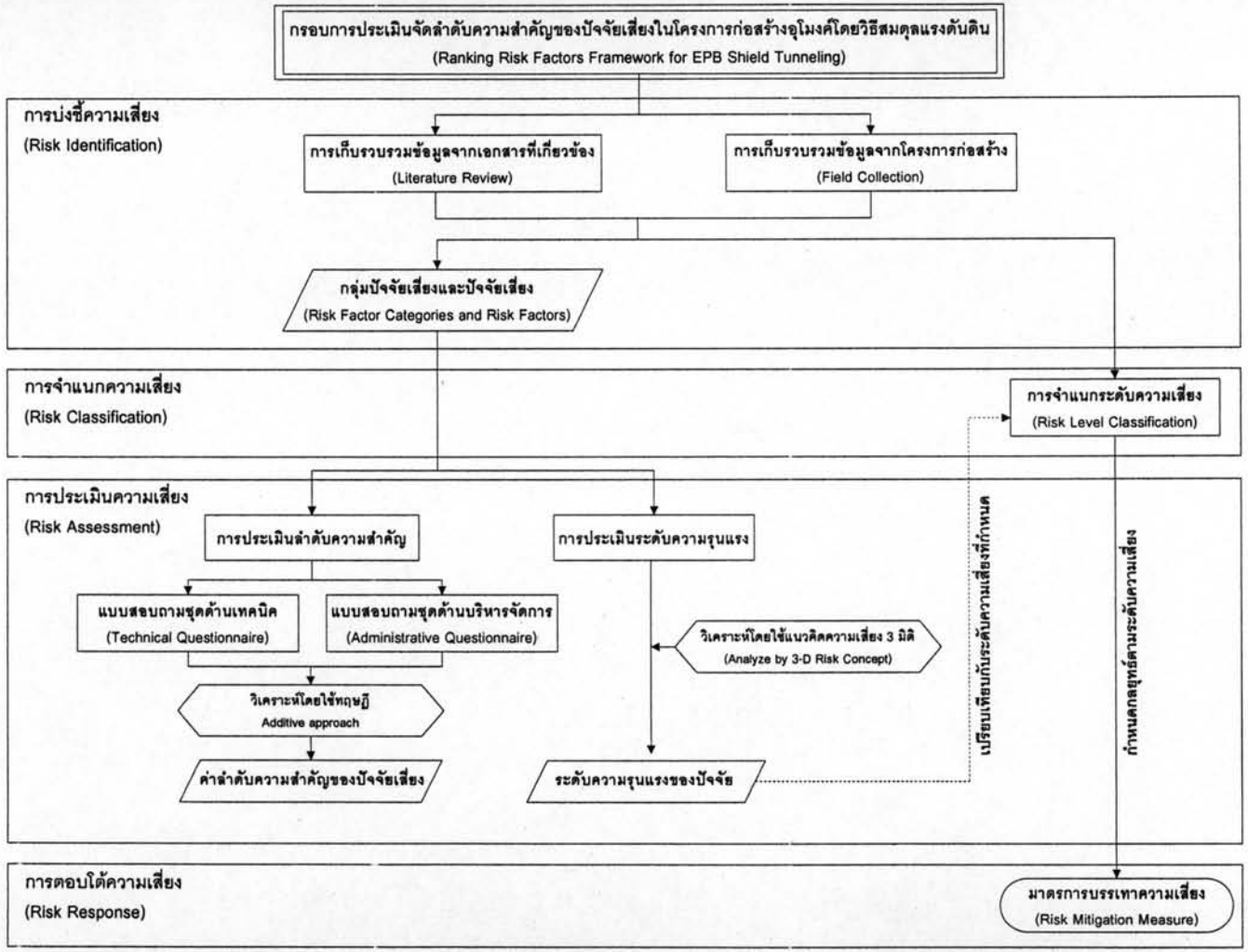
ในการบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยง ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบหรือตัดสินใจในการประเมินความเสี่ยงควรบ่งชี้ถึงความหมายของปัจจัยเสี่ยงสำหรับงานก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน โดยสำหรับงานวิจัยนี้ การบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยง หมายถึง การสืบหาสาเหตุทั้งจากภายในและภายนอกที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อการทำงาน คุณภาพของงานอุโมงค์ ความปลอดภัย การเพิ่มขึ้นของต้นทุนและความล่าช้า รวมถึงปัจจัยที่สืบเนื่องจากเหตุการณ์ไม่คาดคิด และความไม่แน่นอนต่างๆที่อาจเกิดขึ้นระหว่างดำเนินการก่อสร้างอุโมงค์ และสามารถแบ่งปัจจัยเสี่ยงออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ ได้ดังนี้

- กลุ่มปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิค (Technical Factor Categories)
- กลุ่มปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการ (Administrative Factor Categories)

หลังจากที่ได้ให้ความหมายของปัจจัยเสี่ยงแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการสืบค้นปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน โดยการสืบค้นปัจจัยเสี่ยงสามารถกระทำได้ 2 วิธีดังนี้

1) การสืบค้นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสืบค้นจากเอกสารหรืองานวิจัยในอดีต ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปัจจัยเสี่ยงโดยสังเขป ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้รวบรวมจากงานวิจัยในอดีต อาทิเช่น Ghosh และ Jintanapakanont (2004), มานิต (2549) เป็นต้น

2) การสืบค้นจากโครงการก่อสร้าง โดยทำการสืบค้นจากหลักฐานการบันทึกของโครงการก่อสร้างในอดีต หรือผู้เชี่ยวชาญที่มีประสมการณ์มากในงานก่อสร้างอุโมงค์ สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ทำการสืบค้นปัจจัยเสี่ยงจากหน่วยงานก่อสร้างอุโมงค์ ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และลักษณะวิธีการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานข้างต้น แสดงดังตารางที่ 5.2 ซึ่งสืบค้นปัจจัยเสี่ยงจากรายงานบันทึกการก่อสร้างประจำวัน ตลอดจนการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของหน่วยงาน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการพิสูจน์ทราบและตรวจสอบความถูกต้องของปัจจัยเสี่ยงจากการสืบค้นด้วยวิธีแรก



รูปที่ 5.2 แนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงในโครงการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดหน่วยงานก่อสร้างอุโมงค์สำหรับใช้เก็บข้อมูล

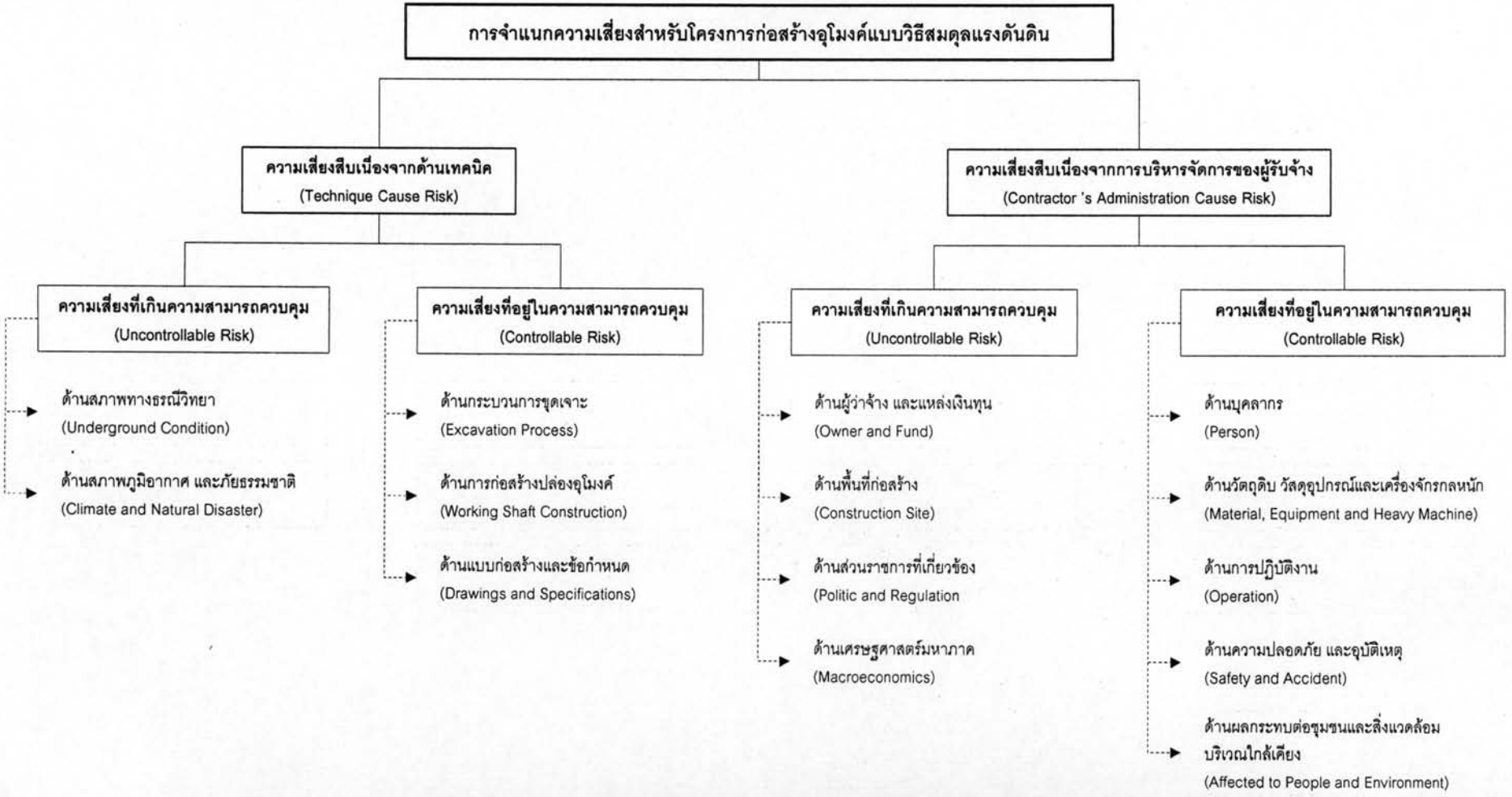
รายละเอียดโครงการ	โครงการที่ 1	โครงการที่ 2	โครงการที่ 3	โครงการที่ 4
ชื่อโครงการ	โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำคลองลาดพร้าวและคลองแสนแสบลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา	โครงการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำระหว่างถนนวงแหวนรอบนอก ตากสิน – เพชรเกษม ถึงถนนพระราม 2	โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา	โครงการอุโมงค์สายส่งระหว่างสถานีต้นทางบางกะปิ ถึงสถานีต้นทางชิดลม
เจ้าของโครงการ	สำนักการระบายน้ำ สังกัดกทม.	การประปานครหลวง	สำนักการระบายน้ำ สังกัดกทม.	การไฟฟ้านครหลวง
ผู้รับจ้างก่อสร้าง	กิจการร่วมค้า ไอเอ็น	บริษัท นวรัตน์ เอ เอส แอสโซซิเอท ร่วมค้า จำกัด	บริษัท ช. การช่าง จำกัด (มหาชน)	NEON Consortium
วันเริ่มต้นโครงการ	23 กรกฎาคม 2546	14 กันยายน 2547	21 พฤษภาคม 2547	13 พฤษภาคม 2548
วันสิ้นสุดโครงการ	1 กรกฎาคม 2550	13 กันยายน 2549	29 เมษายน 2551	12 เมษายน 2552
ระยะเวลาดำเนินโครงการ	1,440 วัน	730 วัน	1,440 วัน	1,430 วัน
มูลค่าสัญญา	2,094,995,800 บาท	661,000,000 บาท	2,166,000,000 บาท	2,998,000,000 บาท
รายละเอียดอุโมงค์	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 5.00 ม. ระยะทาง 5.30 กม.	- เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.00 ม. ระยะทาง 2.70 กม. - เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.50 ม. ระยะทาง 3.33 กม.	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.60 ม. ระยะทาง 6.20 กม.	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.62 ม. ระยะทาง 7.00 กม.

ตารางที่ 5.2 ลักษณะวิธีการเก็บข้อมูลจากแต่ละหน่วยงาน

หน่วยงานที่ใช้เก็บข้อมูล	วิธีการเก็บข้อมูล			
	เยี่ยมชมอุโมงค์	สัมภาษณ์วิศวกร	บันทึกรายงานการก่อสร้างประจำสัน	ภาพถ่ายความก้าวหน้าโครงการ
1. โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำคลองลาดพร้าวและคลองแสนแสบลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา	√	√	√	√
2. โครงการก่อสร้างอุโมงค์ส่งน้ำระหว่างถนนวงแหวนรอบนอกตากสิน – เพชรเกษม ถึงถนนพระรามที่ 2	√	√	√	√
3. โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา		√	√	√
4. โครงการก่อสร้างอุโมงค์สายส่งระหว่างสถานีต้นทางบางกะปิ ถึงสถานีต้นทางซิดลม		√		

จากการระบุเพื่อหาสาเหตุทั้งจากภายในและภายนอกที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อการทำงานคุณภาพของงานเจาะอุโมงค์ ความปลอดภัย การเพิ่มขึ้นของต้นทุนก่อสร้างและความล่าช้า ของการก่อสร้างอุโมงค์แบบวิธีสมดุลแรงดันดิน ซึ่งทำให้ทราบถึงกรอบในการบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยง โดยสามารถสืบค้นปัจจัยดังกล่าวได้จากเอกสารงานวิจัยในอดีต บันทึกรายงานก่อสร้างอุโมงค์ หรือจากผู้ที่มีประสบการณ์ในงานก่อสร้างอุโมงค์ เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอปัจจัยเสี่ยง โดยแบ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ ดังแสดงในรูปที่ 5.3 และตารางที่ 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ ซึ่งได้แสดงไว้สำหรับเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประเมินกับโครงการในอนาคต โดยถือเกณฑ์การจำแนกจากลักษณะและแหล่งที่มาของปัจจัยเสี่ยง โดยเฉพาะในด้านเทคนิคผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นปัจจัยจนถึงระดับกิจกรรม เพื่อที่ว่าจะได้ทราบทันทีหรือสามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงจุด หากผลการประเมินชี้ว่าปัจจัยนั้นได้ส่งผลกระทบรุนแรงต่อการก่อสร้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการกำหนดมาตรการเพื่อลดความเสี่ยงจากปัจจัยเหล่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ในการนำปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้ไปใช้ควรคำนึงถึงเงื่อนไขข้อจำกัด รวมถึงองค์ประกอบต่างๆของโครงการที่จะทำการประเมินในครั้งนั้นๆด้วย



รูปที่ 5.3 การจำแนกปัจจัยเสี่ยงสำหรับโครงการก่อสร้างอุโมงค์แบบวิธีสมดุลแรงดันดิน

ตารางที่ 5.3 ปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

ลำดับที่	ประเภทของปัจจัยเสี่ยง	ปัจจัยเสี่ยง	วิธีสืบค้นปัจจัย	
			งานวิจัยและเอกสาร	ภาคสนาม
1.	ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	- สภาพชั้นดินไม่แน่นอน	●	
		- สภาพแรงดันน้ำใต้ดินสูง	●	
2ไ	ด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ	- เกิดแผ่นดินไหว	●	
		- เกิดพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง		●
		- เกิดน้ำท่วมฉับพลัน	●	
3.	ด้านกระบวนการขุดเจาะ			
3.1	ขั้นตอนการขุดเจาะ			
3.1.1	ส่วนหัวเจาะอุโมงค์	- มอเตอร์ส่วน Cutter Head มีอุณหภูมิ ขึ้นสูงเกินกำหนด		●
		- ระบบตรวดวัดค่าต่างๆของหัวเจาะอุโมงค์คลาดเคลื่อน		●
		- ฟันกัดหน้าดินบริเวณ Cutter Head ชำรุด		●
		- ความเข้มข้นสารละลายของสารผสมเพิ่ม (Additive) ไม่เหมาะสมต่ออัตราขุดเจาะ		●
3.1.2	ระบบสกรู คอนเวเยอร์ และสายพานลำเลียง	- สกรู คอนเวเยอร์ ชำรุดหรือติดขัดเนื่องจากดิน / เศษวัสดุอุดตัน		●
		- มอเตอร์ส่วนขับเคลื่อนสกรู คอนเวเยอร์ ชำรุด กะทันหัน ใช้การไม่ได้		●
		- สายพานลำเลียงติดขัดเนื่องจากดิน		●
		- สายพานลำเลียงชำรุด / ฉีกขาดกะทันหัน		●
3.1.3	ระบบหล่อลื่น / ระบบไฮดรอลิก	- น้ำมันหล่อลื่นภายในอุปกรณ์เสื่อมสภาพ		●
		- น้ำมันไฮดรอลิกภายในอุปกรณ์มีปริมาณลดลง / ไม่เพียงพอ		●
		- ไส้กรองน้ำมันไฮดรอลิกอุดตัน		●
		- วาล์วไฟฟ้าชำรุด		●
		- ท่อน้ำมันไฮดรอลิกภายในอุปกรณ์รั่วซึม		●
3.1.4	ระบบควบคุมแนวการขุดเจาะ	- หัวเจาะอุโมงค์เบี่ยงเบนออกจากแนวการขุดเจาะเนื่องจากไฮดรอลิกแจ็คชำรุดกะทันหัน		●
		- การทำงานของระบบนำร่องอัตโนมัติ (Robotec) คลาดเคลื่อน		●

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) ปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

ลำดับที่	ประเภทของปัจจัยเสี่ยง	ปัจจัยเสี่ยง	วิธีสืบค้นปัจจัย	
			งานวิจัยในอดีต	การสัมภาษณ์
3.1.5	ระบบส่งพลังงานให้หัวเจาะอุโมงค์	- กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายในโครงการขัดข้อง		●
		- กระแสไฟฟ้าจากระบบสนับสนุนการขุดเจาะ (Back up System) ขัดข้อง		●
3.2	ขั้นตอนการลำเลียงดินและผนังอุโมงค์			
3.2.1	รถยก	- รถยกชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้		●
		- สายรัดยึดจับวัสดุ ของรถยกชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้		●
3.2.2	หัวรถลาก (Locomotive)	- หัวรถลากตกราง	●	●
		- หัวรถลากชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	●	●
		- หัวรถลากมีกำลังไม่เพียงพอในการลากจูง	●	●
		- รอคอยการเปลี่ยนหัวรถลาก	●	●
3.2.3	กรณีใช้รถบรรทุกดิน (Muck Car)	- รถบรรทุกดินตกราง	●	●
		- รถบรรทุกดินชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	●	●
		- รอคอยการเปลี่ยนรถบรรทุกดิน	●	●
		- รอคอยรถบรรทุกดินที่นำดินไปทิ้งกลับเข้าสู่อุโมงค์	●	●
3.2.4	กรณีใช้ระบบท่อปั๊มดิน (Soil Pumping)	- ท่อลำเลียงดินเกิดการอุดตันกะทันหัน		●
		- ท่อลำเลียงดินเกิดการแตก หรือรั่วซึม ขณะลำเลียงดิน		●
		- เครื่องปั๊มดินชำรุดกะทันหัน		●
3.2.5	รถบรรทุกผนังอุโมงค์ (Segment Car)	- รถบรรทุกผนังอุโมงค์ตกราง	●	●
		- รถบรรทุกผนังอุโมงค์ชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	●	●
		- รอคอยผนังอุโมงค์ที่ถูกลำเลียงจากปล่อง (Shaft) เข้าสู่อุโมงค์	●	●
		- เปลี่ยนผนังอุโมงค์ชิ้นใหม่ เนื่องจากเสียหายระหว่างการลำเลียง	●	
		- เปลี่ยนผนังอุโมงค์ (Segment) ชิ้นใหม่ เนื่องจากลำเลียงมาผิดตำแหน่ง	●	

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) ปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

ลำดับที่	ประเภทของปัจจัยเสี่ยง	ปัจจัยเสี่ยง	วิธีสืบค้นปัจจัย	
			งานวิจัยในอดีต	ภาคสนาม
3.2.6	กรณีใช้รถบรรทุกซีเมนต์เกราต์ (Cement Grout car)	- รถบรรทุกซีเมนต์เกราต์ตกราง	●	●
		- รถบรรทุกซีเมนต์เกราต์ชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้	●	●
3.2.7	กรณีใช้ระบบท่อปั๊มซีเมนต์เกราต์ (Cement Grout Pumping)	- ท่อลำเลียงซีเมนต์เกราต์เกิดการอุดตันกะทันหัน		●
		- ท่อลำเลียงซีเมนต์เกราต์เกิดการแตกหรือรั่วซึม ขณะลำเลียงน้ำปูน		●
		- เครื่องปั๊มซีเมนต์เกราต์ชำรุดกะทันหัน		●
3.2.8	การเดินรถ (Traffic)	- ขบวนลำเลียงหลบกันไม่พ้น ชนกันบริเวณรางสับหลีก		●
		- รอคอยเนื่องจากซ่อมแซมจุดสับเปลี่ยนราง (Car Shifter)		●
		- รอคอยเนื่องจากซ่อมแซมราง		●
3.2.9	การขนถ่ายดินออกนอกโครงการ	- รถขุดตัก (Back hoe) ชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้		●
3.3	ขั้นตอนการตาดอุโมงค์			
3.3.1	ขั้นตอนการตาดอุโมงค์ชั้นแรก (Primary Lining Installation)	- อุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงผนังอุโมงค์(Erector Feeder / hoist) ขัดข้อง		●
		- Erector มีปัญหาขัดข้องขณะติดตั้งผนังอุโมงค์		●
		- ผนังอุโมงค์เสียหายเนื่องมาจากการติดตั้ง		●
		- การอุดรูรั่วต่างๆเช่นรูของ Bolt ทำได้ไม่ดีพอทำให้เกิดปัญหาการรั่วซึม		●
3.3.2	ขั้นตอนการตาดอุโมงค์ชั้นที่สอง (Secondary Lining Installation)	- ผนังอุโมงค์ชั้นที่สองเสียหายเนื่องมาจากการติดตั้ง	●	
		- คอนกรีตที่ทำการอัดเข้าไปไม่เต็มช่องว่างระหว่างผนังชั้นแรกและชั้นที่สอง	●	
		- คอนกรีตเกิดการแข็งตัวก่อนที่จะทำการเท	●	
		- รอคอยการผสมคอนกรีตสำหรับอุดช่องว่าง	●	

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) ปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิคในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

ลำดับที่	ประเภทของปัจจัยเสี่ยง	ปัจจัยเสี่ยง	วิธีสืบค้นปัจจัย	
			งานวิจัยในอดีต	การสัมภาษณ์
3.4	ขั้นตอนการเกราต์ (การอุดช่องว่างระหว่างดินและผนังอุโมงค์ด้วยน้ำปูน) (Grouting)	- หัวฉีดน้ำปูนชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้		●
		- รอคอยการผสมซีเมนต์เกราต์ เนื่องจากการเบี่ยงเบนความชื้นของวัสดุส่วนผสม		●
		- โม่ผสมซีเมนต์เกราต์ชำรุดกะทันหัน ใช้การไม่ได้		●
3.5	ด้านระบบสนับสนุนการขุดเจาะ			
3.5.1	การลำเลียงขนส่งพนักงาน	- รถลำเลียงพนักงาน (Passenger car) ตกราง		●
3.5.2	ระบบไฟฟ้ากำลัง	- กระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯขัดข้อง		●
		- สายส่งแรงสูงเกิดการลัดวงจร		●
3.5.3	ระบบน้ำประปา	- น้ำประปาไม่ไหล เนื่องจากการประปาฯหยุดจ่ายน้ำ		●
		- รอคอยเนื่องจากซ่อมแซมท่อน้ำประปารั่วไหลภายในอุโมงค์		●
3.5.4	ระบบระบายอากาศ	- ระบบปรับอากาศภายในอุโมงค์ขัดข้อง		●
		- ระบบพัดลมระบายอากาศขัดข้อง		●
		- ท่อนำอากาศชำรุดเสียหาย		●
4.	การก่อสร้างปล่องอุโมงค์	- การเอียงตัวของปล่องอุโมงค์		●
		- การจมปล่องอุโมงค์เลยค่าระดับที่ต้องการ		●
		- การจมบ่อไม่ลงตามค่าระดับที่กำหนด		●
5.	ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด	- หยุดรอเนื่องจากเปลี่ยนแปลงแบบก่อสร้างกะทันหัน	●	
		- หยุดรอเนื่องจากเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดกะทันหัน	●	
		- พบข้อผิดพลาด หรือจุดบกพร่องในแบบก่อสร้าง อันเป็นเหตุให้การก่อสร้างต้องหยุดชั่วคราว	●	

ตารางที่ 5.4 ปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

ลำดับที่	ประเภทของปัจจัยเสี่ยง	ปัจจัยเสี่ยง	วิธีสืบค้นปัจจัย	
			งานวิจัยในอดีต	ภาคสนาม
	<u>ปัจจัยที่เกิดจากภายในองค์กร</u> / ควบคุมได้			
1.	ด้านบุคคลากร			
1.1	ช่างฝีมือ / แรงงาน	- ขาดทักษะและประสบการณ์	●	
		- ได้ผลิตภาพในปริมาณต่ำ	●	
		- คุณภาพของงานไม่ได้ตามที่ต้องการ	●	
		- งานไม่เสร็จตามกำหนดเวลา	●	
		- ขาดความเข้าใจในคำสั่งการ	●	
		- ขาดงานโดยไม่มีสาเหตุ	●	
		- ปริมาณแรงงานไม่เพียงพอ	●	
1.2	ผู้รับจ้างช่วง	- ขาดสภาพคล่อง	●	
		- ขาดทักษะและประสบการณ์	●	
		- งานไม่เสร็จตามกำหนดเวลา	●	
		- ได้ผลิตภาพในปริมาณต่ำ	●	
		- คุณภาพของงานไม่ได้ตามที่ต้องการ	●	
		- การควบคุมสั่งการผู้รับจ้างช่วง ทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร	●	
		- รับงานหลายโครงการในคราวเดียวกัน	●	
1.3	สต๊าฟ / โฟร์แมน	- ขาดความรับผิดชอบในงาน	●	
		- ขาดงานโดยไม่มีสาเหตุ	●	
		- ขาดทักษะและประสบการณ์	●	
1.4	วิศวกร	- ขาดความรับผิดชอบในงาน	●	
		- ขาดทักษะและประสบการณ์	●	
		- รับผิดชอบหลายโครงการในคราวเดียวกัน	●	
		- เปลี่ยนตัววิศวกรผู้ควบคุมงานบ่อยครั้ง	●	
1.5	ผู้จัดการ / เจ้าของบริษัท	- ขาดทักษะในการบริหาร	●	
		- ขาดประสบการณ์ในงานก่อสร้างอุโมงค์		●
		- ขาดความเข้าใจในเงื่อนไขสัญญา	●	
		- ขาดความสามารถในการแสวงหาแหล่งเงินทุน	●	

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

ลำดับที่	ประเภทของปัจจัยเสี่ยง	ปัจจัยเสี่ยง	วิธีสืบค้นปัจจัย	
			งานวิจัยและเอกสาร	ภาคสนาม
1.5	ผู้จัดการ / เจ้าของบริษัท	- ขาดความสามารถในการต่อรองจากเจ้าของเงิน	●	
		- เงินทุนไม่เหมาะสมกับขนาดของโครงการ	●	
2.	ด้านวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้างและเครื่องจักรกลหนัก			
2.2	วัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง	- ปัญหาราคาวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างสูงขึ้นกว่าที่ประมาณการไว้ ในใบเสนอราคา	●	
		- ปัญหาการขาดแคลนวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้าง	●	
		- การขนส่งวัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างล่าช้า	●	
		- วัสดุ อุปกรณ์ก่อสร้างมีคุณภาพต่ำ	●	
		- วัสดุก่อสร้างเสียหายระหว่างการกักเก็บ	●	
		- วัสดุก่อสร้างเสียหายระหว่างการขนส่ง	●	
2.3	เครื่องจักรกล	- เครื่องจักรกลให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำ	●	
		- เครื่องจักรกลชำรุดบ่อย	●	
		- เครื่องจักรกลมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการใช้งาน	●	
		- เครื่องจักรกลใช้เวลาซ่อมแซมนาน เนื่องจากรอการจัดซื้ออะไหล่มาเปลี่ยน		●
		- ปัญหาการไม่มีเครื่องจักรกลที่ผลิตภายในประเทศ ซึ่งยังต้องอาศัยการนำเข้า		●
3.	การปฏิบัติงาน	- ปัญหาในการควบคุมคุณภาพ	●	
		- ปัญหาเนื่องจากการวางแผนงานก่อสร้างไม่เหมาะสม	●	
		- ปัญหาจากการประสานงานในองค์กร	●	
4.	ด้านความปลอดภัย และอุบัติเหตุ (Safety and Accident)	- การเกิดอุบัติเหตุรุนแรงขณะก่อสร้าง	●	●
		- การละเลยการติดตั้งเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์เตือน บริเวณเขตอันตราย	●	●
		- ขาดการตรวจตราเรื่องความปลอดภัยและจัดอบรมพนักงาน	●	●

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

ลำดับที่	ประเภทของปัจจัยเสี่ยง	ปัจจัยเสี่ยง	วิธีสืบค้นปัจจัย	
			งานวิจัยในอดีต	ภาคสนาม
5.	ด้านผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง	- การก่อสร้างก่อปัญหาเหตุเดือดร้อนรำคาญต่อชุมชนใกล้เคียง	●	●
		- ปัญหาจากการก่อมลพิษต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม	●	
		- การปฏิบัติตามข้อบังคับสำหรับการกำจัดของเสียอย่างถูกวิธี ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายสูง	●	
	<u>ปัจจัยที่เกิดจากภายนอกองค์กร</u> / ควบคุมไม่ได้			
6.	ด้านฝ่ายผู้ว่าจ้างและแหล่งเงินทุน			
6.1	ผู้ว่าจ้าง / ผู้ควบคุมงาน / ตัวแทนของผู้ว่าจ้าง /บริษัทที่ปรึกษา	- ขาดความเข้าใจในหน้าที่ และบทบาทของตนเอง	●	
		- ขาดทักษะและประสบการณ์	●	
		- ปัญหาจากความล่าช้าในการอนุมัติวัสดุ และแบบก่อสร้าง	●	●
		- ปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงงาน	●	
		- ปัญหาการติดต่อประสานงานกันระหว่างองค์กร	●	
		- ปัญหาทุจริตคอรัปชั่น	●	
		- ปัญหาการเบิกเงินค่างวดงานให้แก่ผู้รับจ้างล่าช้า	●	
6.2	ผู้ให้กู้ยืมเงิน / แหล่งเงินทุน / สถาบันการเงิน	- ปัญหาการจ่ายเงินล่าช้า	●	
		- ปัญหาจากภาวะเศรษฐกิจผันผวน เป็นเหตุให้เงื่อนไขในการกู้ยืม ต้องการหลักประกันเพิ่มมากขึ้น	●	
7.	ด้านพื้นที่ก่อสร้าง	- ปัญหาทางเข้า – ออกคับแคบ		●
		- ปัญหาพื้นที่ก่อสร้างใกล้ชิดกับชุมชนข้างเคียง		●
		- ปัญหาเรื่องการจราจร		●

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ปัจจัยเสี่ยงด้านบริหารจัดการในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน

ลำดับที่	ประเภทของปัจจัยเสี่ยง	ปัจจัยเสี่ยง	วิธีสืบค้นปัจจัย	
			งานวิจัยในอดีต	ภาคสนาม
7.	พื้นที่ก่อสร้าง (ต่อ)	- ปัญหาจากกฎหมายท้องถิ่น เช่น ห้ามการทำงานในเวลากลางคืน หรือการไม่อนุญาตให้รถบรรทุกวิ่งในชั่วโมงเร่งด่วน		●
		- ปัญหาการขุดพบสิ่งไม่พึงประสงค์ เช่น เสาเข็มสะพาน, โบราณสถาน, โบราณวัตถุ หรือวัตถุเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง, ก๊าซธรรมชาติ		●
8.	ด้านส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง	- มีการเปลี่ยนแปลงนโยบาย กฎ และข้อบังคับต่างๆ อย่างกะทันหัน	●	
		- ความล่าช้าจากการขออนุญาต-อนุมัติ จากส่วนราชการ	●	
		- ปัญหาจากการชะลอโครงการ เนื่องจากการปรับเปลี่ยนผู้บริหาร	●	
		- ปัญหาการทุจริต	●	
9.	ด้านเศรษฐศาสตร์มหภาค	- ปัญหาจากภาวะเงินเฟ้อ	●	
		- ปัญหาจากอัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา	●	
		- ปัญหาจากอัตราดอกเบี้ย	●	
		- ปัญหาจากอัตราค่าแรงสูงเกินกว่าที่ประมาณการไว้	●	

5.4 การกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยง

หมายถึง การกำหนดเกณฑ์ระดับความเสี่ยงเพื่อใช้เป็นหลักในการสร้างมาตรวัดสำหรับใช้ในการประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง รวมถึงใช้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินนั้น ทั้งนี้ในการกำหนดเกณฑ์ระดับความเสี่ยงนี้ อาจขึ้นอยู่กับผู้ที่มีหน้าที่ตัดสินใจ ว่าจะกำหนดเป็นกี่ระดับ อาทิเช่น 3 ระดับ 4 ระดับ หรือ 5 ระดับ เป็นต้น แต่สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการกำหนดเกณฑ์ดังกล่าว ออกเป็น 4 ระดับความเสี่ยง ดังนี้

- ความเสี่ยงเล็กน้อย

- ความเสี่ยงปานกลาง
- ความเสี่ยงสูง
- ความเสี่ยงสูงมาก

สำหรับเหตุผลที่กำหนดเป็น 4 ระดับเพราะ เพื่อความสะดวกในการสร้างมาตรวัด รวมถึงผู้ประเมินเองสามารถแยกแยะความเสี่ยงแต่ละระดับได้ชัดเจน

5.5 ประเภทของการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง ในโครงการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดิน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน อันได้แก่ การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงและการประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

5.5.1 การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง

มีวัตถุประสงค์เพื่อหาลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงจากแต่ละด้านทั้งจากด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ ซึ่งลำดับความสำคัญจะพิจารณาจากค่าคะแนนความเสี่ยง ซึ่งคำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จากวิธีวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นกับค่าระดับความเสี่ยงที่ได้จากแบบสอบถามของแต่ละปัจจัยที่พิจารณา โดยการหาค่าลำดับความสำคัญดังกล่าวนี้ จะทำให้ทราบถึงปัจจัยเสี่ยงที่มีนัยสำคัญหรือมีอิทธิพลต่อโครงการ

1) การสร้างเครื่องมือวัดสำหรับใช้ในการประเมิน

การสร้างเครื่องมือวัด (แบบสอบถาม) สำหรับใช้ประเมินหาค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าระดับความเสี่ยง จากทั้ง 2 ด้าน (ด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก และ ข ตามลำดับ) โดยจะทำการสร้างแบบสอบถามสำหรับใช้ประเมินเพื่อให้ได้ค่าดังกล่าว ดังนี้

ค่าถ่วงน้ำหนัก

การประเมินหาค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยเสี่ยง ได้ประยุกต์ใช้วิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process - AHP) (วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542) โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคือ "ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ หรือมีอิทธิพลต่อการทำงานและคุณภาพของงานขุดเจาะอุโมงค์ ความปลอดภัย การเพิ่มขึ้นของต้นทุนก่อสร้างและความล่าช้า" ซึ่งได้ใช้วิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นดังกล่าวนี้ มาประเมินหาค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยง

ค่าระดับความเสี่ยง

การประเมินระดับความเสี่ยงทั้งด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ จะแบ่งความเสี่ยงออกเป็น 4 ระดับ ตามเกณฑ์ระดับความเสี่ยงที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น (ดังรายละเอียดในหัวข้อ 5.3) และใช้ตัวเลขแทนระดับความเสี่ยง ดังนี้

1	แทนระดับ	ความเสี่ยงเล็กน้อย
2	"	ความเสี่ยงปานกลาง
3	"	ความเสี่ยงสูง
4	"	ความเสี่ยงสูงมาก

<u>การประเมินหาค่าระดับความเสี่ยงด้านเทคนิค</u>

ในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการประเมินหาค่าระดับความเสี่ยง โดยแบ่งออกเป็น 3 มิติด้าน อันได้แก่

1. มิติด้านโอกาสของการเกิด ; ประเมินจากความถี่หรือโอกาสในการเกิด สำหรับแต่ละปัจจัยที่พิจารณา

2. มิติด้านผลกระทบจากการเกิด ; ประเมินโดยสมมติให้ปัจจัยที่พิจารณาได้เกิดขึ้นจริง (ไม่คำนึงว่าโอกาสการเกิดจะมากหรือน้อย) และส่งผลกระทบอย่างไรต่อ

2.1 อัตราการขุดเจาะ

2.2 ต้นทุนก่อสร้าง

3. ด้านระยะเวลาสำหรับการรอคอยหรือการแก้ไขสถานการณ์ ; ประเมินโดยสมมติให้ปัจจัยที่พิจารณาได้เกิดขึ้นจริงเช่นเดียวกัน (ไม่คำนึงว่าโอกาสการเกิดจะมากหรือน้อย) ซึ่งอาจต้องเสียเวลาสำหรับรอคอย หรือใช้เวลาสำหรับการแก้ไขสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยนั้น มากน้อยเพียงใด

สำหรับเหตุผลที่พิจารณาแบ่งออกเป็น 3 มิติด้านนั้น เนื่องจาก ปัจจัยเสี่ยงทางด้านเทคนิคได้ระบุไว้ละเอียดถึงระดับกิจกรรม (Activity Level) จึงสามารถประเมินในลักษณะที่เป็นรูปธรรมได้

งานวิจัยนี้ ได้พัฒนามาตรวัดสำหรับใช้ประเมินความเสี่ยงด้านเทคนิค ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 มิติด้านดังกล่าว ดังแสดงในตารางที่ 5.5 โดยได้ดัดแปลงจาก Edwards and Bowen (2005) และสัมภาษณ์วิศวกรอุโมงค์ โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา

ตารางที่ 5.5 มาตรวัดสำหรับการประเมินปัจจัยเสี่ยงด้านเทคนิค

โอกาสของการเกิด (Likelihood of Occurrence)	
ระดับ	**ความหมาย**
1	แทบไม่เคยเกิดขึ้น หรืออาจไม่เกิดขึ้นเลย ตลอดระยะเวลาของโครงการ
2	เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว พบไม่บ่อยนัก หรือเกิดขึ้น 2-3 ครั้งในรอบเดือน
3	เกิดขึ้น 2-3 ครั้ง ในรอบสัปดาห์
4	เกิดขึ้นเป็นประจำ พบได้เกือบทุกๆวัน ในรอบสัปดาห์

ผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะ (Impact to Advance Rate)	
ระดับ	**ความหมาย**
1	แทบไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะเลย
2	ส่งผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะน้อย / หรือทำให้อัตราการขุดเจาะลดลงน้อยกว่าร้อยละ 30
3	ส่งผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะมาก / หรือทำให้อัตราการขุดเจาะลดลงร้อยละ 31-60
4	ส่งผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะมากที่สุด / หรือทำให้อัตราการขุดเจาะลดลงเกินกว่าร้อยละ 60

ผลกระทบต่อต้นทุนก่อสร้าง (Impact to Construction Cost)	
ระดับ	**ความหมาย**
1	ไม่มีค่าเสียหาย
2	มีค่าเสียหายน้อย คือต่ำกว่าร้อยละ 0.005 ของมูลค่าโครงการ /หรือไม่เกิน 100,000 บาท
3	มีค่าเสียหายปานกลาง คือประมาณร้อยละ 0.005 – 0.05 ของมูลค่าโครงการ / หรือมากกว่า 100,000 บาท แต่ไม่เกิน 1,000,000 บาท
4	มีค่าเสียหายสูงกว่าร้อยละ 0.05 ของมูลค่าโครงการ /หรือมากกว่า 1,000,000 บาทขึ้นไป

ระยะเวลาสำหรับการรอคอยหรือแก้ไข (Duration for Waiting or Rectification)	
ระดับ	**ความหมาย**
1	ไม่เกิน 1-2 ชั่วโมง
2	ไม่เกิน 1 สัปดาห์
3	ไม่เกิน 1 เดือน (ต้องหยุดการก่อสร้างในบางส่วน)
4	ไม่น้อยกว่า 1 เดือน (ต้องหยุดการก่อสร้างในบางส่วน หรือทั้งหมด)

ซึ่งเป็นโครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (ดังกล่าวต่อไปในบทที่ 6) ดังนั้นการนำตารางที่ 5.5 ดังกล่าวไปใช้ ควรคำนึงถึงเงื่อนไขหรือองค์ประกอบต่างๆของโครงการที่จะทำการประเมินในครั้งนั้นๆด้วย

การประเมินหาค่าระดับความเสี่ยงด้านบริหารจัดการ

การประเมินในส่วนนี้มีลักษณะที่แตกต่างไปจากด้านเทคนิค กล่าวคือ การประเมินหาค่าระดับความเสี่ยงในด้านบริหารจัดการไม่สามารถแบ่งออกเป็นมิติด้าน เหมือนเช่นด้านเทคนิคได้ เนื่องจากปัจจัยเสี่ยงสำหรับด้านบริหารจัดการส่วนใหญ่ มีลักษณะเป็นนามธรรม อาทิเช่น ด้านความสามารถของบุคคล ด้านทักษะหรือประสบการณ์ เป็นต้น ดังนั้นหากพิจารณาในเชิงความถี่ของการเกิดในแต่ละปัจจัยที่เป็นนามธรรมเหล่านั้น จึงอาจเป็นความยากลำบากที่ผู้ทำการประเมินจะประเมินให้ถูกต้องได้ อีกทั้งในมิติด้านอื่นๆ ก็ประเมินได้ยากเช่นเดียวกัน สำหรับแบบสอบถามสำหรับประเมินหาค่าระดับความเสี่ยงด้านบริหารจัดการนี้ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข โดยผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามจากการได้สัมภาษณ์วิศวกรอุโมงค์ โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำจากบึงมักกะสันลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นหากจะนำแบบสอบถามในส่วนที่เป็นการประเมินหาค่าระดับความเสี่ยงสำหรับด้านบริหารจัดการดังกล่าวไปใช้ ควรคำนึงถึงเงื่อนไขหรือองค์ประกอบต่างๆของโครงการที่จะทำการประเมินในครั้งนั้นๆด้วย

2) การคำนวณคะแนนความเสี่ยง

ในการคำนวณหาคะแนนความเสี่ยง เริ่มจากการคำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยเสี่ยง การคำนวณหาค่าระดับความเสี่ยงกลาง (ค่าที่เป็นตัวแทนของกรณีศึกษา) จากนั้นจึงนำทั้ง 2 ส่วนมาคำนวณหาคะแนนความเสี่ยงของกรณีศึกษาต่อไป ซึ่งรายละเอียดในแต่ละส่วน มีดังนี้

การคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก

ขั้นตอนนี้จะเริ่มการคำนวณจากค่าระดับคะแนน ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์ไว้ ดังแสดงในตารางที่ 5.6 โดยผู้ตอบแบบสอบถามจะพิจารณาและกรอกค่าระดับคะแนนตามที่กำหนด สำหรับตารางที่ 5.7 แสดงตัวอย่างการกรอกค่าระดับคะแนนสำหรับกลุ่มปัจจัยหลัก จากชุดแบบสอบถามด้านเทคนิค ซึ่งใช้วิธีในการประเมินโดยวินิจฉัยเปรียบเทียบปัจจัยเป็นคู่ๆ (ปัจจัยแนวนอนเปรียบเทียบกับปัจจัยในแนวดิ่ง) ว่าปัจจัยด้านใดมีอิทธิพลหรือส่งผลมากกว่ากันและมากกว่ากันในระดับเท่าใด กล่าวคือ ในการประเมินจะยึดปัจจัยที่อยู่ในแนวนอนเป็นหลัก

โดยถ้าเปรียบเทียบได้ว่าปัจจัยในแนวนอน ส่งผลหรือมีอิทธิพลเหนือกว่าปัจจัยในแนวดิ่ง ให้ใส่เครื่องหมายบวกแล้วตามด้วยตัวเลขระดับคะแนน ในทางกลับกันถ้าเปรียบเทียบได้ว่าปัจจัยในแนวนอน ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่ำกว่าปัจจัยในแนวดิ่ง ให้ใส่เครื่องหมายลบ แล้วตามด้วยตัวเลขระดับคะแนน กรณีส่งผลในระดับเท่าๆกัน ให้ใส่เฉพาะตัวเลข "1" เพียงเท่านั้น และจะประเมินเฉพาะส่วนที่อยู่เหนือเส้นทแยงมุม

ตารางที่ 5.6 ระดับคะแนนสำหรับใช้ประเมินหาค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยง

ระดับคะแนน	ความหมาย
1	ส่งผล หรือมีอิทธิพลเท่ากัน
2	ส่งผล หรือมีอิทธิพลเหนือกว่าปานกลาง
3	ส่งผล หรือมีอิทธิพลเหนือกว่าค่อนข้างมาก
4	ส่งผล หรือมีอิทธิพลเหนือกว่ามากอย่างชัดเจน
5	ส่งผล หรือมีอิทธิพลเหนือกว่าสูงสุด

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบระดับคะแนนสำหรับกลุ่มปัจจัยหลักด้านเทคนิค

	กลุ่มปัจจัยหลักด้านเทคนิค	1	2	3	4	5
		ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	ด้านสภาพภูมิอากาศ และภัยธรรมชาติ	ด้านกระบวนการขุดเจาะ (EPB Process)	ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft)	ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด
1	ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	x	+4	+2	+2	+2
2	ด้านสภาพภูมิอากาศ และภัยธรรมชาติ	x	x	1	+2	1
3	ด้านกระบวนการขุดเจาะ (EPB Process)	x	x	x	-2	-2
4	ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft)	x	x	x	x	+2
5	ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด	x	x	x	x	x

จากตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบระดับคะแนนสำหรับกลุ่มปัจจัยหลักด้านเทคนิค โดยนำกลุ่มปัจจัยหลักด้านเทคนิคทั้ง 5 กลุ่มมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งสามารถอธิบายการกรอกค่าระดับคะแนนในบางส่วน ดังนี้

- ปัจจัยด้านสภาพทางธรณีวิทยา (แนวนอน) เมื่อเทียบกับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ (แนวดิ่ง) มีระดับคะแนนเท่ากับ "+4" หมายถึง **ปัจจัยด้านสภาพทางธรณีวิทยา ส่งผลหรือมีอิทธิพลเหนือกว่า ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ ในระดับมากอย่างชัดเจน** ในแง่ของการส่งผลต่อการทำงานและคุณภาพของงานอุโมงค์ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนก่อสร้างและความล่าช้า

- ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ (แนวนอน) เมื่อเทียบกับปัจจัยด้านกระบวนการขุดเจาะ (แนวดิ่ง) มีระดับคะแนนเท่ากับ "1" หมายถึง **ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติ ส่งผลหรือมีอิทธิพลเท่า ๆกันกับปัจจัยปัจจัยด้านกระบวนการขุดเจาะ** ในแง่ของการส่งผลต่อการทำงานและคุณภาพของงานอุโมงค์ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนก่อสร้างและความล่าช้า

- ปัจจัยด้านกระบวนการขุดเจาะ (แนวนอน) เมื่อเทียบกับปัจจัยด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (แนวดิ่ง) มีระดับคะแนนเท่ากับ "-2" หมายถึง **ปัจจัยด้านกระบวนการขุดเจาะ ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่ำกว่า ปัจจัยปัจจัยด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ในระดับปานกลาง** ในแง่ของการส่งผลต่อการทำงานและคุณภาพของงานอุโมงค์ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนก่อสร้างและความล่าช้า เป็นต้น

ตามที่ได้นำเสนอวิธีที่ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำการประเมินโดยให้ใส่เครื่องหมายบวกและลบ แล้วจึงตามด้วยตัวเลขระดับคะแนน ดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น ซึ่งในอันที่จริงตามวิธีของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP) กรณีที่เปรียบเทียบได้ว่าปัจจัยในแนวนอน ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่ำกว่าปัจจัยในแนวดิ่ง **จะกำหนดให้ใส่ค่าส่วนกลับของระดับคะแนนที่ประเมินได้** อาทิเช่น ปัจจัยด้านกระบวนการขุดเจาะ (แนวนอน) เมื่อเทียบกับปัจจัยด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (แนวดิ่ง) มีระดับคะแนนเท่ากับ "-2" (จากตารางที่ 5.7) ซึ่งหมายถึง ปัจจัยด้านกระบวนการขุดเจาะ ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่ำกว่าปัจจัยปัจจัยด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ในระดับปานกลาง ดังนั้นระดับคะแนน "-2" จึงถูกแปลงค่าเป็น "1/2" ตามวิธีของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น ดังนั้นจากตารางที่ 5.7 สามารถแปลงค่าระดับคะแนนในกรณีที่มีเครื่องหมายลบได้ดังตารางที่ 5.8

ขั้นตอนต่อไป ทำการแปลงค่าระดับคะแนนในส่วนที่เป็นค่า "x" (สาเหตุที่ใส่ค่า "x" ไว้ในแบบสอบถาม เพื่อลดจำนวนการกรอกค่าคะแนนต่อหนึ่งตารางให้น้อยลง เนื่องจากมีส่วนที่ต้องการให้กรอกค่าคะแนนอยู่พอสมควร) ให้เป็นค่าระดับคะแนนทั้งหมด โดยเริ่มจากค่าตามแนวเส้นทแยงมุมให้มีค่าเท่ากับ "1" เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบกับตัวเอง ส่วนค่าที่อยู่ใต้เส้นทแยงมุมจะเรียกว่า ค่าต่างตอบแทน ซึ่งจะเป็นค่าส่วนกลับของค่าที่อยู่เหนือเส้นทแยงมุม ดังนั้นจากตารางที่ 5.8 จึงสามารถแปลงเป็นค่าระดับคะแนนได้ทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.8 การแปลงค่าระดับคะแนนในกรณีที่ประเมินแล้วมีเครื่องหมายติดลบ

กลุ่มปัจจัยหลักด้านเทคนิค		1	2	3	4	5
		ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	ด้านสภาพภูมิอากาศ และภัยธรรมชาติ	ด้านกระบวนการขุดเจาะ (EPB Process)	ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft)	ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด
1	ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	x	+4	+2	+2	+2
2	ด้านสภาพภูมิอากาศ และภัยธรรมชาติ	x	x	1	+2	1
3	ด้านกระบวนการขุดเจาะ (EPB Process)	x	x	x	1/2	1/2
4	ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft)	x	x	x	x	+2
5	ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด	x	x	x	x	x

ตารางที่ 5.9 การแปลงค่าระดับคะแนนตามวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น

กลุ่มปัจจัยหลักด้านเทคนิค		1	2	3	4	5
		ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	ด้านสภาพภูมิอากาศ และภัยธรรมชาติ	ด้านกระบวนการขุดเจาะ (EPB Process)	ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft)	ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด
1	ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	1	4	2	2	2
2	ด้านสภาพภูมิอากาศ และภัยธรรมชาติ	1/4	1	1	2	1
3	ด้านกระบวนการขุดเจาะ (EPB Process)	1/2	1	1	1/2	1/2
4	ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft)	1/2	1/2	2	1	2
5	ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด	1/2	1	2	1/2	1

จากตารางที่ 5.9 ได้แสดงการแปลงค่าการกรอกระดับคะแนน ไปเป็นค่าต่างตอบแทน และค่าตามแนวเส้นแทยงมุมตามวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจะเริ่มแสดงวิธีการคำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 5.10 เป็นขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 5.10 วิธีการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก

	กลุ่มปัจจัยหลักด้านเทคนิค	1 ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	2 ด้านสภาพภูมิอากาศ และภัยธรรมชาติ	3 ด้านกระบวนการขุดเจาะ (EPB Process)	4 ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft)	5 ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1	ด้านสภาพทางธรณีวิทยา	1	4	2	2	2	**0.358**
2	ด้านสภาพภูมิอากาศ และภัยธรรมชาติ	1/4	1	1	2	1	**0.167**
3	ด้านกระบวนการขุดเจาะ (EPB Process)	1/2	1	1	1/2	1/2	**0.120**
4	ด้านการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft)	1/2	1/2	2	1	2	**0.195**
5	ด้านแบบก่อสร้างและข้อกำหนด	1/2	1	2	1/2	1	**0.160**
	ผลรวมในคอลัมน์	2 3/4	7 1/2	8	6	6 1/2	
	นำผลรวมกลับไปหารแต่ละค่าในคอลัมน์	4/11	8/15	1/4	1/3	4/13	
		1/11	2/15	1/8	1/3	2/13	
		2/11	2/15	1/8	1/12	1/13	
		2/11	1/15	1/4	1/6	4/13	
		2/11	2/15	1/4	1/12	2/13	

จากตารางที่ 5.10 แสดงวิธีการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับปัจจัยด้านสภาพทางธรณีวิทยา ดังนี้

1) หาผลรวมของตัวเลขในแต่ละคอลัมน์; 1 + ¼ + ½ + ½ + ½ = 2 ¾ (คอลัมน์ที่ 1)

2) นำแต่ละค่าภายในคอลัมน์ หารด้วยผลรวมของคอลัมน์นั้นๆ;

1 / (2 ¾) = 4/11 (คอลัมน์ที่ 1)

4 / (7 ½) = 8/15 (คอลัมน์ที่ 2)

2 / (8) = 1/4 (คอลัมน์ที่ 3)

2 / (6) = 1/3 (คอลัมน์ที่ 4)

2 / (6 ½) = 4/13 (คอลัมน์ที่ 5)

3) หาค่าเฉลี่ยจากแถวนอน ; (4/11+ 8/15+ 1/4+ 1/3+ 4/13)/5 = 0.358

ดังนั้น กลุ่มปัจจัยหลักด้านสาพทางธรณีวิทยา มีค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 0.358 และสำหรับค่าถ่วงน้ำหนักในปัจจัยที่เหลือ สามารถคำนวณได้ในทำนองเดียวกัน

การคำนวณหาค่าระดับความเสี่ยงกลาง (ค่าที่เป็นตัวแทนของโครงการกรณีศึกษา)

ค่าระดับความเสี่ยงกลางจะถูกคำนวณด้วยวิธีฐานนิยม เพราะทำให้ได้ค่าที่เป็นความคิดเห็นของคนส่วนใหญ่ของกรณีศึกษานั้นๆ ส่วนกรณีที่ค่าระดับความเสี่ยงกลางที่ได้จากวิธีฐานนิยมมีมากกว่า 1 ค่า ให้เลือกใช้ค่าที่มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อให้ผลการประเมินออกมาทางด้านความเสี่ยงมากไว้ก่อน ซึ่งจะส่งผลในด้านบวกต่อโครงการ ในการที่จะหามาตรการเพื่อลดผลกระทบจากปัจจัยเสี่ยงนั้น โดยจะช่วยลดความผิดพลาดจากการประเมินที่ต่ำกว่าความเป็นจริงลงได้

หลักจากที่ได้ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยเสี่ยงทั้งหมดจากด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ รวมถึงค่าระดับความเสี่ยงกลาง (ค่าที่เป็นตัวแทนของโครงการกรณีศึกษา) เรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปจะคำนวณหาค่าคะแนนความเสี่ยงของโครงการกรณีศึกษา โดยได้คำนวณจากผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักกับค่าระดับความเสี่ยงในแต่ละด้านที่พิจารณา ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี Additive approach (Koller, 2005) สำหรับคำนวณหาประโยชน์ (Utility) สูงสุด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทฤษฎีอรรถประโยชน์ ในกรณีที่ประโยชน์ (Utility) แต่ละอันไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยผู้วิจัยได้เลือกทฤษฎีดังกล่าวนี้มาใช้ เนื่องจากว่าต้องการคำนวณหาความเสี่ยงสูงสุด ซึ่งมีวัตถุประสงค์อย่างเดียวกัน โดยให้แต่ละอรรถประโยชน์ ($U(X_i)$)แทนด้วย แต่ละมิติด้านของความเสี่ยง แสดงได้ดังสมการ (1)

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

เมื่อ $U(X_i)$ แทน ระดับความเสี่ยงสำหรับด้าน X_i ที่พิจารณา

w_j " ค่าถ่วงน้ำหนักสุดท้ายสำหรับปัจจัยที่ j

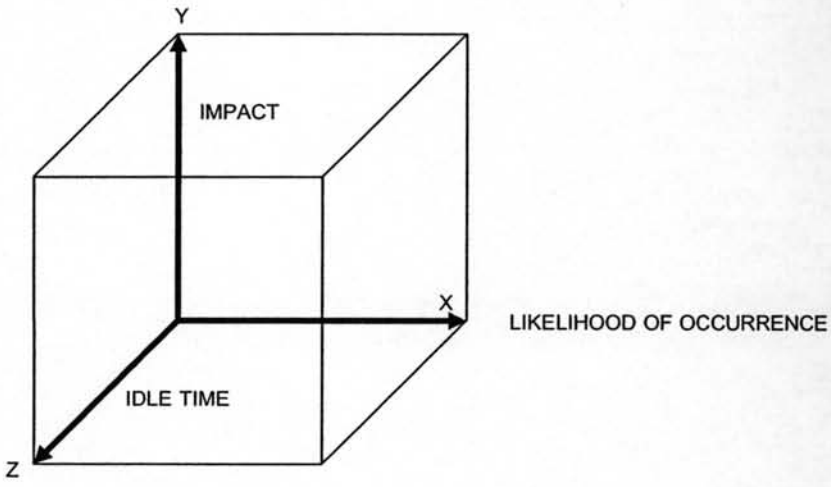
$U(\mathrm{X})$ " คะแนนความเสี่ยงปัจจัยที่ j

X_i	ความหมาย
X_1	มิติด้านโอกาสของการเกิดปัจจัย
X_2	มิติด้านผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะ
X_3	มิติด้านผลกระทบต่อต้นทุนก่อสร้าง
X_4	มิติด้านระยะเวลาสำหรับการรอคอยหรือแก้ไขสถานการณ์เนื่องจากการเกิดปัจจัย

จากทฤษฎี Additive approach จึงสามารถหาค่าลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสี่ยง ทั้งด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการได้ โดยพิจารณาจากคะแนนความเสี่ยงของแต่ละปัจจัยที่คำนวณได้เหล่านี้ ซึ่งเมื่อได้หาค่าลำดับความสำคัญของทุกปัจจัยทั้งหมดแล้ว ปัจจัยใดมีค่าลำดับความสำคัญน้อยมาก (คิดเป็นร้อยละของค่าผลรวม) อาจไม่นำมาพิจารณา โดยควรคำนึงถึงถึงเงื่อนไข ข้อจำกัด รวมถึงองค์ประกอบต่างๆของโครงการที่จะทำการประเมินในครั้งนั้นๆ

5.5.2 การประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง

ในหัวข้อที่แล้วได้แสดงการประเมินเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง โดยพิจารณาจากคะแนนความเสี่ยงเป็นสำคัญ มาในหัวข้อต่อไปนี้เป็นการประเมินหาระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง ซึ่งใช้ค่าระดับความเสี่ยงกลางมาพิจารณา โดยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินเพื่อจัดจำแนกปัจจัยเสี่ยงตามความรุนแรง โดยพิจารณาทั้งด้านโอกาสของการเกิดผลกระทบจากการเกิด และด้านระยะเวลาสำหรับแก้ไขสถานการณ์ไปพร้อมๆกัน ซึ่งได้จำแนกความรุนแรงออกเป็น 5 กลุ่ม อันได้แก่ ความรุนแรงระดับขั้นต่ำ ระดับขั้นปานกลาง ระดับขั้นสูง ระดับขั้นร้ายแรง และกรณีพิเศษ โดยได้นำแนวคิดความเสี่ยง 3 มิติ (Edwards and Bowen, 2005) มาใช้วิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แนวคิดความเสี่ยง 3 มิติ (ดัดแปลงจาก Edwards and Bowen, 2005)

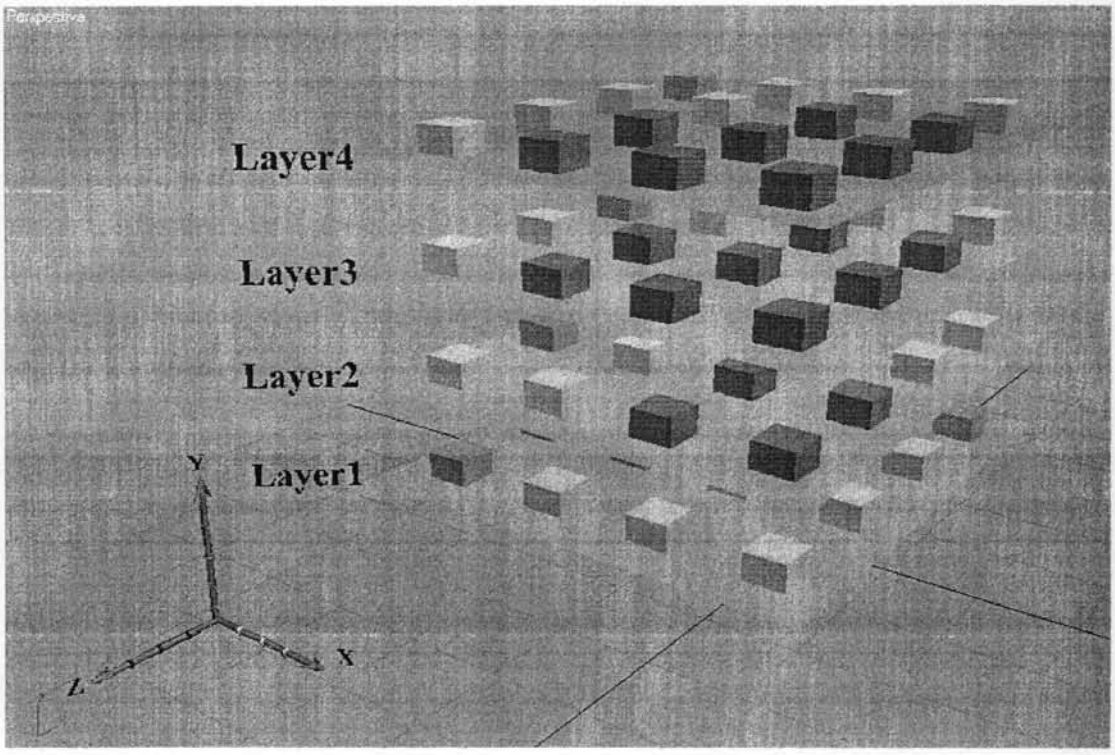
จากรูปที่ 5.4 แสดงแนวคิดความเสี่ยง 3 มิติ โดยให้แกนในแนวนอน (แกน X) แทนด้วยความเป็นไปได้ที่จะเกิดปัจจัยเสี่ยง (Likelihood of Occurrence) ซึ่งถือเป็นตัวแปรอิสระ ลำดับต่อมาคือแกนในแนวดิ่ง (แกน Y) แทนด้วยผลกระทบเนื่องจากการเกิดปัจจัยเสี่ยง (Impact) ซึ่งจะส่งผลกระทบได้ก็ต่อเมื่อปัจจัยเสี่ยงนั้นได้เกิดขึ้นแล้ว จึงถือเป็นตัวแปรตาม และลำดับสุดท้ายคือ

แกนในมิติ (แกน Z) แทนด้วยระยะเวลาสำหรับรอคอยหรือแก้ไขสถานการณ์อันเนื่องมาจากการเกิดปัจจัย (Idle time) ซึ่งถือเป็นตัวแปรตามด้วยเช่นเดียวกัน

การวิเคราะห์ตามแนวคิดความเสี่ยง 3 มิตินี้ จะพิจารณาในลักษณะค่าพิกัด ดังนี้

(X, Y, Z) = (LIKELIHOOD OF OCCURRENCE, IMPACT, IDLE TIME)

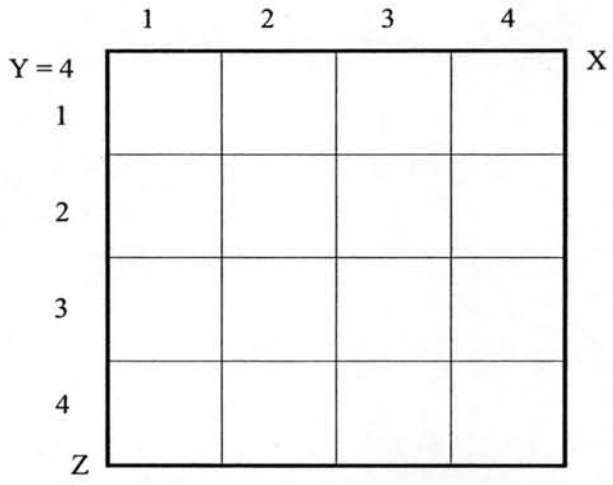
โดยที่แกน Y จะแบ่งออกเป็น Y_1 (ผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะ) และ Y_2 (ผลกระทบต่อต้นทุนก่อสร้าง) ซึ่งจากรูปที่ 5.4 สามารถประยุกต์เป็นแบบจำลองความเสี่ยง 3 มิติ ได้ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แบบจำลองความเสี่ยง 3 มิติ

จากรูปที่ 5.5 แสดงแบบจำลองความเสี่ยง 3 มิติ เพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งสามารถที่จะพิจาณาในลักษณะระนาบหรือ 2 มิติได้ โดยแยกพิจารณาทีละระนาบหรือชั้น (Layer) ดังแสดงในรูปที่ 5.6 ซึ่งแสดงตัวอย่างในระนาบหรือชั้นที่ 4 (Layer 4, Y = 4)

ดังนั้นจากรูปที่ 5.5 จึงสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระนาบ (Layer) ซึ่งในแต่ละระนาบจะมีรูปสี่เหลี่ยมบรรจุอยู่ภายใน จำนวน 16 รูป เมื่อรวมทั้ง 4 ระนาบ จะเท่ากับ 64 รูป โดยที่สี่เหลี่ยมแต่ละรูป จะแทนตำแหน่งค่าพิกัด อาทิเช่น ค่าพิกัด (1,2,3) หมายถึง รูปสี่เหลี่ยมนี้จะอยู่ในระนาบ ที่ 2 (Layer 2, Y = 2) โดยมีค่าแกน X = 1 และค่าแกน Z = 3 เป็นต้น



รูปที่ 5.6 ระนาบหรือชั้นที่ 4 (Layer 4, Y = 4)

การกำหนดเขตระดับความรุนแรง (Zone of Severity Level Pattern)

จากแบบจำลองความเสี่ยง 3 มิติ (รูปที่ 5.5) จะนำไปกำหนดเขตระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง ซึ่งได้จำแนกความรุนแรงออกเป็น 4 กลุ่ม (กลุ่มกรณีพิเศษพิจารณาแยกออกไป) โดยใช้ผลคูณของค่าพิกัดเป็นตัวจำแนกระดับความรุนแรงต่างๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 การจำแนกระดับความรุนแรงตามค่าของผลคูณของค่าพิกัด

ชั้นที่ (Layer No.)	ตำแหน่งพิกัด (X,Y,Z)	ผลคูณของค่าพิกัด (X·Y·Z)	ระดับความรุนแรง
1	1,1,1	1	ต่ำ
	2,1,1	2	ต่ำ
	3,1,1	3	ต่ำ
	4,1,1	4	ต่ำ
	1,1,2	2	ต่ำ
	1,1,3	3	ต่ำ
	1,1,4	4	ต่ำ
	2,1,2	4	ต่ำ
	2,1,3	6	ต่ำ
	3,1,2	6	ต่ำ
	2,1,4	8	ปานกลาง
	4,1,2	8	ปานกลาง
	3,1,3	9	ปานกลาง
	3,1,4	12	ปานกลาง
	4,1,3	12	ปานกลาง
	4,1,4	16	ปานกลาง
2	1,2,1	2	ต่ำ
	2,2,1	4	ต่ำ

ตารางที่ 5.11 (ต่อ) การจำแนกระดับความรุนแรงตามค่าของผลคูณของค่าพิกัด

ชั้นที่ (Layer No.)	ตำแหน่งพิกัด (X,Y,Z)	ผลคูณของค่าพิกัด (X·Y·Z)	ระดับความรุนแรง
2 (ต่อ)	3,2,1	6	ต่ำ
	1,2,2	4	ต่ำ
	1,2,3	6	ต่ำ
	1,2,4	8	ปานกลาง
	2,2,2	8	ปานกลาง
	4,2,1	8	ปานกลาง
	2,2,3	12	ปานกลาง
	3,2,2	12	ปานกลาง
	2,2,4	16	ปานกลาง
	4,2,2	16	ปานกลาง
	3,2,3	18	สูง
	3,2,4	24	สูง
	4,2,3	24	สูง
	4,2,4	32	สูง
3	1,3,1	3	ต่ำ
	1,3,2	6	ต่ำ
	2,3,1	6	ต่ำ
	1,3,3	9	ปานกลาง
	3,3,1	9	ปานกลาง
	1,3,4	12	ปานกลาง
	2,3,2	12	ปานกลาง
	4,3,1	12	ปานกลาง
	2,3,3	18	สูง
	3,3,2	18	สูง
	2,3,4	24	สูง
	4,3,2	24	สูง
	3,3,3	27	สูง
	3,3,4	36	ร้ายแรง
	4,3,3	36	ร้ายแรง
	4,3,4	48	ร้ายแรง
4	1,4,1	4	ต่ำ
	1,4,2	8	ปานกลาง
	2,4,1	8	ปานกลาง
	1,4,3	12	ปานกลาง
	3,4,1	12	ปานกลาง

ตารางที่ 5.11 (ต่อ) การจำแนกระดับความรุนแรงตามค่าของผลคูณของค่าพิกัด

ชั้นที่ (Layer No.)	ตำแหน่งพิกัด (X,Y,Z)	ผลคูณของค่าพิกัด (X·Y·Z)	ระดับความรุนแรง
4 (ต่อ)	1,4,4	16	ปานกลาง
	2,4,2	16	ปานกลาง
	4,4,1	16	ปานกลาง
	2,4,3	24	สูง
	3,4,2	24	สูง
	2,4,4	32	สูง
	4,4,2	32	สูง
	3,4,3	36	ร้ายแรง
	3,4,4	48	ร้ายแรง
	4,4,3	48	ร้ายแรง
	4,4,4	64	ร้ายแรง

จากตารางที่ 5.11 แสดงการจำแนกระดับความรุนแรงตามผลคูณของค่าพิกัด ซึ่งเหตุผลที่ต้องพิจารณาจากค่าผลคูณเป็นเพราะ การนำมาคูณกันเปรียบเหมือนการนำแต่ละค่าของมิติด้านมาวิเคราะห์เป็นทวีคูณ กล่าวคือ ถ้าแต่ละมิติด้านมีค่าน้อย นั่นหมายถึง การวิเคราะห์เป็นทวีคูณจะมีค่าน้อยตามไปด้วย ในทางกลับกัน ถ้าค่าแต่ละมิติด้านมีค่ามาก นั่นหมายถึง การวิเคราะห์เป็นทวีคูณจะมากตามไปด้วย ซึ่งวิธีนี้จะต่างจากการนำแต่ละค่ามาบวกกัน

สำหรับเกณฑ์ในการแบ่งระดับได้พิจารณาจากแต่ละค่าของมิติด้านที่นำมาคูณดังกล่าวแล้วข้างต้น อาทิเช่น จากระดับต่ำเปลี่ยนเป็นระดับปานกลาง ผู้วิจัยได้นำเสนอการเปลี่ยนระดับที่ผลคูณมีค่าอยู่ในช่วง 8 ถึง 16 เนื่องจากแต่ละค่าพิกัด มีค่าที่ขยับเพิ่มมากขึ้นจากค่าพิกัดที่ให้ค่าผลคูณอยู่ในระดับต่ำ ในทำนองเดียวกัน การเปลี่ยนจากระดับปานกลางเข้าสู่ระดับสูง ผู้วิจัยได้นำเสนอที่ผลคูณมีค่าอยู่ในช่วง18 ถึง 32 เนื่องจากแต่ละค่าพิกัด มีค่าที่ขยับเพิ่มมากขึ้นจากค่าพิกัดที่ให้ค่าผลคูณอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนระดับขั้นร้ายแรง มีค่าอยู่ในช่วง 36 ถึง 64

อย่างไรก็ตาม การจำแนกระดับความรุนแรงดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำไปใช้ประเมินกับกรณีศึกษาโครงการนี้เท่านั้น ซึ่งหมายความว่า การนำวิธีการจำแนกตามที่ได้แสดงไปใช้ ควรพิจารณาเป็นกรณีๆไป (Case by Case) โดยขึ้นอยู่กับฝ่ายที่รับผิดชอบหรือผู้มีหน้าที่ตัดสินใจ อีกทั้ง ควรคำนึงถึงเงื่อนไขหรือองค์ประกอบต่างๆของโครงการที่จะทำการประเมินในครั้งนั้นๆด้วย

ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเหมาะสม และจะได้สะท้อนตามความเป็นจริงต่อโครงการที่กำลังทำการประเมิน

ดังนั้น จากตารางที่ 5.11 สามารถแสดงการกำหนดขอบเขตระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยงตามแต่ละระนาบได้ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.7 และ 5.8 เมื่อแกน Y แทนด้วยผลกระทบต่ออัตราการขุดเจาะ (Y_1) และต้นทุนก่อสร้าง (Y_2) ตามลำดับ และเมื่อได้กำหนดเขตความรุนแรงลงในแบบจำลองความเสี่ยง 3 มิติเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปจึงจะเป็นการประเมินเพื่อหาระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง โดยจะใช้วิธีกำหนดตำแหน่ง (Plot) ค่าพิกัดของแต่ละปัจจัยเสี่ยง ลงในเขตความรุนแรง (Zone of Severity) โดยค่าพิกัดที่นำมาใช้กำหนดตำแหน่ง มาจากค่าระดับความเสี่ยงกลาง (ค่าที่เป็นตัวแทนของโครงการกรณีศึกษา) และเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการกำหนดตำแหน่งค่าพิกัด จากจำนวนปัจจัยที่มีจำนวนมาก จึงควรรวมกลุ่มปัจจัยที่มีค่าพิกัดเหมือนกันทั้ง 3 แกน เข้าไว้ด้วยกัน โดยเมื่อทราบถึงระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัยเสี่ยงแล้ว ขั้นตอนต่อไปจึงเป็นการตอบโต้ความเสี่ยง ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

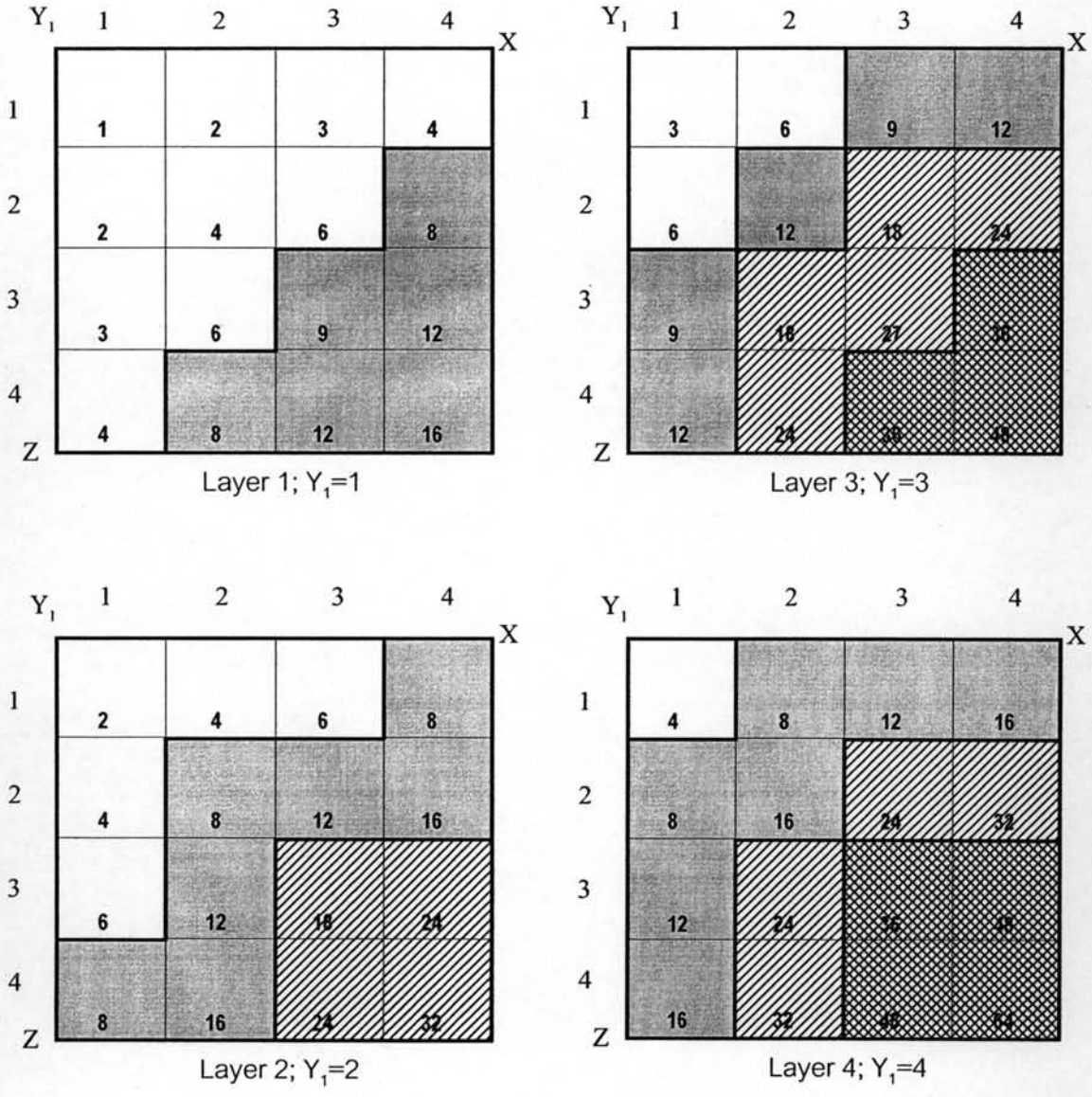
5.6 **การตอบโต้ความเสี่ยง** (Risk Response)

คือ การพิจารณาว่าความเสี่ยงควรจะจัดการได้อย่างไร ซึ่งวิธีการสำหรับตอบโต้ความเสี่ยงอาจแบ่งออกได้เป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

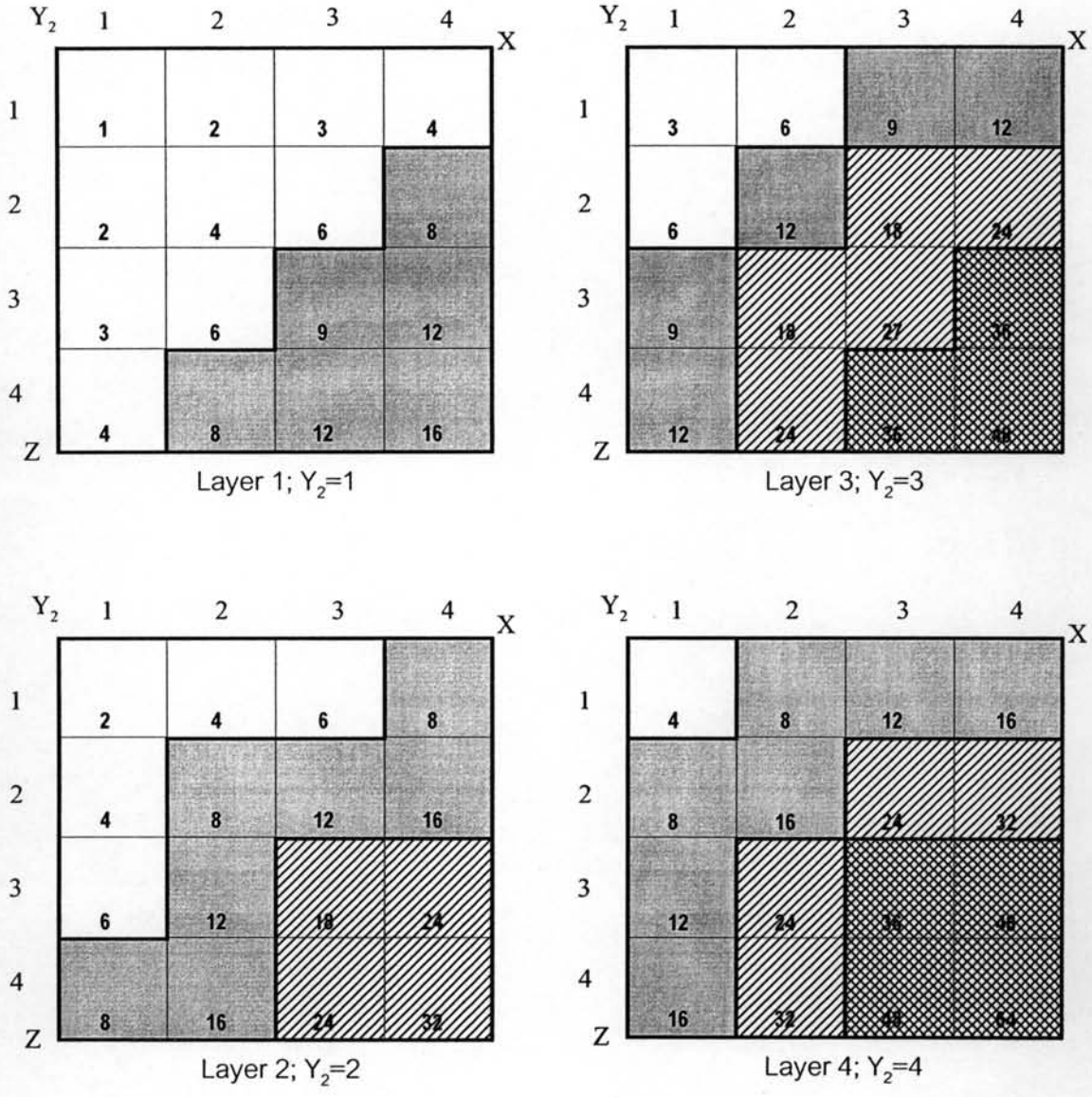
- การหลีกเลี่ยงหรือขจัดความเสี่ยง (Risk Avoidance หรือ Risk Elimination)
- การแบกรับความเสี่ยงเอาไว้เอง (Risk Retention หรือ Risk Absorption)
- การถ่ายโอนความเสี่ยง (Risk Transfer)
- การลดหรือบรรเทาความเสี่ยง (Risk Reduction หรือ Risk Mitigation)

การเลือกวิธีในการตอบโต้ความเสี่ยงสำหรับแต่ละปัจจัยเสี่ยงนั้น ย่อมแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับข้อพิจารณาหลายประการ อาทิเช่น วัตถุประสงค์ของการจัดการความเสี่ยง เจตคติต่อความเสี่ยงของผู้ที่ตัดสินใจ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องสำหรับแต่ละทางเลือก ความสามารถในการจัดการความเสี่ยงของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงนโยบาย กฎ ข้อบังคับและกฎหมาย เป็นต้น

สำหรับการตอบโต้ความเสี่ยงซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์แบบวิธีสมดุลแรงดันดิน ผู้ก่อสร้างจักต้องแบกรับความเสี่ยงเหล่านั้นไว้เอง โดยพิจารณาว่าความเสี่ยงใด ควรถ่ายโอนไปให้ผู้ที่สามารถควบคุมความเสี่ยงได้ดีที่สุดหรือมีความพร้อมในการเผชิญกับความเสี่ยงมากที่สุด



รูปที่ 5.7 การกำหนดขอบเขตความรุนแรง (X, Y_1, Z)



สัญลักษณ์กำหนดเขตความรุนแรง :

ระดับขั้นต่ำ ระดับขั้นปานกลาง

ระดับขั้นสูง ระดับขั้นร้ายแรง

รูปที่ 5.8 การกำหนดขอบเขตความรุนแรง (X, Y_2, Z)

ส่วนในกรณีที่ไม่สามารถถ่ายโอนความเสี่ยงไปที่ใดได้ ผู้ก่อสร้างควรเร่งหามาตการที่จะลดหรือบรรเทาความเสี่ยงเหล่านั้น ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น มาตรการเชิงรุก และมาตรการเชิงรับ

5.7 การนำแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงไปประยุกต์ใช้

จากที่ได้เสนอแนวทางการจัดลำดับความสำคัญและการประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยงในโครงการก่อสร้างอุโมงค์โดยวิธีสมดุลแรงดันดินในข้างต้นแล้ว ในหัวข้อนี้จะได้นำเสนอขั้นตอนปฏิบัติสำหรับการนำแนวทางไปประยุกต์ใช้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ขั้นตอนการนำแนวทางไปประยุกต์ใช้

ขั้นตอน / วิธีการ	คำอธิบาย
1) การกำหนดนโยบายความเสี่ยง	หมายถึง การวางกรอบในการประเมินจัดลำดับความสำคัญ เพื่อกำหนดขอบเขตของความเสี่ยงว่าควรมีขอบเขตอย่างไร รวมถึงขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับการประเมินให้ชัดเจน
2) การบ่งชี้ความเสี่ยง	เมื่อได้กำหนดนโยบายความเสี่ยงแล้ว ลำดับต่อไปจึงทำการบ่งชี้ความเสี่ยง โดยพิจารณาจากขอบเขตของความเสี่ยงที่ได้กำหนดไว้ เพื่อทำการระบุหรือบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อโครงการก่อสร้าง จากนั้นจึงทำการจำแนกปัจจัยเสี่ยง โดยควรจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มหลัก อันได้แก่ ด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ
3) การกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยง	หมายถึง การกำหนดเกณฑ์ระดับความเสี่ยงเพื่อใช้เป็นหลักในการสร้างมาตรวัดสำหรับประเมิน และใช้เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินนั้น ทั้งนี้ในการกำหนดเกณฑ์ระดับความเสี่ยง อาจขึ้นอยู่กับผู้ที่มีหน้าที่ตัดสินใจ ว่าจะกำหนดเป็นกี่ระดับ อาทิเช่น 3 ระดับ 4 ระดับ หรือ 5 ระดับ เป็นต้น

ตารางที่ 5.12 (ต่อ) ขั้นตอนการนำแนวทางการประเมินไปประยุกต์ใช้

ขั้นตอน / วิธีการ	คำอธิบาย
4) กำหนดประเภทของการประเมิน	หมายถึง การแบ่งประเภทของการประเมิน เพื่อนำผลของแต่ละประเภทของการประเมินนั้นไปใช้ประโยชน์ สำหรับงานวิจัยนี้ได้แบ่งการประเมิน ออกเป็น 2 ประเภท อันได้แก่ การประเมินจัดลำดับความสำคัญ และการประเมินหาระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง
5) กำหนดรายละเอียดของการประเมินในแต่ละประเภท	จากที่ได้แบ่งประเภทของการประเมินเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดรายละเอียดต่างๆ ของแต่ละประเภทของการประเมิน อันได้แก่ ข้อมูลที่ต้องนำมาวิเคราะห์ วิธีการคำนวณ กลุ่มผู้ทำการประเมิน เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้ ได้กำหนดรายละเอียดของแต่ละประเภทการประเมินไว้ดังนี้ <u>การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง</u> ใช้การพิจารณาจากคะแนนความเสี่ยง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดปัจจัยในส่วนที่มีค่าลำดับความสำคัญน้อยออกจากการพิจารณา ซึ่งคะแนนความเสี่ยงดังกล่าวคำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักซึ่งได้จากวิธีวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นกับค่าระดับความเสี่ยงที่ได้จากแบบสอบถามของแต่ละปัจจัยที่พิจารณา <u>การประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง</u> ประเมินใน 3 ด้านพร้อมกัน อันได้แก่ ด้านโอกาสของการเกิดปัจจัย ด้านผลกระทบจากการเกิดปัจจัย และด้านระยะเวลาสำหรับรอคอยหรือแก้ไขสถานการณ์อันเนื่องมาจากการเกิดปัจจัย โดยคำนวณจากผลคูณของทั้ง 3 ด้านดังกล่าว ซึ่งผลจากการประเมินในส่วนนี้ ทำให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัยที่นำมาพิจารณา

ตารางที่ 5.12 (ต่อ) ขั้นตอนการนำแนวทางการประเมินไปประยุกต์ใช้

ลำดับขั้นตอน / วิธีการ	คำอธิบาย
6) การสร้างเครื่องมือวัดเพื่อใช้ประเมิน	ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดเครื่องมือวัดสำหรับนำไปใช้ประเมินในรูปของแบบสอบถาม โดยได้จำแนกออกเป็น 2 ชุด คือด้านเทคนิคและด้านบริหารจัดการ
7) การนำเครื่องมือวัดไปใช้ประเมิน	นำเครื่องมือวัดดังกล่าว ไปให้ผู้มีประสบการณ์จากงานก่อสร้างอุโมงค์ในอดีตเป็นผู้ประเมิน โดยในด้านเทคนิคควรให้ระดับวิศวกรอุโมงค์ หรือโฟร์แมนอุโมงค์ที่มีประการณ์พอสมควรเป็นผู้ประเมิน ส่วนด้านบริหารจัดการ ควรให้ผู้จัดการโครงการ รองผู้จัดการโครงการ หรือวิศวกรสำนักงานเป็นผู้ประเมิน ส่วนจำนวนผู้ประเมินแล้วแต่ผู้ที่จัดทำการประเมินจะเป็นผู้กำหนด
8) การวิเคราะห์ผลการประเมิน	เมื่อได้แบบสอบถามกลับคืนมาแล้ว จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล ตามวิธีการที่กำหนดไว้ในแต่ละประเภทของการประเมิน เพื่อนำผลที่ได้จากการประเมินไปใช้ประโยชน์ต่อไป
9) ผลลัพธ์จากการประเมิน	สำหรับงานวิจัยนี้ ผลการประเมินแต่ละประเภทมีดังนี้ <u>การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง</u> ผลลัพธ์ของการประเมินนี้คือ ทำให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงเรียงตามลำดับจากน้อยไปหามาก และสามารถตัดปัจจัยเสี่ยงในส่วนที่มีค่าลำดับความสำคัญน้อยๆ ออกจากการพิจารณาในขั้นตอนต่อไปได้ <u>การประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง</u> ผลลัพธ์ของการประเมินนี้คือ ระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัยเสี่ยง ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ และ 1 กลุ่มกรณีพิเศษ อันได้แก่ ระดับขั้นต่ำ ระดับระดับขั้นปานกลาง

ตารางที่ 5.12 (ต่อ) ขั้นตอนการนำแนวทางการประเมินไปประยุกต์ใช้

ลำดับขั้นตอน / วิธีการ	คำอธิบาย
	ระดับขั้นสูง และระดับขั้นร้ายแรง ส่วน กลุ่มกรณีพิเศษที่ได้กำหนดไว้นั้น เพื่อจำแนกในบางปัจจัยที่มีลักษณะพิเศษ ซึ่งไม่สามารถจำแนกให้อยู่ใน 4 ระดับข้างต้นได้
10) การนำผลลัพธ์จากการประเมินไปใช้	จากผลลัพธ์ทั้ง 2 ประเภทของการประเมิน สามารถนำไปใช้กำหนดมาตรการเพื่อแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการก่อสร้าง โดยอาจจำแนกได้เป็นมาตรการเชิงรุก และมาตรการเชิงรับ รวมถึงแผนการจัดการเพื่อความปลอดภัยของการทำงานในส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอุโมงค์
11) การติดตามผลและตรวจสอบ	หลังจากที่ได้กำหนดมาตรการต่างๆ เพื่อใช้แก้ปัญหาในระหว่างการก่อสร้างแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องติดตามผลและตรวจสอบว่ามาตรการที่กำหนดขึ้นนั้นสัมฤทธิ์ผลได้มากน้อยเพียงใด รวมถึงวิธีการประเมินนั้นได้สอดคล้องหรือเหมาะสมต่อโครงการที่ใช้ประเมินหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อนำมาปรับปรุง แก้ไขให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์กับโครงการในอนาคต

5.8 สรุปท้ายบท

บทนี้ได้กล่าวถึงการนำเสนอแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง สำหรับให้โครงการก่อสร้างอุโมงค์ที่ใช้วิธีการขุดเจาะแบบสมดุลแรงดันดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง โดยควรนำไปใช้ก่อนการก่อสร้าง และนำผลที่ได้ อันได้แก่ ลำดับและความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง มาใช้กำหนดเป็นมาตรการสำหรับการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่างๆในระหว่างการก่อสร้างได้ โดยได้อธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน เริ่มจากการบ่งชี้ความเสี่ยง การกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยงเพื่อนำมาใช้สร้างมาตรวัดและเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมิน หลักจากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนของการประเมิน โดย

แบ่งประเภทของการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยง ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การจัดลำดับความสำคัญ และการประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยง โดยในการหาลำดับความสำคัญได้พิจารณาจากค่าคะแนนความเสี่ยง ซึ่งคำนวณจากผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักซึ่งได้จากวิธีวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นกับค่าระดับความเสี่ยงที่ได้จากแบบสอบถามของแต่ละปัจจัย หลังจากนั้นถ้าปัจจัยใดมีค่าลำดับความสำคัญน้อย อาจไม่นำมาพิจารณา

ส่วนในการประเมินระดับความรุนแรงของปัจจัยเสี่ยงได้ทำการประเมินใน 3 มิติด้านพร้อมกัน อันได้แก่ ด้านโอกาสของการเกิดปัจจัย ด้านผลกระทบจากการเกิดปัจจัย และด้านระยะเวลาสำหรับรอคอยหรือแก้ไขสถานการณ์อันเนื่องมาจากการเกิดปัจจัย โดยได้จำแนกเขตความรุนแรงจากผลคูณของทั้ง 3 ด้านดังกล่าว ซึ่งผลจากการประเมินในส่วนนี้ ทำให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัยที่นำมาพิจารณา

สำหรับแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่นำเสนอนี้ ผู้วิจัยได้นำไปประยุกต์เพื่อใช้ประเมินกับโครงการอุโมงค์ระบายน้ำซึ่งคัดเลือกมาเป็นกรณีศึกษา เพื่อแสดงเป็นตัวอย่างสำหรับการนำไปใช้ ดังจะกล่าวรายละเอียดในบทถัดไป