

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การตรวจเอกสารเป็นวิธีการหนึ่งที่จะสร้างกรอบแนวคิดทางทฤษฎี ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษา เรื่อง การจัดการความปลอดภัยของเส้นทางอพยพหนีภัยธรรมชาติพิบัติภัยคลื่นยักษ์สึนามิ กรณีศึกษาหาดป่าตอง อำเภอกระบุรี จังหวัดภูเก็ต ทั้งนี้ ผลการตรวจสอบเอกสารจากทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และผลการศึกษาหรืองานวิจัยในช่วงที่ผ่านมา จะมีส่วนช่วยให้เกิดความมั่นใจเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ผลการศึกษาในบทต่อไป

การตรวจสอบเอกสารหรือการทบทวนวรรณกรรมในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เรื่อง การจัดการความปลอดภัยของเส้นทางอพยพหนีภัยธรรมชาติพิบัติภัยคลื่นยักษ์สึนามิ กรณีศึกษาหาดป่าตอง อำเภอกระบุรี จังหวัดภูเก็ต มิใช่เป็นงานที่จะนำเอาทฤษฎีหรือแนวคิดต่าง ๆ หรือแม้แต่ผลการศึกษาที่ผ่านมาใช้ได้ทันที แต่ต้องนำมาประยุกต์หรือดัดแปลงให้สอดคล้องกับการศึกษาในเรื่องนี้อีกครั้งหนึ่ง

ผลการทบทวนวรรณกรรมจากผลการศึกษาที่ผ่านมา สามารถจำแนกออกได้ ดังนี้

1. แนวคิดในเชิงทฤษฎี

ในกรณีที่เกิดภัยพิบัติ หรืออุบัติภัยขึ้นโดยไม่คาดฝัน ประชาชนในพื้นที่แต่ละแห่ง ไม่ว่าจะเป็นอยู่ในอาคาร ที่โล่งแจ้ง พื้นที่สีเขียว หรือชายฝั่งทะเล ก็จะพยายามหนีภัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างโกลาหล และก่อให้เกิดความวุ่นวายอย่างมากในการหนีเพื่อเอาชีวิตรอด หากได้มีการเตรียมความพร้อมไว้ล่วงหน้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การจัดทำป้ายบอกทิศทาง การกำหนดเส้นทางหนีภัย พร้อมทั้งทำการซักซ้อมการอพยพไว้บางช่วงเวลา ก็จะมีผลทำให้ปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตสามารถลดขนาดความรุนแรง

ผลการศึกษาของนิวัฒน์ และจักรกริสน์ (2547) ในเรื่องอัตราการเคลื่อนตัวหนีภัยของคนไทย กรณีศึกษา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ได้กล่าวไว้ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ ครั้งที่ 1 เมื่อ 29 – 31 มีนาคม 2547 ณ ศูนย์แสดงนิทรรศการและ

การประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพมหานคร ไว้ว่า ในการอพยพคนจากอาคารหรือสถานที่ใดที่หนึ่ง หากมีการเตรียมการรองรับไว้ล่วงหน้า จะมีผลต่อการลดความเสียหายขณะที่เกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้ เวลาที่จะใช้ในการอพยพคนนั้น จะมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง 3 ประการ ได้แก่ การเคลื่อนที่ในแนวราบ การเคลื่อนที่ที่ต้องผ่านจุดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการลดลงของความเร็วและเวลาอย่างต่อเนื่อง เช่น การหยุดหรือชะลอที่ต้องผ่านประตู จุดเลี้ยว รวมทั้ง การเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่ง ลงเนิน หรือทางเดิน เป็นต้น

นอกจากนี้ นิวัฒน์ และจักรกริสน์ (2542) ยังได้กล่าวเพิ่มเติมอีกว่า องค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่หรือย้าย หรืออพยพคนนั้น ยังเกี่ยวข้องกับสภาพอนามัย ความมีระเบียบวินัย และเชื่อฟังคำสั่งในการอพยพ การควบคุมอารมณ์หรือความตื่นตัวของแต่ละบุคคล ซึ่งรวมถึงการควบคุมสภาวะจิตใจของคนแต่ละคนนั่นเอง

2. ความสัมพันธ์เชิงสมการ

ผลการศึกษาี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยยึดหลักการจำลองความเร็วของวิศวกรรมจราจร โดยใช้วิธีการคำนวณอัตราการไหลของจราจร หรือความเร็วในการอพยพกลุ่มคนขนาดใหญ่ ซึ่งเปรียบเสมือนการควบคุมความเร็วของการจราจรของรถยนต์บนท้องถนน โดยใช้หลักการของการคำนวณอัตราการอพยพของคน/ชั่วโมง ซึ่งจะมีค่าเท่ากับผลคูณของความเร็วในการเดินทางหรืออพยพ กับความหนาแน่นของคนบนท้องถนน หรือเส้นทาง หรือความหนาแน่นของรถยนต์ต่อหนึ่งช่องจราจรในความยาว 1 กิโลเมตร ดังนี้

$$V = S \times D \quad \text{_____} \quad (1)$$

โดยที่	V (Velocity)	=	อัตราความเร็วในการอพยพ (คน/ชั่วโมง)
	S (Speed)	=	ความเร็วของการเคลื่อนย้าย (เมตร/นาที)
	D (Density)	=	ความหนาแน่นของคนบนท้องถนน (คน/ตารางเมตร)

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (S) และค่าความหนาแน่น (D) สามารถแสดงความสัมพันธ์ในเชิงสมการเชิงเส้นหรือเส้นตรง (Linear Model) ได้ดังต่อไปนี้

$$Y = \alpha + \beta_i X_i + \epsilon \quad (2)$$

โดยที่ α	=	ค่าคงที่
β_i	=	ค่าสัมประสิทธิ์
X_i	=	ค่าตัวแปรต่างๆ
ϵ	=	ค่าความคลาดเคลื่อน

3. การวิเคราะห์ความเสี่ยงภัย (Risk Analysis)

ผลการศึกษาของ คมสันต์ (2546) ในการรับรู้ความเสี่ยงและพฤติกรรมด้านความปลอดภัยของผู้ควบคุมงานด้านสายอากาศ ในการไฟฟ้านครหลวง ได้กล่าวสรุปสาระประเด็นสำคัญ ๆ ที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) โดยสรุปผลไว้ในรายงานฉบับนี้ว่า การวิเคราะห์ความเสี่ยงเป็นการประเมินระดับหรือลักษณะของความรุนแรงที่อาจจะเกิดหรือเกิดขึ้นจากภัยพิบัติต่าง ๆ ได้ ซึ่งการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยนี้ จะมีผลต่อการกำหนดมาตรการในการรองรับหรือตั้งรับกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยได้ระบุถึงขั้นตอนของการเสี่ยงภัยไว้ 3 ขั้นตอน กล่าวคือ

3.1 การแจกแจงหรือจำแนกประเภทของภัยพิบัติ หรืออันตราย (Hazard Identification) โดยเป็นการวิเคราะห์และแจกแจงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมาจากชนิดหรือประเภทของภัยอันตรายต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การคาดการณ์ถึงแนวโน้มและขนาดความรุนแรงที่จะเกิดขึ้นติดตามมา

3.2 การคาดคะเนความเสี่ยง (Risk Estimate) เป็นการประเมินถึงโอกาสที่จะเกิดขึ้นของเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งที่จะนำไปสู่ความเสียหาย ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาวิเคราะห์ถึงสาเหตุและผลลัพธ์ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในอนาคต

3.3 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) เป็นวิธีการที่จะนำไปสู่การเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการคาดคะเนความเสี่ยงก่อนหน้านี้ว่าจะมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเพียงใด ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น หรือนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน หรือเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นมาก่อนหน้านี้ รวมทั้ง จะนำไปใช้ประกอบการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน หรือการที่จะลดความเสี่ยงภัยที่จะต้องเน้นในทางการป้องกันมากกว่าการแก้ไข และประกอบการตัดสินใจที่จะดำเนินการใด ๆ หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง

4. การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน

กรุงเทพมหานคร (2545) ได้ให้ความหมายของการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit) ตามผลการศึกษาของ Austroads (2002) คือ การตรวจสอบอย่างเป็นทางการของโครงการด้านถนน หรือโครงการด้านการจราจรในอนาคตหรือถนนที่มีอยู่ โดยผู้ตรวจสอบอิสระ ซึ่งเป็นผู้ที่ทรงคุณวุฒิ จะรายงานถึงศักยภาพในการเกิดอุบัติเหตุ และความปลอดภัยในการใช้งานของโครงการดังกล่าว ทั้งนี้จะครอบคลุมประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

4.1 การตรวจสอบความปลอดภัยทาง

- สามารถลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุบนโครงข่ายถนน
- เน้นความสำคัญของ “ความปลอดภัยบนถนน” ในใจของวิศวกรการทางและวิศวกรจราจร
- ลดความจำเป็นที่จะต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการแก้ไขงาน
- ลดค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการที่จะก่อสร้างหรือถนนที่มีอยู่ต่อชุมชน ซึ่งรวมถึงอุบัติเหตุ การจราจรหยุดชะงัก และการบาดเจ็บ เสียชีวิต

4.2 คุณลักษณะของการตรวจสอบสภาพถนน

การกำหนดคุณลักษณะของการตรวจสอบสภาพถนนนี้ เป็นวิธีการที่สร้างความมั่นใจว่า ถนนทุกสายที่ทำการก่อสร้าง จะต้องให้ความสำคัญตั้งแต่การออกแบบ และความปลอดภัย ซึ่งมีได้หมายความว่าถึง มาตรฐานของถนน หรืออีกนัยหนึ่งกล่าวได้ว่า ถนนที่ได้มาตรฐานจะสะท้อนความปลอดภัยเสมอ

นอกจากนี้ การตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน สามารถดำเนินการได้ในหลาย ๆ ช่วงเวลา ได้แก่

- ขณะทำการศึกษาความเป็นไปได้ (Feasible Study)
- ระหว่างการออกแบบร่างและรายละเอียด (Drafting and Detail Design)
- ระหว่างการก่อสร้าง (Construction Period)
- ก่อนเปิดการใช้งาน (Opening Road) และตรวจสอบถนนทุกสายหรือบางสาย (Roads Audit or Sampling Audit)

ในการตรวจสอบการดำเนินการ โดยทีมงานที่มีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญที่ทันสมัยในด้านวิศวกรรมความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Engineering) และการสืบสวนอุบัติเหตุ (Accident Investigation) ซึ่งเชื่อมโยงกับความเข้าใจในเรื่องการจัดการจราจรและการออกแบบถนน และในกรณีที่เป็นสาขาวิชาอื่นๆ เช่น พฤติกรรมของผู้ใช้ถนน การดำเนินการตามกฎหมาย และการบำรุงรักษา และความเข้าใจข้อมูลในพื้นที่อาจเป็นสิ่งจำเป็น ประโยชน์ที่ได้จากการที่มีทีมงานคือ ความหลากหลายของพื้นความรู้ และวิธีการดำเนินการที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันระหว่างผู้ร่วมงาน อย่างไรก็ตาม สำหรับโครงการขนาดเล็กไม่จำเป็นหรือเป็นไปได้ที่จะจ้างผู้ตรวจสอบเป็นทีมเสมอ การดำเนินการควรดำเนินการโดยปัจเจกบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญที่เหมาะสม และมีความเป็นอิสระ

5. การบริหารจัดการระบบความปลอดภัยแบบสมัยใหม่ (Modern Safety Management System)

การบริหารจัดการระบบความปลอดภัยแบบสมัยใหม่ เป็นรูปแบบที่ให้ความสำคัญในเชิงการบริหารทั้งในระดับนโยบาย ที่สามารถมองภาพรวมและวิเคราะห์ถึงแนวทางการจัดการที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดมาตรการในการปฏิบัติอย่างครบวงจร อย่างน้อยที่สุดก็เป็นเครื่องมือสำหรับผู้บริหารที่จะต้องนำระบบข้อมูลในทุกด้านที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ และประกอบการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาในหลาย ๆ เรื่อง และหลาย ๆ รูปแบบ ซึ่งระบบการบริหารจัดการระบบความปลอดภัยนี้คงจะต้องนำเอาแนวความคิดทางด้านการวางแผน ผลการปฏิบัติงาน การตรวจสอบและการประเมินผลมาใช้ประกอบการตัดสินใจควบคู่กันไป

จากการศึกษาของพงษ์สิทธิ์ (2546) ได้กล่าวสรุปไว้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของระบบบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่กับสถิติอุบัติเหตุในการไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย โดยประมวล แนวความคิดของ Bird and Germain (1992) ไว้ว่า ระบบแนวความคิดทางการบริหารงานความปลอดภัยสมัยใหม่นั้น ได้มีการพัฒนารูปแบบทางการบริหารจัดการมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการพัฒนารูปแบบของการบริหารจัดการนี้ ได้มีการกำหนดกระบวนการทำงานที่มีความชัดเจนและสอดคล้องกับระบบในการวางแผนการปฏิบัติงานในเกือบทุกขั้นตอน โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์เป้าหมาย แนวทางในการปฏิบัติงานหรือมาตรการ รวมทั้ง มีการกำหนดเครื่องมือหรือกลไกในการบริหารจัดการ การติดตามประเมินผลที่อิงมาตรฐานสามารถพิสูจน์ หรือตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ โดยพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

5.1 แนวคิดในการบริหารจัดการ (Conceptual Management) เป็นการผสมผสานเอาแนวความคิด และหลักปรัชญาทางการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย เข้ามาผสมผสานเข้าไว้ด้วยกันอย่างกลมกลืน ซึ่งแนวคิดทางการบริหารจัดการนี้ จะประกอบด้วยเรื่องที่สำคัญ ดังนี้

5.1.1 คณะผู้บริหารองค์กร (Top Management) ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านการบริหารงานในสาขานั้น ๆ รวมทั้ง มีประสบการณ์ที่เป็นพื้นฐานในการจัดการงานด้านความปลอดภัยในทุกขั้นตอน

5.1.2 กระบวนการควบคุมงาน (Process) จะเป็นการวางระบบการบริหารจัดการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในทุก ๆ เรื่อง ที่เกี่ยวกับการวางระบบหรือการปรับปรุงระบบการปฏิบัติงานที่จะก่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด ซึ่งในกระบวนการนี้ จะต้องนำเอาแนวความคิดทางด้านการบริหารความเสี่ยง (Risk Management) เข้ามาประยุกต์ใช้ด้วยกัน อย่างไรก็ตามในกระบวนการควบคุมงานนี้ เมื่อมีการตรวจสอบและพบว่ามีปัญหาในการทำงาน ณ จุดใดจุดหนึ่งแล้ว ก็จะต้องทำการตรวจสอบ หรือทบทวนขั้นตอนการทำงานทั้งระบบมากกว่าที่จะแก้ไขปัญหานั้นที่จุดใดจุดหนึ่งนั่นเอง

5.1.3 การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน (Monitoring and Evaluation) จะมีส่วนช่วยนักบริหารเป็นอย่างมาก ในการวางระบบป้องกันและการลดปัญหา หรืออุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพราะการติดตามประเมินผลนี้ จะมีส่วนช่วยให้ผู้บริหารหรือองค์กรต่าง ๆ สามารถเรียน

รู้ถึงจุดอ่อน ข้อบกพร่องและจุดแข็งในการพัฒนาระบบความปลอดภัยให้ดียิ่งขึ้นเป็นลำดับ และมีความรอบคอบมากยิ่งขึ้น โดยกระบวนการนี้ จะเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการติดตามและตรวจสอบขั้นตอนการทำงานของตัวระบบเอง รวมทั้ง การประเมินผลการทำงานของบุคคลใด ๆ ก็ตามที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมของกระบวนการทำงานในองค์กรนั้น ๆ

5.1.4 การกำหนดมาตรการเชิงรุก (Precautionary Measurement) เป็นการกำหนดมาตรการในการปฏิบัติงานที่ให้ความสำคัญกับการลดความเสี่ยงให้มากที่สุด (Minimize Risk) โดยจะมีการกำหนดมาตรการที่เน้นการป้องกันไว้ล่วงหน้า มากกว่าที่จะมาติดตามแก้ไขปัญหาในภายหลัง ซึ่งในหลักการของการบริหารจัดการสมัยใหม่ อาจจะเรียกมาตรการในลักษณะนี้ว่าเป็น Pro – active นั่นเอง อย่างไรก็ตาม ในการกำหนดมาตรการเชิงรุก หรือการป้องกันไว้ล่วงหน้า นั้น เปรียบเสมือนการสร้างหรือวางระบบความปลอดภัยไว้เกินกว่า 1 ระบบ หรือเป็นการพัฒนาระบบประกันภัย (Insurance) ไว้ หากระบบที่มีอยู่ไม่สามารถทำงานได้ แต่ยังมีระบบสำรองที่สามารถเข้ามาทดแทนได้ในทันที

5.1.5 การค้นหาจุดอ่อนหรือข้อบกพร่อง (Search and Research Finding) เป็นการค้นหาจุดอ่อนที่คาดว่าจะมี หรือเกิดขึ้นในระบบความปลอดภัยที่ได้วางไว้ในทุก ๆ จุด หรือทุก ๆ ขั้นตอน ซึ่งในระบบการตรวจสอบหรือค้นหาจุดอ่อนนี้ จะต้องมีการตรวจสอบซ้ำแล้วซ้ำอีก เพื่อประกันความปลอดภัยของระบบที่วางไว้ ซึ่งผลของการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถนำเอาผลของการตรวจสอบนี้ไปพัฒนาและปรับปรุงระบบให้ดีขึ้น เพื่อสร้างความปลอดภัย และพัฒนาไปถึงขั้นตอนของการประกันคุณภาพ (Quality Assurance) ได้ในอนาคต นอกจากนี้ การค้นหาจุดอ่อน และการตรวจสอบความบกพร่องของระบบนี้ จะนำไปสู่การวิเคราะห์ถึงสาเหตุของภัยพิบัติต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในแต่ละครั้งว่าจะมีความรุนแรงในระดับใด และจะต้องใช้มาตรการใดในการแก้ไขปัญหาได้อย่างทันทั่วทั้งที่ และเป็นขั้นตอนตามลำดับความสำคัญของปัญหานั้นเอง

5.1.6 การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา (Priority Setting) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผู้บริหารองค์กรในทุกๆ องค์กร เพราะว่าการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาใด ๆ ก็ตามจะนำไปสู่การเลือกมาตรการต่าง ๆ มาใช้ในการดำเนินงาน การปฏิบัติงาน และการแก้ไขปัญหาได้อย่างทันทั่วทั้งที่ ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวความคิดทางด้านการวางแผน (Planning Process) ในการบริหารจัดการองค์กร หรือการแก้ไขปัญหาในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เพราะว่าผลของการจัดลำดับความสำคัญของปัญหานี้ จะมีส่วนช่วยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Efficiency) ในการจัดการควบคุมกันไป

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงเกิดขึ้น ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ผู้ที่มีหน้าที่และความรับผิดชอบในการแก้ไขปัญหาหรือจัดการกับวิกฤตอันเกิดจากภัยอันตราย หรือภัยพิบัติ ก็จะมีขีดความสามารถในการจัดการปัญหานั้น ๆ ได้ถูกต้องตามจังหวะเวลาและเป็นการป้องกันมิให้เกิดผลกระทบ หรือก่อให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ติดตามมา อันจะมีผลทำให้ขนาดของความรุนแรงที่เกิดขึ้นได้รับการแก้ไขตามลำดับก่อนหลัง ซึ่งแนวความคิดนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการจัดการอุบัติเหตุ อุบัติภัยและภัยพิบัติต่าง ๆ ได้ในทุก ๆ กรณี

5.1.7 การควบคุมและการลดความสูญเสีย (Loss Control) เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการที่จะต้องผสมผสานแนวความคิดด้านการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ ที่สามารถนำเอาระบบ Total Quality Management : TQM มาประยุกต์ใช้ในทุกขั้นตอนของการควบคุมขั้นตอนของการปฏิบัติงาน ซึ่งจะรวมไปถึงการวางแผนป้องกันการแก้ไขปัญหาและการจัดการหลังการเกิดภัยพิบัติ หรืออุบัติเหตุต่าง ๆ ผลของการควบคุมการบริหารจัดการนี้ จะมีส่วนทำให้เกิดประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานลดขั้นตอน เกิดการประหยัดและลดความสูญเสียใด ๆ ที่จะเกิดในอนาคต นอกจากนี้ หากมีการนำเอาแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับ TQM มาประยุกต์ใช้ควบคู่กันไปแล้ว ก็จะประเมินได้ว่า ขั้นตอนการควบคุมเพื่อลดความเสี่ยงหรือความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นนั้น จะได้รับการรับรองในการบริหารจัดการเชิงคุณภาพควบคู่กันไปด้วย

6. ข้อมูลในการบริหารจัดการ (Management Information System)

การประมวลและทบทวนข้อมูลในเชิงลึกและกว้างจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เป็นขั้นตอนแรกของการจัดเตรียมโครงการที่ค่อนข้างมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจาก จะเป็นการสร้างกรอบแนวคิดและความเข้าใจในหลาย ๆ เรื่องที่มีความเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน รวมทั้ง จะเป็นการสะท้อนภาพรวมของสถานการณ์และประเด็นปัญหาที่สำคัญๆ ให้เห็นอย่างชัดเจน นอกจากนี้ สถานการณ์และความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น เป็นจุดกำเนิดหรือจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่การจัดทำโครงการหรือการกำหนดที่มาของโครงการลงทุนต่าง ๆ ดังนั้น ผู้จัดเตรียมโครงการใด ๆ หรือกิจกรรมใด ๆ ก็ตาม ควรจะต้องทำการศึกษาทบทวนข้อมูลที่มีอยู่อย่างละเอียดรอบคอบ ทั้งจากเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานต่าง ๆ ที่ปฏิบัติงานอยู่ในระดับพื้นที่ ระดับภาค ระดับกรมและกระทรวง รวมทั้ง ศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมจากประชาชนในท้องถิ่น องค์กรพัฒนาเอกชน องค์กรประชาชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานอื่น ๆ เพื่อประกอบการจัดเตรียมโครงการในขั้นตอนต่อไปด้วย ซึ่งผลดีของการประมวลผลจากแหล่งต่าง ๆ จะทำให้ทราบถึงข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำ มีความทันสมัยและ

เข้าใกล้ข้อเท็จจริงมากยิ่งขึ้น อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการคาดประมาณสถานการณ์ และแนวโน้มในอนาคต ของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้โดยฉับพลัน หรือเปลี่ยนแปลงไปตามแนวโน้มของสถานการณ์ และเปลี่ยนแปลงไปตามผลกระทบของปัจจัยตัวใดตัวหนึ่ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ๆ ในเรื่องนั้น ๆ อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวความคิดและวัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงการที่ถูกต้อง สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน (เกษมสันต์, 2548)

นอกจากนี้ แหล่งที่มาของข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้อีกทางหนึ่ง ได้แก่ ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มีการเผยแพร่ จัดพิมพ์ และรวมเล่มไว้แล้ว ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการอ้างอิงได้เป็นอย่างดี และส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของรายงาน สถิติ ผลการศึกษา และการวิจัย การติดตามประเมินผล การศึกษาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของโครงการ การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม ฯลฯ ข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นมีความสำคัญและครอบคลุมไปถึงข้อมูลพื้นฐาน ข้อเท็จจริง ตลอดจนสถิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ภาวะเศรษฐกิจ ทรัพยากรธรรมชาติ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ประสิทธิภาพและบทเรียนจากการพัฒนาในอดีต รวมไปถึง นโยบายและแนวทางการพัฒนาต่างๆ เป็นต้น

องค์ประกอบที่ดีของระบบข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการ เปรียบเสมือนหัวใจของระบบการจัดการของผู้บริหารองค์กร โครงการ หรือทีมงาน ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวางระบบการบริหารความปลอดภัยอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะตัวผู้นำองค์กรจะต้องมีข้อมูล (Existing Data and Information) ที่ทันสมัย รู้จักใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ เพื่อประกอบแนวทางการตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องในอนาคต นอกจากนี้ ยังจะต้องมีระบบการปรับปรุงความทันสมัยของข้อมูลและระบบจัดเก็บ (Updating and Collecting System) ที่ดี ง่ายต่อการนำมาใช้ ไม่ยุ่งยากซับซ้อนในการตีความหรือแปลความหมาย โฉนดการจัดเก็บระบบข้อมูลที่ดีนั้น ยังจะต้องมีความง่ายต่อการเข้าถึง (Accessibility) การค้นหา (Searching) และการป้องกันการสูญหาย (Back up System) โดยมีการสำรองระบบข้อมูลเอาไว้ได้อย่างทันทั่วทั้งเมื่อเกิดภัยพิบัติ หรือภัยพิบัติต่าง ๆ ทั้งในช่วงเวลาปกติและช่วงวิกฤตต่าง ๆ

7. เกณฑ์มาตรฐานในการปฏิบัติงาน (Performance Standard)

เกณฑ์มาตรฐาน เป็นการกำหนดมาตรฐานด้านความปลอดภัยที่ให้ความสำคัญกับผลของงานหรือเนื้องานที่เกิดขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้มีความปลอดภัยได้ในระดับสูง มีความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนโดยทั่วไป ที่อยู่ในข่ายที่ควรจะได้รับประโยชน์

พงษ์สิทธิ์ (2546) ได้กล่าวไว้ในการศึกษาเรื่องการศึกษาความสัมพันธ์ของระบบการบริหารจัดการความปลอดภัยฯ ไว้ว่า ระบบการบริหารงานความปลอดภัยจะต้องมีขั้นตอนในการปฏิบัติ มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานในแต่ละขั้นตอน ควบคู่ไปกับการติดตาม และการพัฒนาระบบของตัวมาตรฐานเองด้วย ทั้งนี้การพัฒนาระบบของมาตรฐานอย่างต่อเนื่องนี้ จะทำให้มีการปรับปรุงมาตรฐานให้สูงขึ้น จากระดับประเทศไปสู่ระดับสากลได้อีกทางหนึ่ง

8. การอพยพประชาชน (Movement of People)

การอพยพคน นักท่องเที่ยว หรือประชาชนโดยทั่วไป มิใช่เรื่องที่จะทำได้โดยง่ายโดยเฉพาะในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน ภัยพิบัติ อัคคีภัย หรือภัยอันตรายต่างๆ ที่มีความจำเป็นจะต้องอพยพประชาชนจำนวนมากไปยังที่ปลอดภัย ซึ่งผลการศึกษาของ Jake Pauls ในเรื่อง Movement of People สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการอพยพในทางราบ หรือการอพยพประชาชนจากจุดใดจุดหนึ่งไปยังที่โล่งหรือที่ปลอดภัยได้เป็นอย่างดี ซึ่งข้อสมมติฐานในอดีต กล่าวว่า เมื่อประชาชนได้ยินสัญญาณเตือนภัยดังขึ้น ประชาชนทุกคนก็จะหยุดทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่กำลังดำเนินการอยู่ไว้ในทันที แล้วก็จะอพยพไปยังที่ปลอดภัย แต่ในข้อเท็จจริงแล้ว ประชาชนส่วนใหญ่จะมีพฤติกรรมในเชิงเปรียบเทียบกับการตัดสินใจของตนเองอยู่เสมอ กล่าวคือ เมื่อได้ยินสัญญาณเตือนภัยดังขึ้น ก็จะมีที่ทำรีรอ เพื่อรอดูสถานการณ์ให้เกิดความมั่นใจอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะอพยพต่อไปหรือไม่นั่นเอง (Pauls, 1995) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บทความในเรื่องนี้ ได้มีการกล่าวถึงประเด็นที่ค่อนข้างสำคัญ เรื่อง Models of Evacuation Behavior หรือเป็นที่รู้จักหรือยอมรับในรูปแบบของ Hydraulic Model ซึ่งประกอบด้วยข้อสมมติฐาน 3 ประการ ได้แก่ ความตื่นตัวของคน ความมีสติสัมปชัญญะของผู้อพยพ และความพร้อมที่จะเคลื่อนย้าย

Pauls (1995) ได้กล่าวไว้ในบทความว่า รูปแบบของการอพยพ (Evacuation Model) นั้นมีหลายลักษณะที่เกี่ยวข้อง เช่น โปรแกรม EVACNET+ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างโครงข่ายการอพยพ, โปรแกรม BFIRE-II เป็นแบบจำลองที่มีการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของคน และโปรแกรม Escape and Rescue Model เป็นรูปแบบที่เกี่ยวกับการหนีภัยและการให้ความช่วยเหลือ ฯลฯ นอกจากนี้ ยังมีประเด็นที่สำคัญๆ ที่ควรนำมาพิจารณาประกอบการอพยพ ในหลายเรื่องๆ ดังต่อไปนี้

8.1 พฤติกรรมของฝูงชนและการจัดการ (Crowd Behavior and Management)

พฤติกรรมของคนหมู่มากหรือของฝูงชนขนาดใหญ่ เป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน เพราะว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ใด ๆ ขึ้นมาแล้ว มักจะปรากฏว่า มีผู้บาดเจ็บและล้มตายมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของอุบัติเหตุในแต่ละครั้ง หากเปรียบเทียบสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจากกรณีพิบัติภัย (สึนามิ) ที่ผ่านมา พอจะประเมินได้ว่า ประชาชนที่อพยพหนีภัยจากคลื่นยักษ์นี้ นอกจากจะพยายามวิ่งหนีไปยังที่สูง แล้วยังมีบางส่วนที่พยายามวิ่งไปบนอาคารสูงเพื่อหนีภัยรวมทั้ง ยังมีบางส่วนที่ไม่แน่ใจยังหนีจากอาคารบ้านเรือนไปยังที่ที่ปลอดภัยกว่าบริเวณที่ตนอยู่ ณ เวลานั้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อเสนอแนะของ Jake Pauls แล้ว จะพบว่า เมื่อเกิดอันตรายภัยพิบัติ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้น ประชาชนที่อาศัยในบริเวณนั้น จะพยายามที่จะต่อสู้หรือดิ้นรนพยายามหาทางออกหรือทางหนีให้เร็วที่สุด ไม่ว่าเส้นทางนั้นจะเป็นอย่างไร (Reversible Egress)

อย่างไรก็ตาม ผลที่เกิดขึ้นติดตามมาจากการอพยพหนีภัยของประชาชน (Crowd Incident) ที่สังเกตเห็นได้ชัดและมักจะปรากฏขึ้นอยู่เสมอ ได้แก่ การเคลื่อนตัวของกลุ่มคนขนาดใหญ่ไปในทิศทางเดียวกัน ขนาดความหนาแน่นของประชาชน (โดยเฉพาะในช่วงวิกฤต จะมีจำนวน 8 คนต่อตารางเมตร) โดยไม่มีช่องว่างใด ๆ ในกลุ่มคนนั้น ๆ รวมทั้ง ความตื่นตระหนกของผู้คนจะถูกผลักดันให้เกิดการเคลื่อนย้ายในเชิงบังคับไปในหลาย ๆ ทิศทาง ถึงแม้ว่าประชาชนที่อยู่ในกลุ่มคนดังกล่าว จะมีความต้องการที่จะไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งก็ตาม แต่จะมีพลังอันมหาศาลจากฝูงชนที่มาบีบบังคับให้ประชนในกลุ่มนั้น ๆ อพยพไปในทิศทางเดียวกัน โดยไร้การต่อต้านของแต่ละบุคคล

ข้อสังเกตอีกประการหนึ่ง กล่าวได้ว่า ในกลุ่มฝูงชนที่อพยพหนีภัยนั้น จะไม่มีการสื่อสารระหว่างกัน โดยเฉพาะกลุ่มคนที่อยู่ด้านหน้า ตอนกลางและส่วนท้ายของกลุ่ม (Front - to Back Communication) ซึ่งการหนีภัยในลักษณะดังกล่าวนี้ จะมีผลทำให้เกิดการบาดเจ็บหรือล้มตายได้

และเหตุการณ์ในลักษณะนี้ได้เคยเกิดขึ้นมาแล้ว และกลายเป็นความโกลาหลของผู้คนกลุ่มฝูงชนขนาดใหญ่ได้ เช่น ในการแข่งขันฟุตบอลระดับชาติที่มีแฟนฟุตบอลเข้ามาเชียร์ทีมของตนเป็นจำนวนมาก หากทีมของตนเพื่ออย่างไม่คาดคิด หรือกรรมการตัดสินด้วยความลำเอียง ก็จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความไม่พอใจในกลุ่มคน จนกระทั่งนำไปสู่ความรุนแรงต่อมา

ผลการศึกษาในหลาย ๆ กรณีที่ผ่านมา ได้มีการชี้ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ให้ความสำคัญกับการศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มคนที่อพยพไม่น้อยไปกว่า การควบคุมฝูงชนที่แตกตื่น หรือตื่นตระหนก ในการควบคุมฝูงชนหรือคลื่นประชาชนให้ได้ผลและมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีการทำงานร่วมกันและประสานงานกันอย่างใกล้ชิดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง จะต้องมีการซักซ้อม และเตรียมความพร้อมไว้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งในการควบคุมฝูงชนนั้น จะเป็นการบังคับหรือมีความพยายามในการจัดการกับพฤติกรรมของคนจำนวนมากในฝูงชนนั้น ๆ ให้อยู่ในทิศทางที่สามารถควบคุมได้ โดยพยายามลดความรุนแรง และพยายามลดกระแสความหลังไหลของฝูงชนขนาดใหญ่ ให้เบาบางลง (Crowd Control) พร้อมทั้ง ให้มีการเคลื่อนย้ายไปยังจุดใดจุดหนึ่งที่ปลอดภัยกับทุก ๆ คนในกลุ่มคนหรือผู้อพยพ โดยจะมีผลทำให้เกิดการสลายตัวของกลุ่มคนดังกล่าวในเวลาต่อมา ผลของวิธีการดังกล่าวที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ทั้งในกรณีการอพยพหนีภัยอุบัติภัย หรือการลดขนาดความรุนแรงของกลุ่มคนที่ทำการประท้วงหรือก่อจลาจลได้ด้วย (Pausl, 1995)

8.2 คุณลักษณะของการอพยพ (Movement Characteristic)

การอพยพเคลื่อนย้ายของกลุ่มคนหรือฝูงชนที่หนีภัยอันตรายต่าง ๆ จะเป็นการเคลื่อนย้ายของกลุ่มคนในเชิงปริมาณ (Quantitative Movement) ซึ่งจะแสดงออกในลักษณะของอัตราการเคลื่อนย้าย (Rate) โดยมีความสัมพันธ์ระหว่าง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) ความเร็ว (Speed) และกระแสการเคลื่อนย้าย (Flow)

ในการศึกษาของนักวิชาการที่เกี่ยวข้อง ได้ให้นิยามของความหนาแน่น (Density) ไว้ว่าเป็นจำนวนคนในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ที่อยู่บนทางเดิน บนเส้นทางหรือถนน ซึ่งในเหตุการณ์ปกติจะมีความหนาแน่นประมาณ 2 คน/ตารางเมตร หรือในการศึกษาอื่น ๆ อาจจะใช้หน่วยในการวัดที่ตรงกันข้ามกัน โดยจะอ้างอิงความหนาแน่นดังกล่าวว่า จะอยู่ในช่วง 0.5 ตารางเมตร/คน หรือ 5.4 ตารางฟุต/คน

ในส่วน of ความเร็ว (Speed) ของการเคลื่อนย้ายของฝูงชนที่มักปรากฏให้เห็นอยู่เสมอ จะมีผลในทางตรงกันข้ามกับความหนาแน่น (Reverse Density) ซึ่งขนาด of ความเร็วนี้ จะหมายถึง ระยะทางที่คนเคลื่อนย้ายในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยประมาณว่าจะมีความเร็วต่อระยะทาง เป็น 1 เมตรต่อวินาที หรือ 3.3 ฟุต ต่อวินาที สำหรับการอพยพหรือการเคลื่อนที่ (Flow) ของกลุ่มคนที่นำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินเหตุการณ์ใด ๆ ก็ตามนั้น หมายถึงกลุ่มคนที่ผ่าน ณ จุดใดจุดหนึ่ง ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งผลการศึกษาในหลายเรื่องประเมินว่า จะมีจำนวนที่ผ่านไปได้ ณ จุดหนึ่งประมาณ 2 คนต่อวินาที

โดยที่ลักษณะของการอพยพเคลื่อนย้ายนี้ สามารถนำมาแสดงได้ในลักษณะสมการของคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$\text{Flow} = \text{Speed} \times \text{Density} \times \text{Width} \quad \text{_____} (3)$$

โดยที่ Flow คือ กระแสการเคลื่อนย้าย (คน/วินาที)

Speed คือ ความเร็ว (เมตร/วินาที)

Width คือ ความกว้างของถนน (เมตร)

และความเร็วของการเคลื่อนย้ายใด ๆ ก็ตาม จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างความเร็วและความหนาแน่นของคน ซึ่งความหนาแน่นของคนในฝูงชนหรือกลุ่มคนที่อพยพเคลื่อนย้ายก็ขึ้นอยู่กับลักษณะท่าทางในการเดิน (Gait Movement) ของแต่ละคน รวมทั้ง ความเร็วในการเคลื่อนย้าย ก็จะขึ้นอยู่กับแนวทางเดินในทางราบ หรือแนวระนาบ และทางชัน (Slope) ด้วยเช่นกัน

8.3 การอพยพในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Movement)

การอพยพคนในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน ซึ่งผลการศึกษาของ Harold E. Bud Nelson and Harmish A. MacLennan ได้กล่าวไว้ในบทความ เรื่อง Emergency Movement และจัดพิมพ์ไว้ใน SFPE Handbook of Fire Protection Engineering ไว้ว่า การอพยพเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน จะมีองค์ประกอบที่ควรนำมาพิจารณาในหลาย ๆ ประเด็น ดังนี้

8.3.1 องค์ประกอบพื้นฐาน

Nelson and MacLennan (2000) ได้กล่าวไว้ในบทความเกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐานของการอพยพในกรณีฉุกเฉินว่า กระแสการอพยพในขณะเกิดอุบัติเหตุนั้น มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างกันของความเร็วในการอพยพและความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ซึ่งมีข้อสมมติฐานว่า

- 1) ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ที่เกิดเหตุฉุกเฉินหรืออุบัติเหตุ จะอพยพเคลื่อนย้ายพร้อม ๆ กัน
- 2) กระแสของการอพยพของคนในพื้นที่นั้น ๆ จะไม่ถูกยับยั้งโดยการตัดสินใจ ของผู้ใดผู้หนึ่ง
- 3) ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ที่เกิดเหตุ สามารถอพยพได้โดยเสรี หรือเป็นอิสระ โดยไม่มีปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่งมาหน่วงเหนี่ยวไม่ให้เกิดการอพยพ

ซึ่งสมมติฐานนี้ ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ใน Hydraulic Model of Emergency Egress ซึ่งก็คือการคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการอพยพของคนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนั่นเอง นอกจากนี้ ในการวัดประสิทธิภาพของการอพยพเคลื่อนย้ายกลุ่มคน จะพิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้ หรือเวลาที่สูญเสียน้อยที่สุดในการอพยพ ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงปลายทาง อีกนัยหนึ่ง อาจกล่าวได้ว่า ในการวัดประสิทธิภาพของการเคลื่อนย้าย จะพิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพเคลื่อนย้าย ระหว่างจุดต่อจุด เป็นช่วงๆ หรือเกิดจากปัจจัยที่มาจากสภาพทางกายภาพของผู้อพยพ รวมทั้ง ยังขึ้นอยู่กับ การเลือกเส้นทางในการอพยพ ที่สามารถใช้ได้ตลอดเส้นทาง โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง หรือเจอบางสิ่ง ในบางเส้นทาง

8.4 การคำนวณกระแสการอพยพหรือการเคลื่อนที่ (Hydraulic Flow Calculation)

Nelson and MacLennan (2000) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่สำคัญที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองของการใช้เวลาการอพยพ เคลื่อนย้ายคน ซึ่งจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ ได้แก่

8.4.1 ความกว้างของถนนหรือเส้นทาง (Effective Width) โดยวัดจากความกว้างของเส้นทางด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง (East to West) หรือวัดตามความยาวของเส้นทาง (North to South) ซึ่งในกรณีการประยุกต์แบบจำลองนี้กับเส้นทางการอพยพหนีภัยคลื่นยักษ์ (สึนามิ) อาจจะต้องปรับความกว้างของหัวและท้ายถนนด้วย หากเส้นทางนั้น ๆ ไม่ได้มีขนาดที่คงที่ มีบริเวณจุดเชื่อมต่อกับถนนด้านอื่น ๆ

8.4.2 ความหนาแน่น (Density) ความหนาแน่นของประชากรในเส้นทางอพยพ ได้เคยกล่าวไว้ในตอนต้นข้างแล้ว ซึ่งให้ความสำคัญกับปริมาณการใช้พื้นที่ของคนต่อตารางเมตร หรือคนต่อตารางฟุต

8.4.3 ความเร็ว (Speed) ความเร็วของการเคลื่อนย้าย จะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความผันแปรไปกับความหนาแน่นของประชากร กล่าวคือ หากมีประชากรจำนวนมาก เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายก็จะผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน โดยใช้เวลาที่อพยพมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งผลการศึกษาได้มีการหยิบยกเกณฑ์ในการพิจารณาในเชิงปริมาณ มาเป็นตัวอย่างประกอบการศึกษาด้วย โดยสรุปว่า หากความหนาแน่นของประชากรน้อยกว่า 0.54 คนต่อตารางเมตร หรือใช้พื้นที่เท่ากับ 1.85 ตารางเมตรต่อคน และหากความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 คนต่อตารางฟุต หรือ 3.8 คนต่อตารางเมตรแล้ว ก็จะไม่มีการเคลื่อนไหวในกลุ่มคน หรือมีผลต่อการอพยพเคลื่อนย้ายใด ๆ เลย ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นจะอยู่ระหว่าง 0.54 – 3.8 คน ต่อตารางเมตร นั่นเอง

8.4.4 กระแสการอพยพหรือการเคลื่อนที่ (Flow) ในการคำนวณกระแสของการอพยพซึ่งจะมีผลแสดงเป็นค่าประมาณการของผู้อพยพผ่านจุดใดจุดหนึ่งที่ไปยังทางออก ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความกว้างของเส้นทาง (Width) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

8.4.5 ระยะเวลาในการอพยพ (Times for Passage) คือ การวัดความเร็วในการอพยพคนที่ผ่าน ณ จุดใดจุดหนึ่งไปยังเส้นทางออก โดยระยะเวลาที่ใช้ จะเป็นสัดส่วนของจำนวนประชากรที่ผ่าน ณ จุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ในเชิงสมการได้ดังนี้

$$\text{Times for Passage} = \frac{\text{Population}}{\text{Flow}} \quad \text{_____} (4)$$

โดยที่ Time for Passage	คือ	ระยะเวลาการอพยพ (วินาที)
Population	คือ	จำนวนประชากรทั้งหมด (คน)
Flow	คือ	กระแสการอพยพ (คน/วินาที)

8.4.6 การเปลี่ยนแปลงเส้นทางอพยพ (Transitions) เป็นการชี้ให้เห็นถึงเส้นทางอพยพที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายคน ที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงในตัวเส้นทางแต่ละเส้น ที่มีขนาดความยาว ความกว้าง ไม่เท่ากันตลอดสาย โดยมีขนาดความกว้างเปลี่ยนไปในแต่ละจุด ซึ่งอาจมีความกว้างมากยิ่งขึ้น หรือ เป็นทางแคบลงในแต่ละช่วง โดยจะมีผลต่อการระบายคนอพยพออกจากเส้นทางที่มีความหนาแน่นสูง หากเส้นทางอพยพมีปลายเปิดกว้าง ก็จะมีผลกระทบต่อกระแสการอพยพในทางบวก หากเส้นทางอพยพมีปลายทางแคบ ก็จะมีผลต่อระยะเวลาการไหลของการอพยพ และประสิทธิภาพของการอพยพควบคู่กันไปด้วย

9. สาเหตุของการเกิดคลื่นยักษ์สึนามิ

สึนามิ (Tsunami) เป็นภาษาญี่ปุ่น แปลว่า คลื่นที่พัดเข้าหาฝั่ง หรือคลื่นกระทบฝั่ง (Harbour Wave) โดยคำแรก ซี (Tsu) แปลว่า อ่าวหรือฝั่ง (Harbour) คำที่สอง นามิ (Nami) แปลว่า คลื่น (Wave) ปัจจุบันใช้เป็นการเรียกลูกคลื่นที่มีความยาวคลื่นมาก ๆ ขนาดหลายร้อยไมล์ นับจากยอดคลื่นที่ไล่ตามกันไป เกิดขึ้นจากการที่น้ำทะเลในปริมาตรเป็นจำนวนมากมาชนมหาศาล ถูกผลักดันให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ซึ่งเกิดจากการทรุดตัวของเปลือกโลกใต้ทะเลลึก บางครั้งก็เรียกว่า Seismic Wave (คลื่นที่เกิดจากแผ่นดินไหว) เพราะคลื่นส่วนใหญ่เกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกหรือแผ่นดินไหวดังกล่าว เรามักจะสับสนกับคำว่า สึนามิ (Tsunami) กับ Tidal Wave ซึ่งเกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง แต่สึนามิ (Tsunami) ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องอะไรกับการขึ้นลงของน้ำเลย

สึนามิ ส่วนใหญ่ เกิดจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกใต้ทะเลอย่างฉับพลันในแนวดิ่ง อาจจะเป็นการเกิดแผ่นดินถล่มยุบตัวลง หรือเปลือกโลกถูกดันขึ้นหรือยุบตัวลง ทำให้มีน้ำทะเลปริมาตรมหาศาลถูกดูดลงสู่ใจกลางรอยแตกของเปลือกโลกพร้อมทั้งดันกลับขึ้นมาอย่างรวดเร็ว หรือถูกดันขึ้นหรือทรุดตัวลงอย่างฉับพลัน ผลของการเคลื่อนตัวดังกล่าวจะทำให้เกิดพลังงานจำนวนมหาศาลที่ได้ถ่ายทอดไปทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของน้ำทะเลเป็นคลื่นสึนามิที่ได้ทะเลลึกและจะดูไม่ต่างไปจากคลื่นทั่วๆ ไปเลย ดังนั้นเมื่อเกิดคลื่นสึนามิจึงไม่สามารถสังเกตได้ด้วยวิธีปกติ แม้แต่คนบนเรือเหนือทะเลลึกที่คลื่นสึนามิเคลื่อนตัวผ่านได้ท้องเรือไป ก็จะไม่รู้สึกอะไร เพราะได้ทะเลลึก คลื่นนี้จะมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปกติเพียงไม่กี่ฟุตเท่านั้น จึงไม่สามารถสังเกตได้จากภาพถ่ายจากเครื่องบิน หรือดาวเทียม

นอกจากนี้แล้ว สึนามิ ยังสามารถเกิดขึ้นได้จากการเกิดแผ่นดินถล่มใต้ทะเลหรือใต้อ่าวที่ทำให้มวลของดินและหินไปเคลื่อนย้ายแทนที่มวลของน้ำทะเล หรือภูเขาไฟระเบิดใต้อ่าวส่งผลให้เกิดการโยนสาดดินหินลงน้ำ หรือพ่นเศษหินร้อนหรือลาวาจนเกิดเป็นคลื่นสึนามิได้ ดังเช่น การระเบิดของภูเขาไฟ กระจกัว ในปี ค.ศ. 1883 ซึ่งส่งคลื่นสึนามิ ออกไปทำลายตัวเกาะข้างเคียง ชีวิตและทรัพย์สินของผู้คนในเอเชีย มีจำนวนผู้ตายถึงประมาณ 36,000 ชีวิต

นอกเหนือไปจากนั้น ในกรณีที่มีความเป็นไปได้ไม่สูงมากนัก คือการที่เกิดอุกกาบาตขนาดใหญ่ตกใส่โลก ดังเช่นที่เกิดขึ้นเมื่อ 65 ล้านปีมาแล้ว ทำลายล้างชีวิตบนโลกเป็นส่วนใหญ่ กล่าวโดยสรุปได้ว่าสึนามิ จะเกิดขึ้นเมื่อ น้ำทะเลในปริมาตรมหาศาล ถูกผลักดันให้เคลื่อนออกจากตำแหน่งเดิมในแนวดิ่ง อย่างฉับพลันหรือกระทันหันชั่วพริบตา ด้วยพลังงานมหาศาล ซึ่งจะส่งผลให้น้ำทะเลกระจายตัวออกเป็นคลื่นสึนามิ และเมื่อคลื่นพัดไปถึงฝั่งใด ความพินาศสูญเสียชีวิตหรือความเสียหายที่เกิดจากคลื่นพัดถล่มก็จะตามมาอย่างทันทีทันใด

ในกรณีนี้ กล่าวโดยสรุปอีกครั้งหนึ่งได้ว่า คลื่นสึนามิ มีสาเหตุการเกิดหลายประการ ดังนี้

9.1 การเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกตามแนวรอยเลื่อนที่ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวที่มากกว่า 7.5 ตามมาตราริกเตอร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของพื้นที่ท้องทะเล และสร้างคลื่นน้ำที่มีพลังสามารถเคลื่อนที่ไปไกลหลายพันกิโลเมตร

9.2 การระเบิดอย่างรุนแรงของภูเขาไฟใต้ทะเล เป็นสาเหตุที่ส่งผลให้พื้นสมุทรสันสะเทือนและเกิดคลื่นยักษ์สึนามิได้ นอกจากนี้ การระเบิดของภูเขาไฟอาจทำให้เกิดการถล่มของปากปล่องภูเขาไฟ ส่งผลให้เกิดคลื่นสูงถึง 40 เมตร

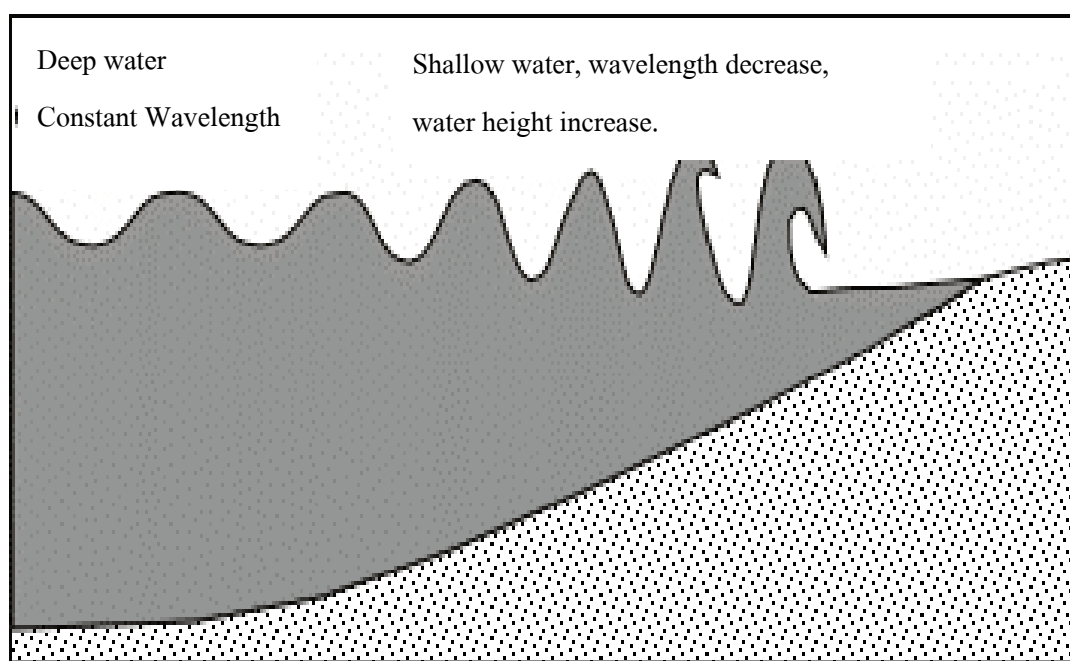
9.3 ดินถล่มที่พื้นท้องทะเล ที่มีมวลขนาดใหญ่ถล่มจากภูเขาใต้อ่าวหรือชายฝั่งทะเลลงใต้อ่าวทำให้น้ำถูกแทนที่ และเกิดเป็นคลื่นยักษ์ได้ นอกจากนี้เมื่อเกิดแผ่นดินไหวอาจทำให้เกิดดินถล่มใต้ทะเล มวลดินที่ยังไม่แข็งตัวถล่มลงมาแทนที่น้ำ ก่อให้เกิดคลื่นยักษ์สึนามิที่มีพลังรุนแรงได้

9.4 อุกกาบาตขนาดใหญ่ที่พุ่งชนโลก คลื่นยักษ์สึนามิอาจเกิดจากอุกกาบาตที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ถึง 6 กิโลเมตรขึ้นไป ตกลงสู่มหาสมุทร

9.5 การทดลองระเบิดนิวเคลียร์ใต้ทะเล

10. ลักษณะของคลื่นสึนามิ

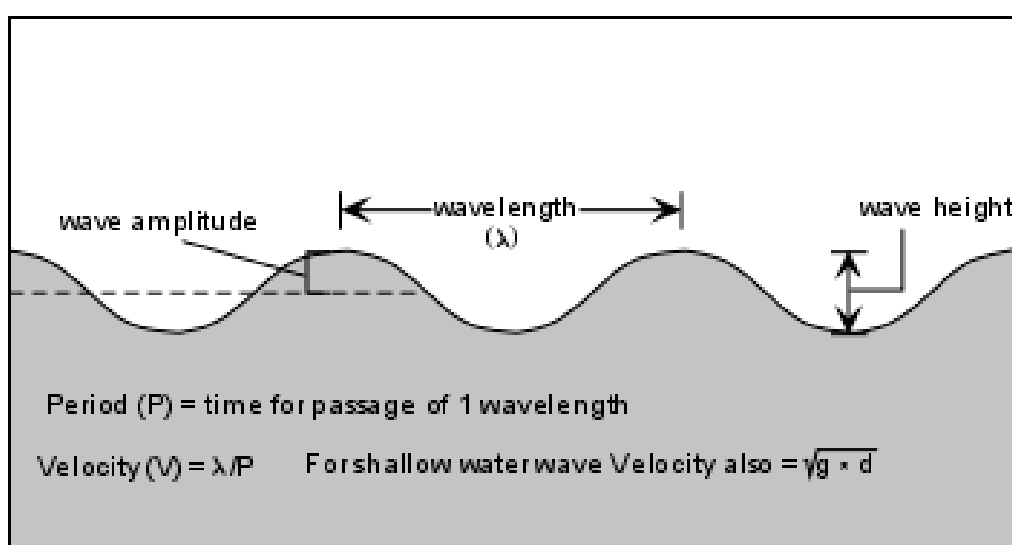
คลื่นสึนามิ เป็นคลื่นที่เกิดขึ้นในทะเล โดยตัวคลื่นจะมีความเร็วสูงในการเคลื่อนตัวจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือออกจากจุดกำเนิดไปโดยรอบในทุกทิศทางจนกว่าจะหมดพลังงานของคลื่น โดยความเร็วของคลื่นสึนามิ (Velocity - V) คลื่นสึนามิอาจจะมีความเร็วได้ถึง 750 กม./ชั่วโมง ซึ่งก็พอๆกับความเร็วของเครื่องบินพาณิชย์ที่เดียว โดยจะขึ้นอยู่กับความลึกที่เกิดแผ่นดินถล่มหรือทรุดตัวใต้ทะเลลึก หากแผ่นดินไหวยังเกิดที่ก้นทะเลลึกเท่าไร ความเร็วของสึนามิก็จะสูงขึ้นมากเท่านั้น เพราะปริมาณน้ำที่ถูกดูดหรือผลักดันให้เกิดการเคลื่อนตัวออกจากที่เดิม จะมีมากขึ้นไปตามความลึกคลื่นสึนามิจึงสามารถเคลื่อนที่ผ่านท้องทะเลอันกว้างใหญ่ได้ภายในเวลาไม่นาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าจุดเกิดแผ่นดินไหวครั้งสำคัญ บริเวณตอนเหนือของหมู่เกาะสุมาตรา ทำให้เกิดคลื่นสึนามิ โดยก่อให้เกิดผลกระทบต่อชายฝั่งอันดามัน ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง และกระทบต่อฝั่งตะวันออกของประเทศศรีลังกา อินเดีย หมู่เกาะมาดากัสการ์ ในเวลาเพียงชั่วข้ามคืน



ภาพที่ 1 ลักษณะการเกิดคลื่นสึนามิ

ที่มา: www.vcharkarn.com/

คลื่นทะเลทั่วไป จะเกิดจากลมพัดผลักดันน้ำส่วนที่อยู่ติดผิวน้ำ จะมีคาบการเดินทางเพียง 20-30 วินาทีจากยอดคลื่นหนึ่งไปยังอีกยอดหนึ่ง และระยะห่างระหว่างยอดคลื่น หรือความยาวคลื่น มีเพียง 100-200 เมตร แต่คลื่นสึนามิ มีคาบตั้งแต่ สิบนาทีไปจนถึงสองชั่วโมง และ ความยาวคลื่น มากกว่า 500 กิโลเมตรขึ้นไป คลื่นสึนามิ ถูกจัดว่า เป็นคลื่นน้ำตื้น คลื่นที่มีอัตราส่วนระหว่าง ความลึกของน้ำ และ ความยาวคลื่นต่ำมาก อัตราการสูญเสียพลังงานของคลื่น จะหักผันกับความยาวคลื่น (ระยะห่างระหว่างยอดคลื่น) ยกกำลังสอง เนื่องจาก สึนามิ มีความยาวคลื่นมาก ๆ และมีพลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า จึงสูญเสียพลังงานไปน้อยมาก ในขณะที่มันเคลื่อนตัวผ่านผืนสมุทร



ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของการเกิดคลื่นสึนามิ

ที่มา: www.vcharkarn.com/

สึนามิ เป็น คลื่นที่มีความเร็วเท่ากับอัตราวิถุณของความลึกของพื้นทะเลกับอัตราเร่งของแรงโน้มถ่วงของโลก

$$V = g \cdot d$$

โดยที่ V คือ ความเร็วของคลื่น

g คือ อัตราเร่งของแรงโน้มถ่วงโลก (ซึ่งมีค่า 9.8 เมตร/วินาที²)

d คือ ความลึกของพื้นทะเล

สมมติว่า แผ่นดินไหวเกิดที่ท้องทะเลลึก 6,100 เมตร สึนามิจะเดินทางด้วยความเร็วประมาณ 880 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะสามารถเดินทางข้ามฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกด้วยเวลาน้อยกว่า 24 ชั่วโมง เมื่อสึนามิ เดินทางมาถึงชายฝั่ง กันทะเลที่ตื้นขึ้นก็จะทำให้ความเร็วของคลื่นลดลง เพราะความเร็วของคลื่นสัมพันธ์กับค่าความลึกโดยตรง แต่คาบยังคงที่ พลังงานรวมที่มีค่าคงที่ ก็ถูกถ่ายเทไปดันตัวให้คลื่นสูงขึ้น

$$\text{ค่าความเร็ว} \quad V = \lambda / P$$

โดยที่ V คือ ความเร็วของคลื่น

λ ความยาวคลื่น คือระยะห่างจากยอดคลื่นหนึ่งไปยังยอดคลื่นถัดไป

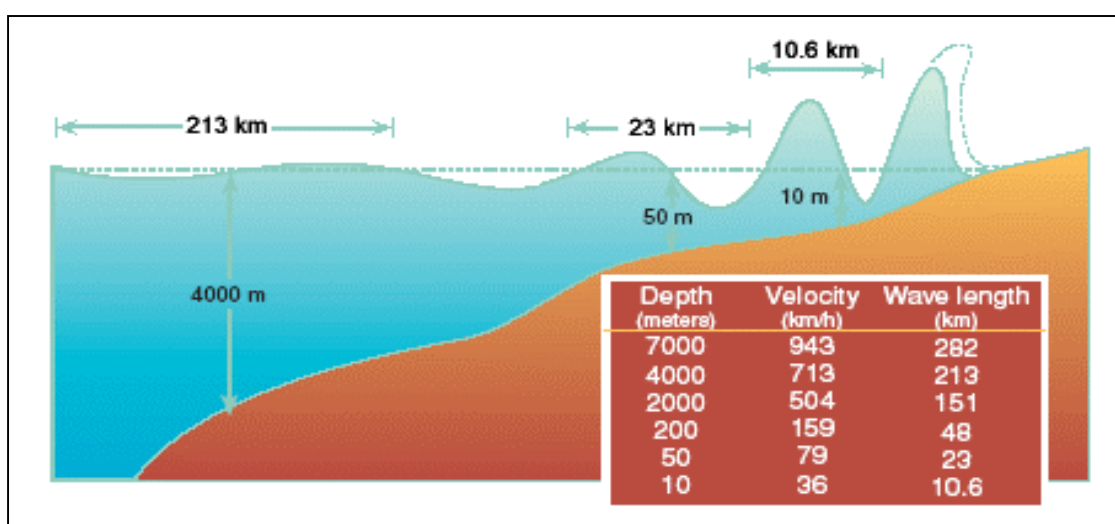
P คือ คาบเวลาระหว่างยอดคลื่นหนึ่งเดินทางมาถึงที่ที่ยอดคลื่นก่อนหน้าเพิ่งผ่านไป

ความเร็วของคลื่น มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับช่วงความถี่ของคลื่นในแต่ละลูก ดังจะเห็นได้จาก ความเร็วของคลื่นแต่ละลูกที่จะพัดกระทบชายฝั่งอย่างรุนแรงหรือเบาบางนั้น ขึ้นอยู่กับค่าความแปรผันของความยาวคลื่น (λ) ซึ่งเป็นไปได้ในลักษณะของการแปรผันในทางตรง และผกผัน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของการเกิดคลื่นสึนามิ

V (ความเร็วคลื่น)	λ (ความยาวคลื่น)	P (คาบเวลาของคลื่น)	ความสัมพันธ์
เพิ่มขึ้น	คงที่	ลดลง	แปรผกผัน
ลดลง	คงที่	เพิ่มขึ้น	
เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	คงที่	แปรผันตามกัน
ลดลง	ลดลง	คงที่	

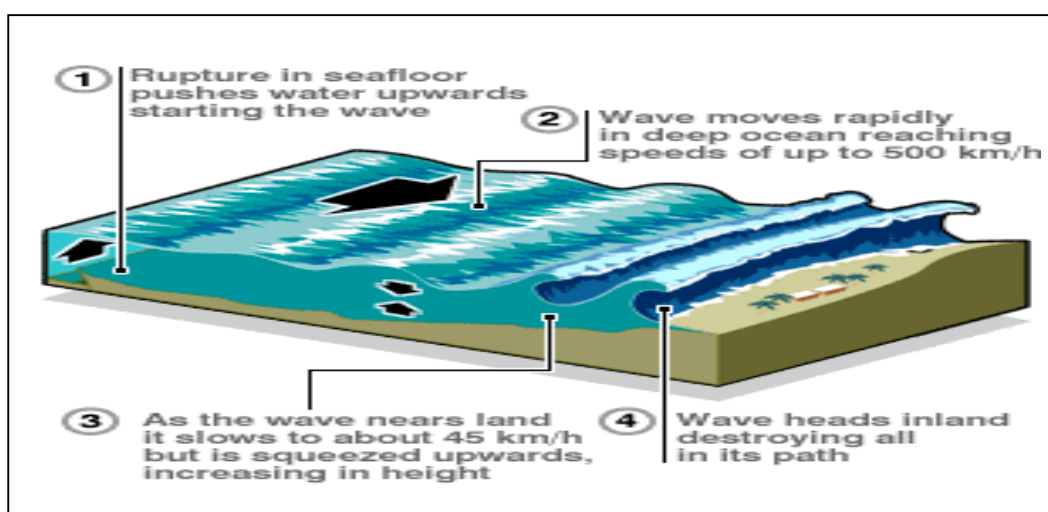
ถ้าขอดคลื่นเข้าถึงฝั่งก่อน ก็เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Dragdown คือ ดูเหมือนระดับน้ำจะลดลงอย่างกระทันหัน ขอบน้ำทะเลจะหดตัวออกจากฝั่งไปเป็นร้อย ๆ เมตรอย่างฉับพลัน และในทันทีที่ขอดคลื่นต่อมาได้มาถึง ก็จะเป็นกำแพงคลื่นสูงมาก ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของชายหาด จะมีความสูงของคลื่นต่างกัน ดังนั้น คลื่นสึนามิ จากแหล่งเดียวกัน จะเกิดผลที่ต่างกับชายหาดที่กันได้ น้ำที่ท่วมเข้าฝั่งกระทันหัน อาจไปไกลได้มากกว่า 300 เมตร แต่คลื่นสึนามิ สามารถเดินทางขึ้นไปตามปากแม่น้ำหรือลำคลองที่ไหลลงทะเลได้ทันที หากรู้ตัวว่าจะมีคลื่นสึนามิเกิดขึ้นและสามารถแจ้งเตือนหรืออพยพประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยออกไปได้ก่อน และให้อยู่ในพื้นที่สูงหรือห่างจากชายฝั่งก็จะปลอดภัย (www.vcharkarn.com)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก ความเร็ว และความยาวของคลื่นสึนามิ

ที่มา: www.globalsecurity.org/eye/images/tsunami-3.jpg

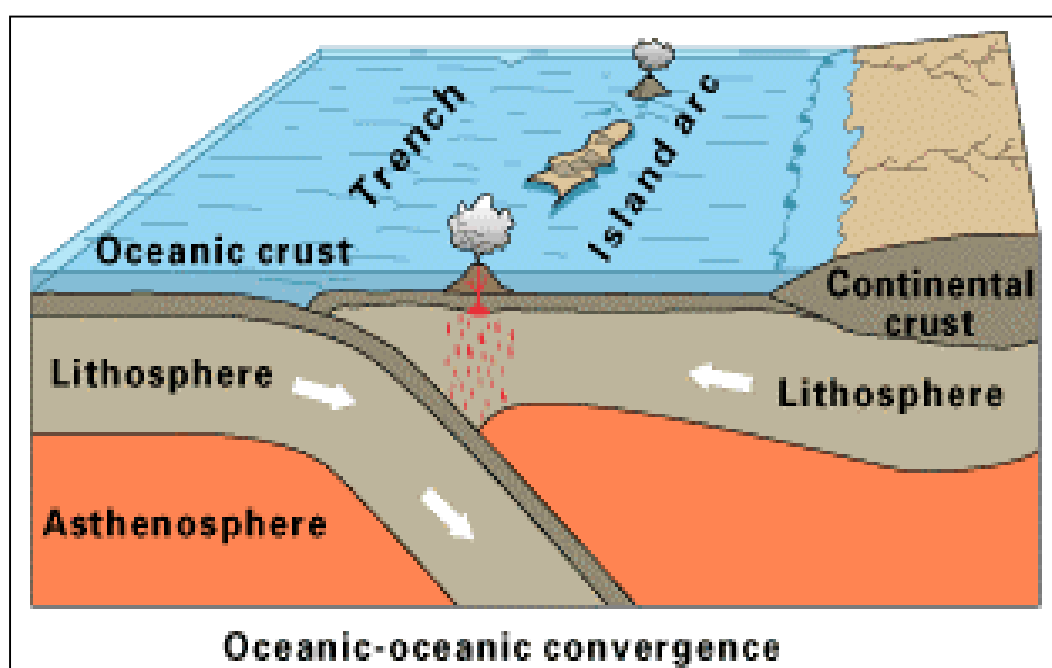
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นสึนามิ แสดงด้วยสมการของ Langrange's Law ที่ว่า ความเร็วคลื่นเป็นรากที่สองของผลคูณความลึกกับอัตราเร่งของความโน้มถ่วงของโลก เช่น ถ้าในทะเลอันดามัน มีความลึก 4,000 เมตร คำนวณความเร็วของคลื่นสึนามิได้ประมาณ 713 กม./ชม. ความห่างของตัวคลื่นเมื่อวัดจากยอดคลื่นจะห่างกันมาก หากระดับความลึกของคลื่นลดน้อยลง หรือมีการพัดพาคลื่นสึนามิเข้าหาฝั่งมากยิ่งขึ้น ความห่างระหว่างยอดคลื่นในแต่ละลูกจะสั้นลง และคลื่นจะมีความสูงและพลังงานสะสมมาก



ภาพที่ 4 ลักษณะคลื่นที่เคลื่อนตัวเข้าฝั่ง

ที่มา: www.globalsecurity.org/eye/images/tsunami-4.jpg

การเคลื่อนที่ของเปลือกโลกที่เรียกว่า **Subduction** (ภาพโดย USGS) การเกิดแผ่นดินถล่มใต้ท้องทะเลลึก มักจะมาจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกสองแผ่นที่ดันเข้าหากัน แรงเสียดทานจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนเมื่อถึงจุดที่แรงปะทะจากแผ่นเปลือกโลกมีเหนือค่าแรงเสียดทานแล้ว ก็จะเกิดการเคลื่อนตัวอย่างฉับพลัน การเคลื่อนตัวที่แผ่นหนึ่งมุดเข้าใต้อีกแผ่น เรียกว่า Subduction ทำให้เปลือกโลกตรงรอยต่อ ถูกหนูนสูงขึ้นหรือทรุดฮวบยวบตัวลง น้ำทะเลเหนือส่วนนั้นก็ถูกดันหรือดูดเข้ามาแทนที่อย่างฉับพลัน การเคลื่อนตัวของน้ำในปริมาตรหลาย ๆ ล้านตัน ทำให้เกิดคลื่นสะท้อนออกไปทุกทิศ เป็นแหล่งกำเนิดของ คลื่นสึนามิ นั่นเอง

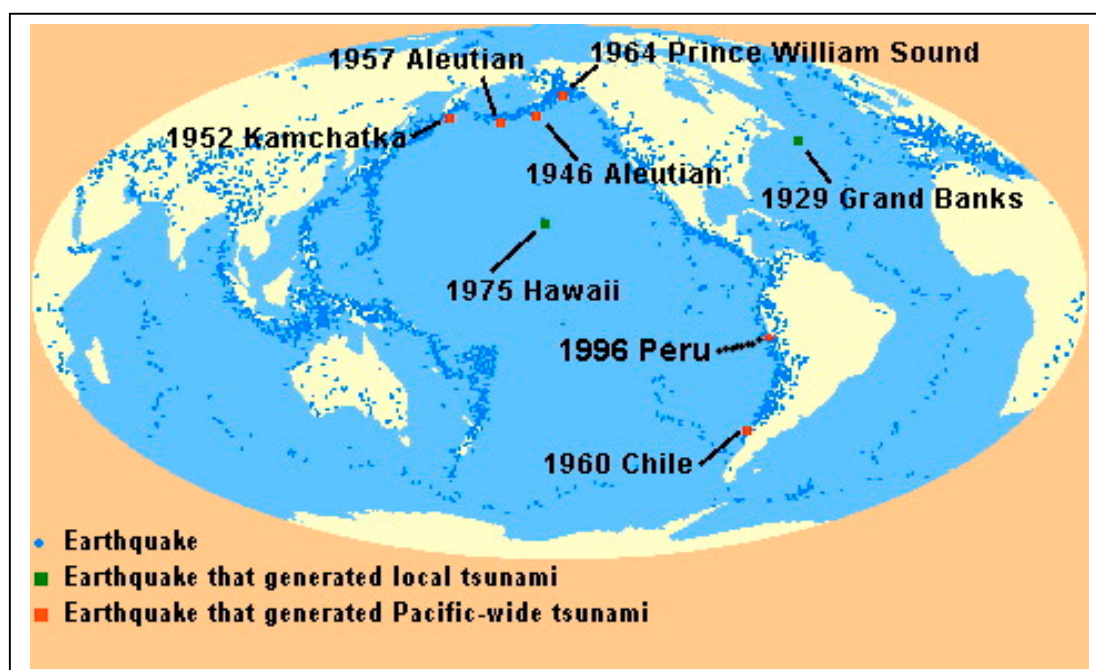


ภาพที่ 5 การเคลื่อนที่ของเปลือกโลก

ที่มา: <http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php?Aid=267>

11. บริเวณที่มักเกิดคลื่นสึนามิและเหตุการณ์ที่เกิดคลื่นสึนามิครั้งใหญ่

คลื่นสึนามิสามารถเกิดขึ้นในทุกๆ ภูมิภาคหรือในทุกๆ บริเวณมหาสมุทรอันกว้างใหญ่ไพศาล ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของคลื่นและบริเวณที่เกิด คลื่นสึนามิเป็นปรากฏการณ์ที่มักเกิดขึ้นในมหาสมุทรแปซิฟิก เนื่องจากในย่านมหาสมุทรแปซิฟิกเป็นเขตที่มีแนวของการเกิดแผ่นดินไหวและภูเขาไฟใต้มหาสมุทรมาก จุดกำเนิดสำคัญของคลื่นสึนามิในแปซิฟิก ก็คือบริเวณร่องลึกก้นสมุท นอกชายฝั่งอลาสกา หมู่เกาะคูริล รัสเซียและทวีปอเมริกาใต้โดยเฉพาะในเขตแปซิฟิก ตอนกลาง (Mid-Pacific) บริเวณหมู่เกาะฮาวายมักจะประสบกับคลื่นสึนามิบ่อยครั้ง คลื่นสึนามิที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะอยู่ในบริเวณ Pacific Seismic Belt ประมาณร้อยละ 80 เป็นแหล่งต้นกำเนิดคลื่น ซึ่งในแถบมหาสมุทรแปซิฟิกมีโอกาสเสี่ยงสูงมากกว่าในบริเวณอื่น ๆ เพราะว่ามีมหาสมุทรแปซิฟิกมีพื้นที่มากกว่า 1 ใน 3 ของผิวโลก แล้วล้อมรอบด้วยร่องน้ำลึก ก้นสมุทร อันเกิดจากแผ่นดินโลกมุดตัว บวกกับถูกกระหนาบด้วยแนวโค้งของหมู่เกาะภูเขาไฟอีก



ภาพที่ 6 แสดงบริเวณที่มักเกิดคลื่นสึนามิ

ที่มา: <http://earthquake.usgs.gov>

บริเวณแนวมุดตัวของเปลือกโลก ซึ่งก่อให้เกิดแผ่นดินไหว ซึ่งถ้ามีขนาดรุนแรงมากกว่า 7.5 ริกเตอร์นั้น อาจก่อให้เกิดคลื่นยักษ์สึนามิ บริเวณมุดตัวดังกล่าว ได้แก่ เกาะสุมาตรา หมู่เกาะนิโคบาร์ หมู่เกาะอันดามัน

สำหรับสึนามิที่เคยเกิดในย่านมหาสมุทรอินเดียพอที่จะรวบรวมได้ดังนี้

- เมื่อ 326 ปีก่อนคริสต์ศักราช เกิดแผ่นดินไหวใกล้สามเหลี่ยมปากแม่น้ำสินธุ ประเทศอินเดีย ส่งผลให้เกิดสึนามิ เข้าโจมตีกองเรือรบของกษัตริย์อเล็กซานเดอร์มหาราช ขณะเดินทางกลับประเทศกรีก (Lietzin, 1974)
- พ.ศ. 2067 เกิดสึนามิใกล้เมืองดาพอล รัฐมหาราษฏร์ ประเทศอินเดีย
- พ.ศ.2305 เกิดแผ่นดินไหวที่ชายฝั่งอารากัน สหภาพพม่า ส่งผลให้เกิดสึนามิ ทำความเสียหายกับบริเวณชายฝั่งทะเลในอ่าวเบงกอล
- พ.ศ.2340 เกิดแผ่นดินไหวในทะเลทางทิศตะวันตกของตอนกลางเกาะสุมาตรา ด้วยขนาด 8.4 ริกเตอร์ ทำให้เกิดสึนามิ เข้าชายฝั่งเมืองปาดัง ประเทศอินโดนีเซีย มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 300 คน
- พ.ศ.2376 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.7 ริกเตอร์ นอกชายฝั่งตะวันตกด้านทิศใต้ของเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ส่งผลให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ทำความเสียหายให้แก่บริเวณดังกล่าว และมีผู้เสียชีวิตมากมาย
- พ.ศ.2386 มีคลื่นขนาดใหญ่เคลื่อนตัวเข้าสู่หมู่เกาะ Nias มีรายงานการสูญเสียชีวิตจำนวนมาก
- พ.ศ. 2424 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.9 ริกเตอร์ ที่หมู่เกาะอันดามัน ส่งผลให้เกิดสึนามิ มีคลื่นสูง 1 เมตร เข้ากระแทกชายฝั่งด้านตะวันออกของคาบสมุทรอินเดีย

- 27 สิงหาคม 2426 เวลาเช้าตรู่ภูเขาไฟกระคะตั่ว ในประเทศอินโดนีเซียเกิดระเบิดต่อเนื่องกัน 3 ครั้ง เป็นผลให้ปากปล่องภูเขาไฟทะลาลงทะเลส่งผลให้เกิดสึนามิต่วมหาสมุทรอินเดีย ที่เกาะชวา และเกาะสุมาตรามีความสูงของคลื่นสึนามิ 15 - 42 เมตร ทำให้มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 36,000 คน

- 26 มิถุนายน 2484 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.7 ริคเตอร์ ที่ระหว่างหมู่เกาะนิโคบาร์-อันดามัน แรงสั่นสะเทือนรับรู้ได้ถึงแนวชายฝั่งของประเทศอินเดีย และศรีลังกา ทำให้เกิดสึนามิตามมา มีการบันทึกว่ามีความสูงของคลื่น 1 เมตร และเชื่อว่ามีผู้เสียชีวิตในครั้งนี้นับน้อยกว่า 5,000 คน

- 27 พฤศจิกายน 2488 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.9 ริคเตอร์ มีศูนย์กลางบริเวณชายฝั่งทะเลเมืองมิกราน ทางทิศใต้ประมาณ 100 กิโลเมตร ของเมืองหลวง ประเทศปาเกีสถาน เป็นผลให้เกิดสึนามิทำความเสียหายให้แก่ชายฝั่งทะเลด้านทิศตะวันตกของประเทศอินเดีย

ตารางที่ 2 ระดับความรุนแรงของสึนามิในประเทศไทย (Tida, 1963)

ระดับความรุนแรงสึนามิ	ความสูงของคลื่นที่ชายฝั่ง (เมตร)	พลังงานสึนามิ ($\times 10^{23}$ Ergs)
5.0	> 32	25.6
4.5	24 – 32	12.8
4.0	16 – 24	6.4
3.5	12 – 16	3.2
3.0	8 – 12	1.6
2.5	6 – 8	0.8
2.0	4 – 6	0.4
1.5	3 – 4	0.2
1.0	2 – 3	0.1
0.5	1.5 – 2	0.05
0.0	1 – 1.5	0.025
-0.5	0.75 – 1	0.0125
-1.0	0.50 – 0.75	0.006
-1.5	0.30 – 0.50	0.003
-2.0	< 0.30	0.0015

หมายเหตุ ลูกระเบิด TNT หนัก 1 ออนซ์ เมื่อระเบิดใต้ดินมีพลังงานประมาณ 640×10^6 Ergs
(Ergs = หน่วยของงานหรือพลังงาน ของหน่วยเมตริกซ์ใช้ในการคำนวณทาง
วิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์)

12. ระบบเตือนภัยสึนามิ (Tsunami Warning System : TWS)

โครงการระบบเตือนภัยกับสึนามิ ประกอบไปด้วย สมาชิกจาก 26 ชาติ ซึ่งมีการทํางานในการติดตามตรวจสอบคลื่นแผ่นดินไหวและสถานีวัดระดับน้ำทะเลในบริเวณเขตแปซิฟิก เพื่อใช้ประเมินศักยภาพการเกิดคลื่นสึนามิและใช้สำหรับให้ข้อมูลข่าวสารเตือนภัยเรื่องสึนามิ โดยมีศูนย์เตือนภัยสึนามิภาคพื้นแปซิฟิก (Pacific Tsunami Warning Center : PTWC) เป็นศูนย์ปฏิบัติงานด้านสึนามิในเขตแปซิฟิกตั้งอยู่ใกล้ ฮอนโนลูลู ฮาวาย ศูนย์เตือนภัยสึนามินี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการความช่วยเหลือระหว่างชาติในการช่วยรักษาชีวิตและปกป้องทรัพย์สินซึ่งหน่วยงาน National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA และหน่วยงานให้บริการข้อมูลอากาศระหว่างประเทศไทย โดยดำเนินการรับผิดชอบ 2 ศูนย์ คือ

12.1 ศูนย์เตือนภัยสึนามิอลาสกา (Alaska Tsunami Warning Center : ATWC) ในเมืองพาลเมอร์ (Palmer) อลาสกา (Alaska) ครอบคลุมเขตรับผิดชอบแถบ บริติช โคลัมเบีย (British Columbia) วอชิงตัน (Washington) โอเรกอน (Oregon) และแคลิฟอร์เนีย (California) ประเทศสหรัฐอเมริกา

12.2 ศูนย์เตือนภัยสึนามิเขตแปซิฟิก ใน Ewa Beach, Hawaii โดยครอบคลุมบริเวณหมู่เกาะฮาวายและแปซิฟิก

การที่ความสูงของคลื่นสึนามิเพียงเล็กน้อยในขณะที่เคลื่อนตัวในน้ำลึก ระบบที่ใช้ตรวจจับคลื่นยักษ์นี้ ยังไม่ได้ถูกพัฒนาเท่าที่ควร ศูนย์เตือนภัยสึนามิแปซิฟิกในหมู่เกาะฮาวายจึงเป็นศูนย์ที่ให้ข้อมูล และข่าวสารในย่านแปซิฟิก ซึ่งจะมีแถลงข่าวที่ออกประกาศถึงการเกิดคลื่นสึนามิ 2 แบบ คือ การเฝ้าระวังและการเตือนภัย การแถลงข่าวการเฝ้าระวังเรื่องสึนามิ จะออกอากาศเมื่อแผ่นดินไหวเกิดขึ้นขนาด 6.75 ตามมาตราวัดริกเตอร์ หรือมากกว่านั้น

ส่วนการแถลงการณ์เตือนภัยนั้น จะกระทำต่อเมื่อได้ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำ ซึ่งบ่งชี้ถึงศักยภาพที่สามารถก่อให้เกิดสึนามิได้ สถานีวัดระดับน้ำจะทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับ น้ำรอบ ๆ สถานี และจะประกาศเตือน เมื่อคุณสมบัติของข้อมูลตรงกับศักยภาพของการเกิดคลื่นสึนามิ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวนี้ ไม่เป็นที่น่าเชื่อถือมากนัก จากสถิติประมาณร้อยละ 75 ของการเตือนภัยทั้งหมดตั้งแต่ปี 1948 เป็นต้นมานั้น มีความผิดพลาดอยู่เสมอ ดังตัวอย่างเหตุการณ์ปี 1948 ที่ฮอนโนลูลู ซึ่งมีประกาศเตือนภัยทำให้ต้องอพยพผู้คนและเป็นการเตือนภัยที่ผิดพลาด โดยเหตุการณ์นั้นไม่เกิดขึ้นทำให้สิ้นค่าใช้จ่ายกว่า 30 ล้านดอลลาร์

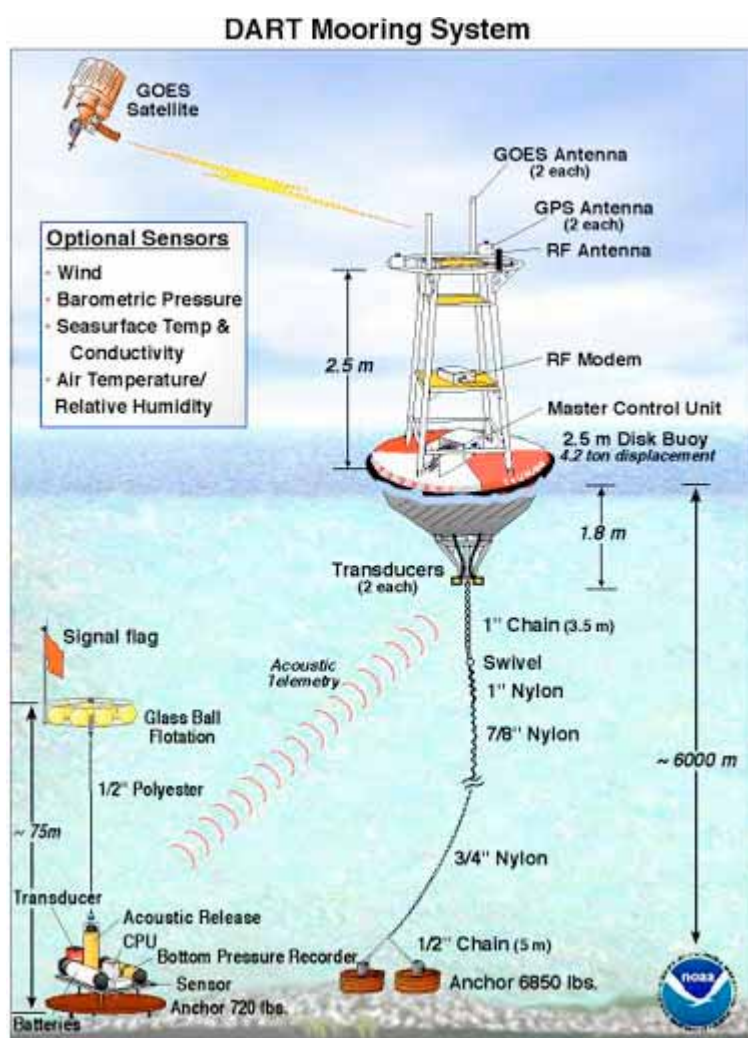
สำหรับประเทศไทย ยังไม่มีศูนย์เตือนภัยสึนามิที่สมบูรณ์แบบและครบวงจร ซึ่งในขณะนี้ กำลังรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยมีผู้เชี่ยวชาญทางด้านนี้ของ ประเทศไทย เป็นผู้นำ คือ ดร.สมิทธิ์ ธรรมสโรจน์ อดีตอธิบดีกรมอุตุฯนิยมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นผู้เคย ทำนายว่าสึนามิจะเกิดในประเทศไทย ได้อย่างแม่นยำเมื่อปี พ.ศ. 2541 ปัจจุบันได้รับการแต่งตั้งให้เป็น ผู้ช่วยรัฐมนตรี ให้รับผิดชอบในการจัดทำโครงการเตือนภัยดังกล่าว

ระบบเตือนภัย “สึนามิ” ของประเทศสหรัฐอเมริกา ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือที่เรียกย่อ ๆ ว่า DART (Deep Ocean Assessment and Reporting on Tsunami) โดยมีการติดตั้งทุ่นในทะเล เพื่อ วัดแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว การเปลี่ยนแปลงของคลื่นในทะเลอย่างละเอียดและสามารถ รายงานผลได้ตลอดเวลา (Real Time) ข้อมูลที่ได้จะมีการส่งผ่านดาวเทียม NOAA GOES และ ถ่ายทอดสัญญาณมายังสถานีภาคพื้นดิน เพื่อดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียดและออก ประกาศเตือนภัยต่อไป



ภาพที่ 7 ทุ่นวัดแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

ที่มา: [National Oceanic & Atmospheric Administration \(NOAA\)](http://www.noaa.gov)



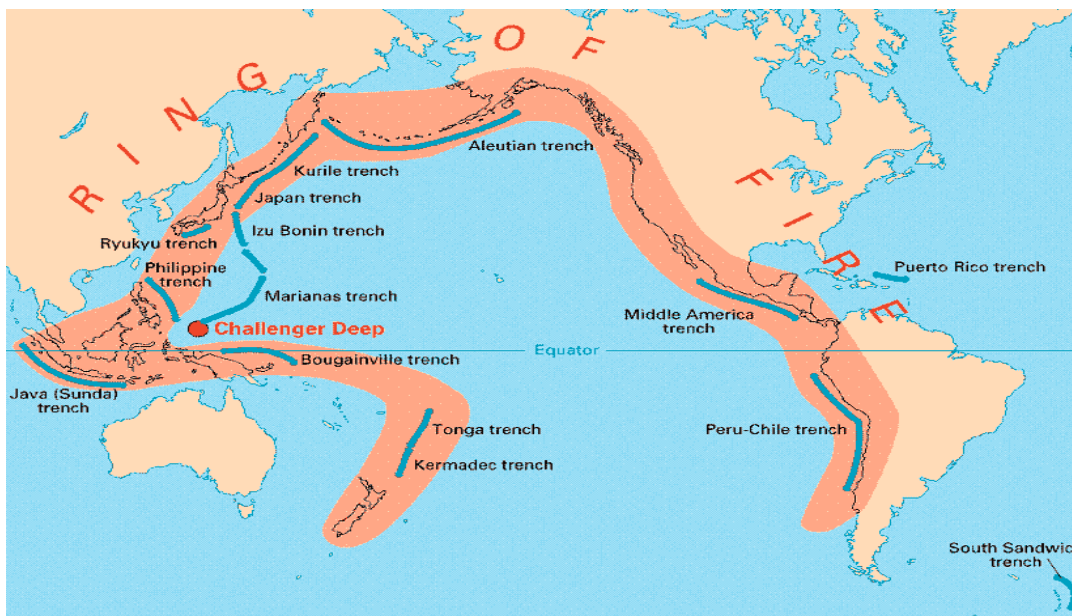
ภาพที่ 8 ระบบเตือนภัยสึนามิของสหรัฐอเมริกา

ที่มา: [DART Mooring System](#)

13. สาเหตุการเกิดคลื่นสึนามิ ในประเทศอินโดนีเซีย เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547

ข้อมูลจากกรมธรณีวิทยา สหรัฐ (U.S. Geological Survey : USGS) แผ่นดินไหวอย่างรุนแรง ในวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ที่ผ่านมานั้น เกิดจากการที่เปลือกโลกสองแผ่น คือ แผ่นอินเดีย (Indian Fault) และแผ่นพม่า (Burmese Fault) เคลื่อนตัวเข้าหากัน โดยแผ่นอินเดีย ถูกผลักดันให้เบียดผ่านแผ่นพม่า เมื่อแรงกดดันมีสูงเหนือแรงเสียดทานที่แผ่นดินสองแผ่นครูดเข้าไต่กัน ก็สปริงตัวเคลื่อนไหวอย่างฉับพลัน เพื่อผ่อนคลายพลังงานหรือแรงเครียดที่สองแผ่นอัดอั้นมาเป็นเวลานาน

แผ่นอินเดียมุดลงตรงแนวที่เรียกว่า Sunda Trench ซึ่งอยู่ทางตะวันตกของจุดศูนย์กลางที่เกิดแผ่นดินไหว Sunda Trench คือแนวร่องที่เปลือกโลกสามแผ่นมาชนกัน คือ แผ่นอินเดียกับแผ่นออสเตรเลีย (Australia Fault) และแผ่นพม่า เกิดเป็นร่องเป็นแนวยาวที่ภาษาทางธรณีวิทยาเรียกว่า Trench บริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวนั้น แผ่นอินเดียเคลื่อนตัวด้วยความเร็ว 6 เซนติเมตร ต่อปี หากถือให้แผ่นพม่าอยู่นิ่ง ๆ ผลก็คือตรงที่แผ่นเคลื่อนเข้าหากันนั้น ชนกันเป็นแนวเฉียงทแยงขึ้น แรงดันนั้นทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกที่แตกออก ห่างไปทางตะวันตก หลายร้อย กิโลเมตร ซึ่งแตกเป็นแนวยาวขนานกับ Sunda Trench การเกิดแผ่นดินไหวครั้งนี้ เป็นกระบวนการที่เรียกว่า Trust-Faulting



ภาพที่ 9 ลักษณะการชนกันของเปลือกโลก

ที่มา: <http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php?Aid=267&page=3>

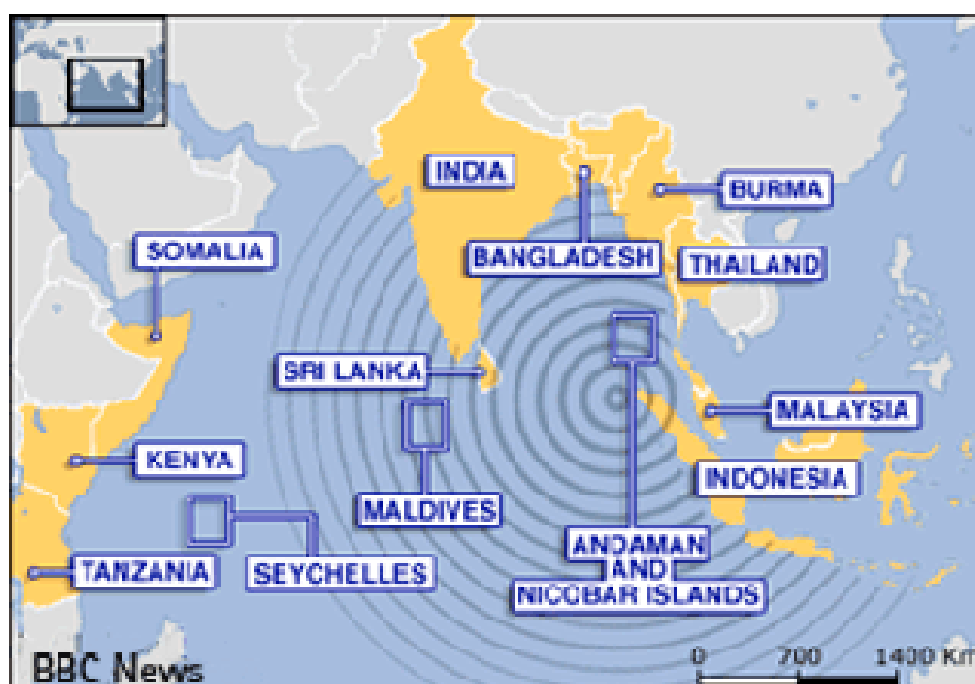
14. ประเทศที่ประสบภัยคลื่นยักษ์สึนามิ

จากความรุนแรงของแผ่นดินไหวขนาด 9.0 ตามมาตราริกเตอร์ ในทะเลอันดามันลึกลงไป ในมหาสมุทร 30 กิโลเมตรนั้น USGS ได้รายงานว่า ผลของแผ่นดินไหวในครั้งนี้จะส่งผลให้เกิด คลื่นสึนามิแพร่กระจายไปทั่วมหาสมุทรอินเดีย ประเทศที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นสึนามิในครั้งนี้ ทั้งหมด 17 ประเทศ ประกอบด้วย

- 1) อินโดนีเซีย
- 2) มาเลเซีย
- 3) พม่า
- 4) บังกลาเทศ
- 5) อินเดีย
- 6) ศรีลังกา
- 7) มัลดีฟส์
- 8) โซมาเลีย
- 9) เซเชลส์
- 10) มาดากัสการ์
- 11) เคนยา
- 12) แทนซาเนีย
- 13) โมซัมบิก
- 14) มอริเชียส
- 15) อัฟริกาใต้
- 16) ออสเตรเลีย
- 17) ไทย

15. สึนามิในประเทศไทย

เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 เวลาประมาณ 07.58 น. (ตามเวลาในประเทศไทย) ได้เกิดแผ่นดินไหว มีศูนย์กลางอยู่ที่บริเวณด้านตะวันตกของหัวเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย หรือที่ ละติจูด 3.4 องศาเหนือ ลองจิจูด 95.7 องศาตะวันออก ลึกลงไปในแผ่นดิน ประมาณ 40 กิโลเมตร มีขนาดความแรงประมาณ 9.0 ตามมาตราริกเตอร์ (ขนาดความแรงเป็นอันดับที่ 5 ของโลก ในรอบ 100 ปี) รู้สึกได้ในหลายจังหวัดของประเทศไทยโดยเฉพาะตึกสูงบริเวณ กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ เชียงราย สงขลา และภูเก็ต และส่งผลให้เกิดคลื่นใต้น้ำขนาดใหญ่ที่เรียกว่า Tsunami (สึนามิ) ถล่มพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน ภาคใต้ของประเทศไทย หมู่เกาะอาเงะห์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ศรีลังกา อินเดีย บังกลาเทศ หมู่เกาะนิโคบา หมู่เกาะมัลดีฟส์ พม่า รวมถึงโซมาเลีย เนปาล แทนซาเนีย และหมู่เกาะเซเชล ในทวีปแอฟริกา ก็ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวและคลื่นยักษ์ที่ซัดไปถึงด้วย



ภาพที่ 10 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นยักษ์สึนามิ

ที่มา: <http://www.vcharkarn.com>

ประเทศไทยได้รับความเสียหายจากธรณีพิบัติภัยครั้งนี้ ซึ่งเกิดจากคลื่นสึนามิถล่มชายฝั่งทะเลอันดามัน รวม 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล คลื่นสึนามิครั้งนี้ ทำความเสียหายอย่างรุนแรง ทำให้มีผู้เสียชีวิตทั้งคนไทย และต่างชาติมากกว่า 5,395 คน และสูญหายมากกว่า 2,000 คน บาดเจ็บประมาณ 8,000 คน ส่วนอาคารบ้านเรือน โรงแรมที่พักเสียหายอย่างยับเยิน และพื้นที่ชายฝั่งทะเลไทยได้รับผลกระทบมากกว่า 475,000 ไร่ (www.dmr.go.th/tsunami2/tsunami3.html) และคลื่นสึนามิยังพัดพาน้ำ ดิน และทรายจากทะเล ทำความเสียหายกับอาคาร โรงแรม ตามชายหาด และสถานที่ต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ การเกิดแผ่นดินไหวและคลื่นสึนามิยังมีผลกระทบต่อสภาพภูมิประเทศด้วย เช่น พื้นที่ชายหาด ร่องน้ำ เกาะเล็ก ๆ ป่าชายเลน เป็นต้น พื้นที่ที่เสียหายอย่างรุนแรง ได้แก่ ภูเก็ต (ชายหาดอ่าวป่าตอง หาดกมลา อ่าวกะรน และอ่าวกะตะ ฯลฯ) พังงา (บ้านเขาหลัก บ้านน้ำเค็ม บ้านบางละโชน ฯลฯ) กระบี่ (เกาะพีพี)

ลำดับเหตุการณ์ของสึนามิที่มีผลกระทบกับประเทศไทยในวันที่ 26 ธันวาคม 2547 โดยมียอดคลื่นสูงสุด 10 เมตร พัดเข้าสู่ชายฝั่งทะเลอันดามัน ซึ่งสามารถลำดับเหตุการณ์ได้ดังนี้

เวลา 09.35 น. น้ำทะเลแห้งจากบริเวณชายหาดโดยถดถอยลงเป็นระยะทาง 100 เมตร เป็นเวลา 5 นาที

เวลา 09.38 น. คลื่นสูงประมาณ 2-3 เมตร เข้ากระทบฝั่ง

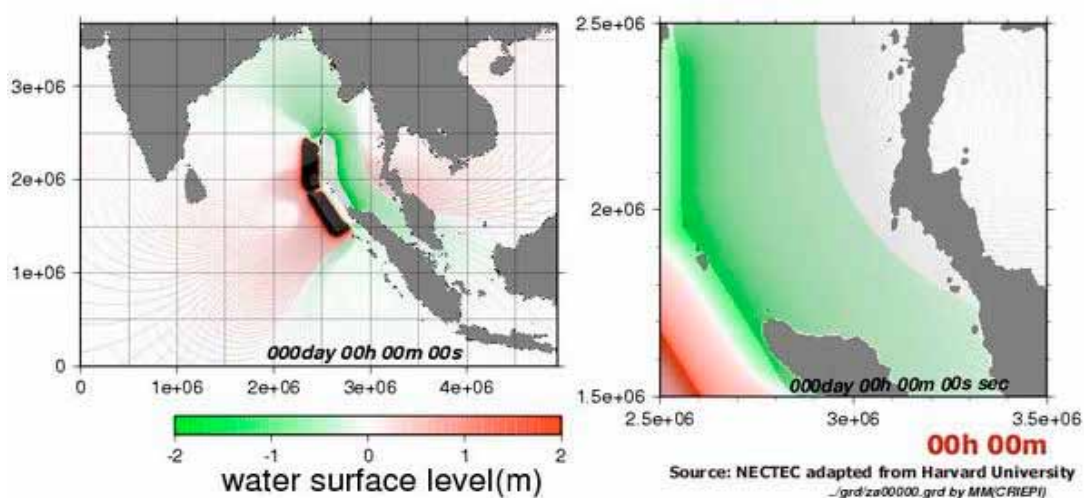
เวลา 09.43 น. คลื่นสูง 6 - 7 เมตร เข้ากระทบฝั่ง

เวลา 10.03 น. คลื่นสูงเกินกว่า 10 เมตร เข้ากระทบฝั่งเป็นเวลา 20 นาที

เวลา 10.20 น. คลื่นสูง 5 เมตร เข้ากระทบฝั่ง ทำให้เกิดน้ำท่วมอยู่ประมาณ 1 ชั่วโมง และน้ำทะเลกลับสู่ระดับปกติเวลาประมาณ 12.00 น.

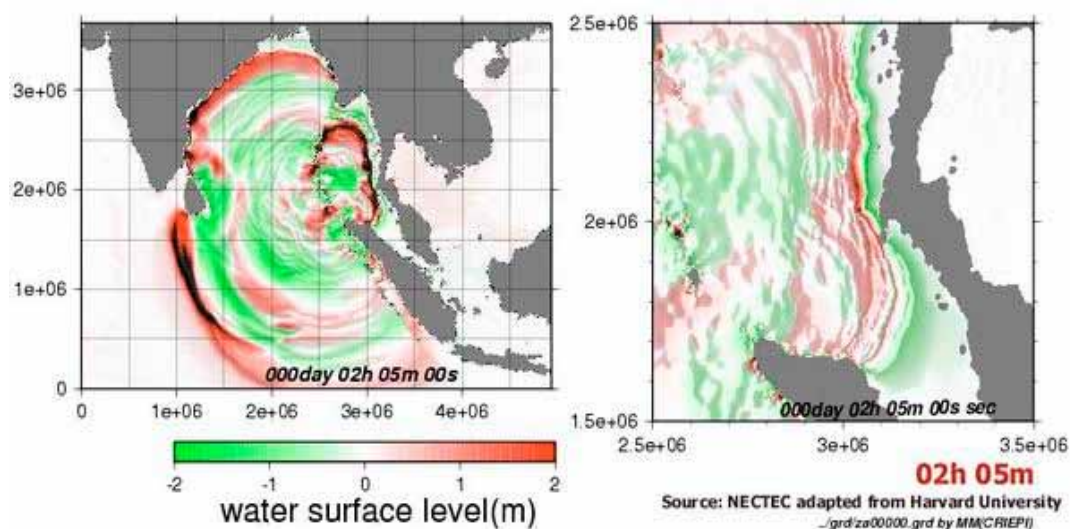
15.1 เปรียบเทียบเวลาของกรมอุทกศาสตร์ กับแบบจำลองของมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด

มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ได้จัดทำคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ จำลองภาพคลื่นสึนามิ โดยกำหนดให้ต้นตอของคลื่น เกิดจากแผ่นดินไหวแบบ Megatrast ได้มหาสมุทร ซึ่งเกิดขึ้นหลายครั้ง ตามแนวของแผ่น Tectonic ที่พื้นสมุทร เกิดความเคลื่อนไหวทางแนวดิ่งในเวลา 07:59 (GMT+7 หรือเวลาในประเทศไทย) จากนั้น ได้เกิดแผ่นดินไหวที่ตามมา (After Shocks) อีกหลายครั้ง (ดูแผนที่และเวลาของ ตามแนวตะวันตก นอกชายฝั่งสุมาตราตอนเหนือ ไปถึงบริเวณ หมู่เกาะ อันดามัน และหมู่เกาะนิโคบาร์ จากแนวที่มีการสร้างคลื่น เป็นเส้นแนวเหนือใต้ จะทำให้เกิดการ ก่อตัว ของคลื่นสึนามิ ในเวลาที่เรียกว่า 0:00 เทียบกับเวลาแผ่นดินไหว ตามภาพที่ 12 และ ภาพที่ 13 แสดงผล จากการเดินภาพ ของการจำลอง มาถึงจุดที่ ระดับน้ำที่หาดป่าตอง (ชายฝั่งอันดามัน ของ เกาะภูเก็ต) ลดลงต่ำสุด ที่เวลา 01h 35m (หนึ่งชั่วโมง 35 นาที นับจากแผ่นดินไหว) และ ภาพที่ 14 แสดงการจำลองภาพ ณ จุดที่ระดับน้ำ ที่หาดป่าตอง มีระดับสูงสุด ที่เวลา 2h 05m (สองชั่วโมง 5 นาที นับจากแผ่นดินไหว)



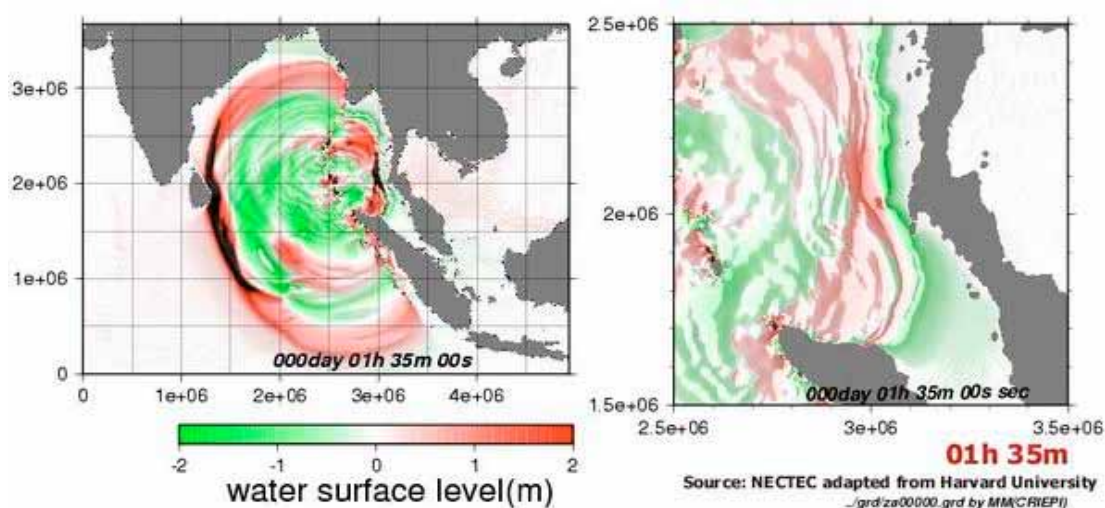
ภาพที่ 12 สถานภาพการเกิดสึนามิเมื่อเวลา 00 นาฬิกา 00 นาที นับจากเกิด Megatrast เป็นแนวเส้นเหนือใต้

ที่มา: ทวีศักดิ์, 2548



ภาพที่ 13 สถานภาพการเกิดคลื่นสึนามิ เมื่อเวลา 01 ชั่วโมง 35 นาที เมื่อระดับน้ำที่หาดป่าตอง
ลดต่ำสุด

ที่มา: ทวีศักดิ์, 2548



ภาพที่ 14 สถานภาพการเกิดคลื่นสึนามิ เมื่อเวลา 02 ชั่วโมง 05 นาที เมื่อระดับน้ำที่หาดป่าตอง
ขึ้นสูงสุด

ที่มา: ทวีศักดิ์, 2548

16. การกำหนดเส้นทางอพยพหนีภัย

เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกเส้นทางอพยพหนีภัย มีหลักในการพิจารณา ดังนี้

16.1 เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดที่สามารถเชื่อมต่อกับพื้นที่รองรับการอพยพ

16.2 มีสภาพเป็นพื้นผิวจราจรที่คงทนแข็งแรง ไม่เป็นอุปสรรคเมื่อต้องใช้ในฤดูฝน และเป็นเส้นทางที่น้ำท่วมไม่ถึง

16.3 เป็นเส้นทางที่มีความกว้างของถนนเพียงพอสำหรับอพยพด้วยยานพาหนะ และสัญจรด้วยเท้า

16.4 เป็นเส้นทางที่มีระบบไฟฟ้าส่องสว่างตลอดเส้นทางจนถึงพื้นที่อพยพ

16.4 มีป้ายสัญลักษณ์สำหรับบอกทางที่มีสีและขนาดสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน

16.6 เป็นเส้นทางที่สามารถเชื่อมชุมชนต่างๆ สามารถเข้าถึงได้สะดวก

16.7 เส้นทางอพยพหนีภัยที่ราบบริเวณกว้างจะต้องมีการทำป้ายเบี่ยงทางและพื้นที่รองรับการอพยพที่ชัดเจน มีการขยายทางที่สามารถรองรับจำนวนคนที่อพยพมาตามจุดนั้น ๆ ได้อย่างเหมาะสม ถ้าเส้นทางอพยพหนีภัยเป็นเส้นทางเดิม ต้องมีการขยายหรือสร้างทางเท้าเพื่อให้สามารถรองรับคนจำนวนมากได้ โดยมีป้ายบอกทางตลอดพื้นที่รองรับการอพยพ

16.8 เส้นทางอพยพหนีภัยที่อยู่บนเขาที่มีความชันไม่มาก คือน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 30 ควรปรับปรุงทางให้เดินได้สะดวก ทางเดินควรมีความกว้างอย่างน้อย 1.5 - 3 เมตร มีจุดแวะพักที่ระยะ 5 เมตร 10 เมตร และ 15 เมตร มีป้ายบอกทางที่ชัดเจนทั้งภาษาไทยและอังกฤษ

16.9 เส้นทางอพยพหนีภัยที่มีความชันมากกว่าร้อยละ 30 จะต้องมีบันได อาจเป็นบันไดไม้ หรือบันไดตามธรรมชาติ และมีราวกันตกที่มีความแข็งแรง มีความกว้างอย่างน้อย 1.5 - 2 เมตร มีจุดแวะพักที่ระยะ 5 เมตร 10 เมตร และ 15 เมตร มีป้ายบอกทางที่ชัดเจนทั้งภาษาไทยและอังกฤษ

16.10 การติดตั้งป้ายบอกทางตามเส้นทางอพยพหนีภัยให้มีความชัดเจนเป็นที่เข้าใจของ ทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ และควรมีป้ายคำเตือนต่าง ๆ ในบริเวณที่เป็นจุดชุมชนที่ตั้งโรงแรม และรีสอร์ททั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การกำหนดเส้นทางอพยพหนีภัย ควรเป็นเส้นทางที่ใกล้ที่สุดกับชุมชน สำหรับการหนีภัยและมีความต่อเนื่องกับพื้นที่รองรับการอพยพ โดยอยู่ในพื้นที่ที่ปลอดภัยจาก น้ำทะเลท่วมถึง

17. เส้นทางอพยพหนีภัยของหาดป่าตอง ตำบลป่าตอง อำเภอกระบุรี จังหวัดภูเก็ต

ภายหลังจากการเกิดเหตุการณ์ธรณีพิบัติภัยคลื่นยักษ์สึนามิ ได้มีการกำหนดเส้นทางอพยพ หนีภัยจำนวน 7 เส้นทางด้วยกัน ดังนี้

17.1 ถนนซอยพระบารมี 7

17.2 ถนนพระบารมี (ช่วงในเมือง)

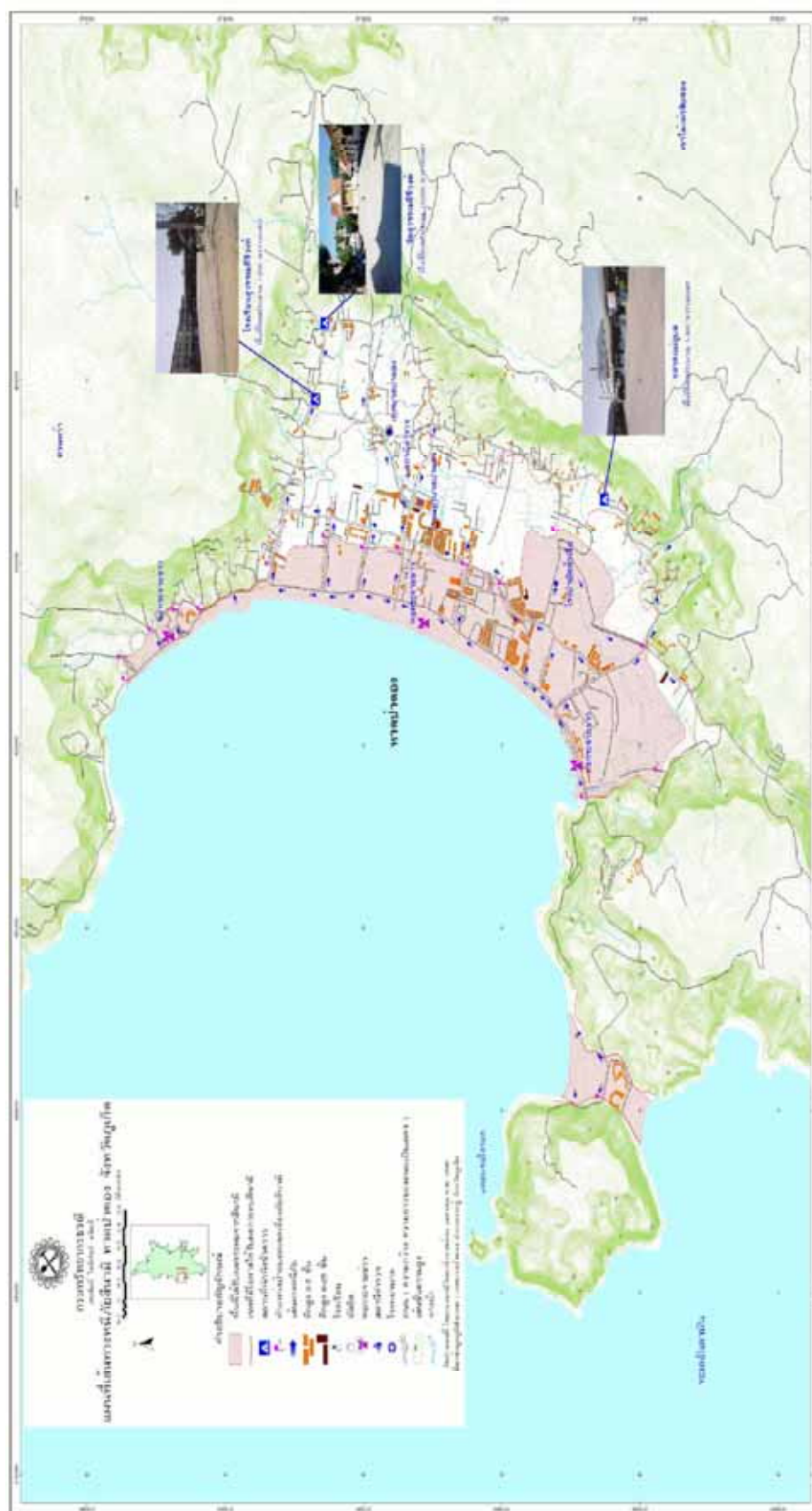
17.3 ถนนหาดป่าตอง

17.4 ถนนบางลา

17.5 ถนนร่วมใจ

17.6 ถนนประจักษ์นคราห์

17.7 ถนนทวิวงศ์



ภาพที่ 15 แสดงแผนที่เส้นทางอพยพหนีภัยข้ามพรมแดนจากพม่าเข้าสู่ประเทศไทย

หน้า: www.phuketitcity.com