

คลื่นยักษ์สึนามิสุมาตราปี 2547

สุภัทท์ วงศ์วิเศษสมใจ¹ และ พรศักดิ์ สุภรรธาธาร²

Abstract

Vongvisessomjai, S. and Supparatarn, P.

2004 Sumatra Tsunami

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2005, 27(5) : 929-942

A catastrophic tsunami on December 26, 2004 caused devastation in the coastal region of six southern provinces of Thailand on the Andaman Sea coast. This paper summaries the characteristics of tsunami with the aim of informing and warning the public and reducing future casualties and damage.

The first part is a review of the records of past catastrophic tsunamis, namely those in Chile in 1960, Alaska in 1964, and Flores, Java, Indonesia, in 1992, and the lessons drawn from these tsunamis. An analysis and the impact of the 2004 Sumatra tsunami is then presented and remedial measures recommended.

Results of this study are as follows:

Firstly, the 2004 Sumatra tsunami ranked fourth in terms of earthquake magnitude (9.0 M) after those in 1960 in Chile (9.5 M), 1899 in Alaska (9.2 M) and 1964 in Alaska (9.1 M) and ranked first in terms of damage and casualties. It was most destructive when breaking in shallow water nearshore.

Secondly, the best alleviation measures are 1) to set up a reliable system for providing warning at the time of an earthquake in order to save lives and reduce damage and 2) to establish a hazard map and implement land-use zoning in the devastated areas, according to the following principles:

TEAM Consulting Engineering and Management Co., Ltd. 151 TEAM Building Nuan Chan Road, Klong Kum, Bueng Kum, Bangkok 10230, Thailand.

¹D.Eng.(Coastal Engineering), ศาสตราจารย์, ผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำและสิ่งแวดล้อม ²D.Eng.(Water Resources Engineering), ผู้ช่วยกรรมการบริหาร, บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ เมนเนจเม้นท์ จำกัด, 151 อาคารทีม ถนนนวลจันทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10230

Corresponding e-mail: suphat@team.co.th

รับลงพิมพ์ 31 สิงหาคม 2548

- Large hotels located at an elevation of not less than 10 m above mean sea level (MSL)
 - Medium hotels located at an elevation of not less than 6 m above MSL
 - Small hotel located at elevation below 6 m MSL, but with the first floor elevated on poles to allow passage of a tsunami wave
 - Set-back distances from shoreline established for various developments
 - Provision of shelters and evacuation directions
- Finally, public education is an essential part of preparedness.

Key words : Andaman Sea, catastrophe, earthquake, Sumatra tsunami, warning

บทคัดย่อ

สุภัทท์ วงศ์วิเศษสมใจ และ พรศักดิ์ ศุภธราธาร
 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุมาตราปี 2547

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2548 27(5) : 929-942

เนื่องจากปรากฏการณ์คลื่นยักษ์ หรือ สึนามิ เคลื่อนที่เข้าทางชายฝั่งอันดามันของไทยในช่วงเช้าของวันอาทิตย์ที่ 26 ธันวาคม 2547 เป็นผลให้เกิดการสูญเสียอย่างมากทั้งชีวิตและทรัพย์สินในพื้นที่ 6 จังหวัด ประกอบไปด้วย ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ข้อมูลและเป็นฐานความรู้เกี่ยวกับสึนามิให้กับประชาชน และผู้เกี่ยวข้องเพื่อลดความสูญเสียในอนาคตจากเหตุการณ์เช่นนี้

ในเบื้องต้น ได้ค้นหาข้อมูลสึนามิที่สำคัญที่เคยเกิดขึ้นในอดีตและได้มีการบันทึกไว้ และมุ่งความสนใจไปที่เหตุการณ์ที่สำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วยกรณีการเกิดสึนามิที่ประเทศชิลี ปี 2503, รัฐอลาสก้าประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 2507 และที่เกาะฟลอเรส ฮวา ประเทศอินโดนีเซีย ปี 2535 เพื่อเป็นบทเรียนและแนวทางในการเตือนภัย บทความนี้มีบทวิเคราะห์ สรุปผลกระทบ และข้อเสนอแนะสืบเนื่องจากเหตุการณ์คลื่นยักษ์สึนามิในปัจจุบัน ที่เกิดเนื่องจากแผ่นดินไหวที่บริเวณเกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย

ผลของการศึกษานี้พบว่า

ข้อหนึ่ง คลื่นยักษ์สึนามิปี 2547 อยู่ในอันดับที่ 4 เรื่องความรุนแรงของแผ่นดินไหว (9.0 M) ตามหลังประเทศชิลี ปี 2503 (9.5 M) รัฐอลาสก้า ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 2442 (9.2 M) และรัฐอลาสก้า ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 2507 (9.1 M) และเป็นอันดับที่ 1 เรื่องความเสียหาย เมื่อคลื่นยักษ์สึนามิแตกตัวบริเวณน้ำตื้นใกล้ฝั่ง

ข้อสอง วิธีการลดความเสียหายที่ดีที่สุดคือการติดตั้งระบบเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพเมื่อเกิดแผ่นดินไหวเพื่อลดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน พร้อมกับการจัดทำแผนที่แสดงถึงบริเวณที่เป็นอันตรายในบริเวณที่ได้เกิดความเสียหายและกำหนดการใช้ที่ดินดังนี้

สร้างโรงแรมใหญ่ที่ระดับความสูงไม่ต่ำกว่า 10 เมตร รทก. โรงแรมขนาดกลางที่ระดับความสูงไม่ต่ำกว่า 6 เมตร รทก. และโรงแรมขนาดเล็กที่ระดับความสูงต่ำกว่า 6 เมตร รทก. แต่ชั้นล่างให้เปิดโล่งเพื่อให้คลื่นยักษ์วิ่งผ่านไป ควรสร้างจุดหลบภัยเป็นศาลายกระดับและมีป้ายบอกเส้นทางหลบภัย

ข้อสุดท้าย การให้ความรู้แก่ประชาชนและนักท่องเที่ยวเป็นสิ่งจำเป็นในการเตรียมพร้อมเพื่อหลบภัย

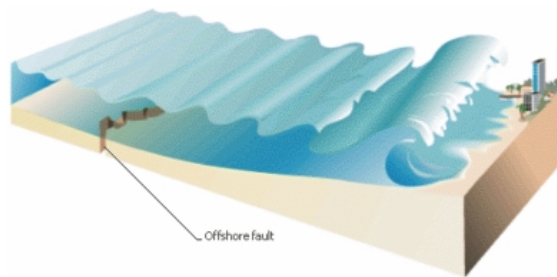
ภัยธรรมชาติที่สร้างความสูญเสียครั้งยิ่งใหญ่นี้ เกิดขึ้นในวันที่ 26 ธันวาคม 2547 สืบเนื่องจากการที่คนไทยส่วนใหญ่ไม่มีความรู้เรื่องของปรากฏการณ์สึนามิมาก่อน แม้กระทั่งคนญี่ปุ่นเอง ก่อนปี 2439 ก็ไม่มีความรู้เรื่องของปรากฏการณ์สึนามิ แต่หลังจากได้รับภัยจากสึนามิ

ก็ทำให้เกิดการกระตือรือร้นศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์สึนามิเพื่อลดการสูญเสียในอนาคต (รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถดูได้จาก *Microsoft®Encarta®Reference Library 2005 “สึนามิ กับการทำลายล้างชายฝั่งญี่ปุ่น”) ทำให้ในปัจจุบัน คนญี่ปุ่นมีความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์

สึนามิเป็นอย่างดี

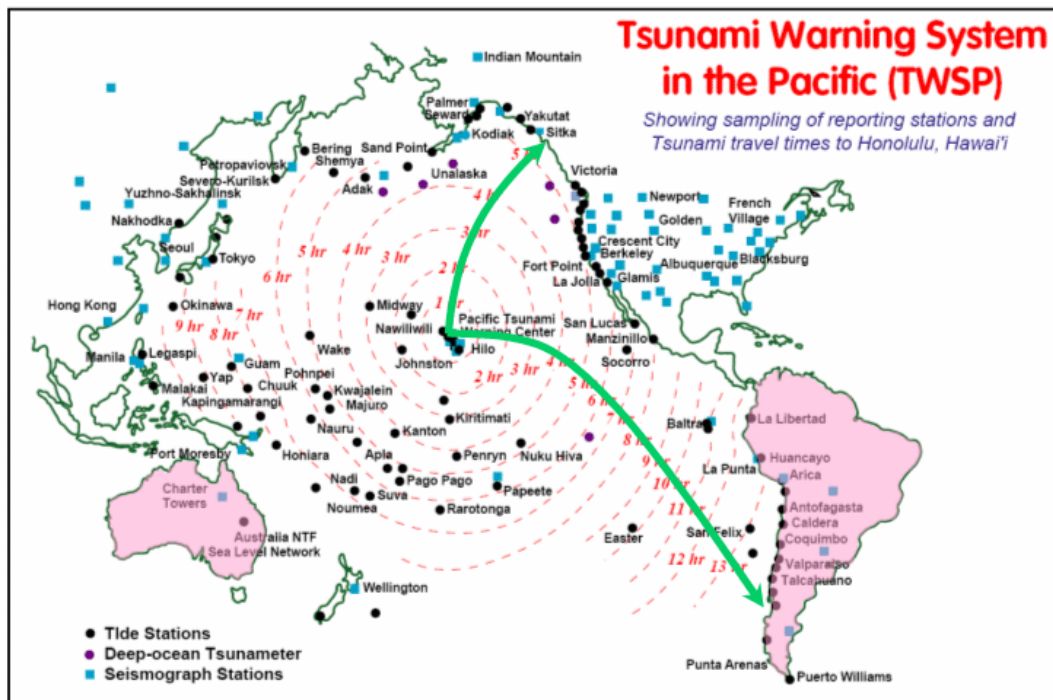
ในปี 2476 แผ่นดินไหวใต้ทะเลความรุนแรง 8.5 M ก่อให้เกิดสึนามิที่ ซานริกู ญี่ปุ่น โดยมีศูนย์กลางคลื่นอยู่ที่ ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของชายฝั่งเมือง ซานริกู บน เกาะฮอนชู ระดับน้ำทะเลที่วัดได้แสดงให้เห็นว่าคาบเวลา ของสึนามิอยู่ระหว่าง 15-20 นาที จากบันทึกของเจ้าหน้าที่ ระบุว่า (1) ความสูงคลื่นสึนามิ 10 เมตรเหนือระดับน้ำ

ทะเลปานกลางที่โตโระ, 23 เมตร ที่ชิราฮามา ทางเหนือ ของญี่ปุ่น (2) ปรากฏการณ์นี้ทำให้มีผู้เสียชีวิต 3,008 คน, บาดเจ็บ 1,152 คน, บ้าน 1,917 หลังถูกพัดพาไปกับคลื่น, บ้าน 2,346 หลังถูกคลื่นยักษ์ทำลาย, บ้าน 4,329 หลัง ถูก น้ำท่วม, บ้าน 249 หลังถูกไฟไหม้, เรือ 7,303 ลำถูกพัด พายหายไป และเรือ 901 ลำถูกทำลาย (*Microsoft® Encarta®Reference Library 2005)



* Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.

Figure 1. Definition of tsunami and its propagation from deepsea to shallow water nearshore.



* Source: International Tsunami Information Centre (<http://www.prh.noaa.gov/itic/>)

Figure 2. Location of Pacific tsunami warning system.

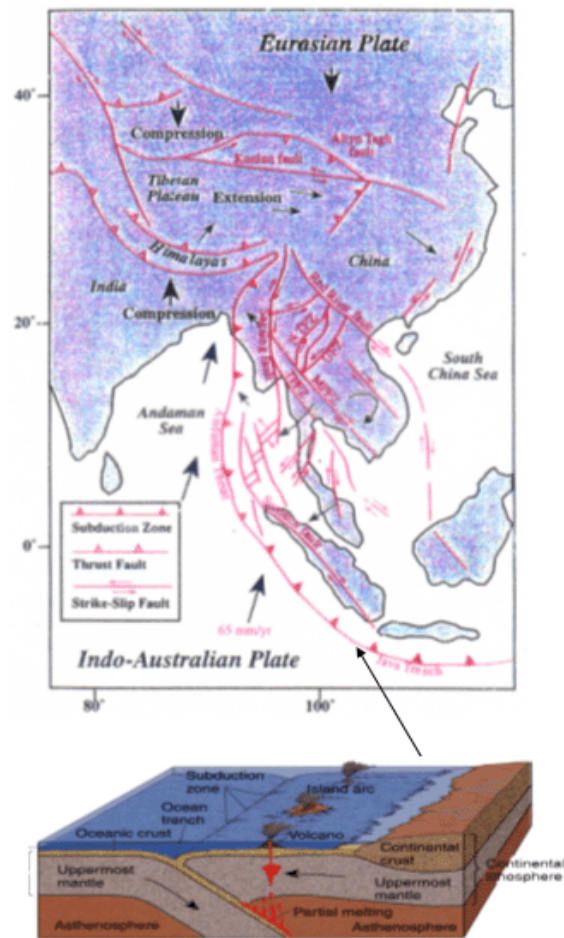


Figure 3. Tectonic map of southeast asia.

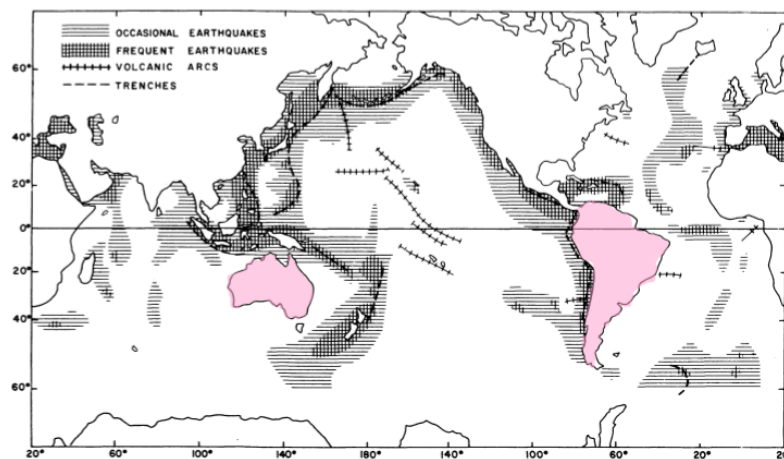


Figure 4. Oceanic zone of recent earthquake activity, showing association with trench systems and island arcs. Pacific preponderance is apparent (from Van Dorn, 1965).

Table 1. Tsunami characteristics from deep sea to shallow water.

T		h m	C = \sqrt{gh}		L = CT		h/L	$K_s^* = \frac{H}{H_0}$	H ₀ m	H* m
min	sec		m/s	km/hr	m	km				
10	600	10	10.0	36	6,000	6	0.00167	2.21	5	11.1
		100	31.6	114	19,000	19	0.00526	1.67		8.4
		1,000	100.0	360	60,000	60	0.01667	1.27		6.4
		10,000	316.0	1,140	190,000	190	0.05263	1.01		5.0
100	6,000	10	10.0	36	60,000	60	0.00017	4.00	10	40.0
		100	31.6	114	190,000	190	0.00053	2.97		30.0
		1,000	100.0	360	600,000	600	0.00167	2.21		22.0
		10,000	316.0	1,140	1,900,000	1,900	0.00526	1.67		17.0

* Shoaling Coefficient K_s increases tsunami height H in shallow water nearshore.

Table 2. Past history of important tsunamis.

Date	Wave Height (m)	Period (min.)	Location	Cause
August 27, 1883	9	-	Java Sea	Volcano
June 15, 1896	38	6	Sanriku, Japan	Earthquake
March 2, 1933	29	15-20	Sanriku, Japan	Earthquake
May 22, 1960	25	34	Chile	Earthquake
March 28, 1964	70	100	Gulf of Alaska	Earthquake
September 1, 1992	11	-	Nicaragua	Earthquake
December 12, 1992	26	-	Flores Island, Java, Indonesia	Earthquake
July 1, 1993	5	-	Japan	Earthquake
June 3, 1994	60	-	Eastern Java, Indonesia	Earthquake
July 17, 1998	15	-	Papua New Guinea	Earthquake

* Microsoft ® Encarta ® Reference Library 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.

Table 3. Tsunami magnitude m, height H and runup height H_R.

M	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
m	-0.17	1.14	2.44	3.75	5.05
H (m)	0.89	2.20	5.43	13.50	33.10
H _R (m)	0.10	1.40	2.70	4.00	5.30

สึนามิ (Figure 1) คือ คลื่นในทะเลขนาดใหญ่มีคาบเวลา 5-100 นาที เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำทะเลถูกรบกวนจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน หรือเกิดภูเขาไฟระเบิดใต้น้ำ สึนามิที่บริเวณน้ำลึกไม่สามารถสังเกตได้ แต่ยามเมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาถึงที่ตื้นบริเวณใกล้ชายฝั่ง คลื่นจะยกตัวสูงขึ้นอย่างมากจนกลายเป็นคลื่นยักษ์จะแตกตัวและ

ปลดปล่อยพลังงานมหาศาลและสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่ที่คลื่นเข้าไปถึงอย่างรุนแรง

คลื่นลมที่เกิดจากพายุไซклонร้อน มีความสูง 3-10 เมตร และคาบเวลา 5-20 วินาที มีพลังทำลายรองลงมา ตัวอย่างของพายุไซклонร้อนแฉะเรียตที่ถล่มแหลมตะลุมพุก จังหวัดนครศรีธรรมราช ปี 2505 มีผู้เสียชีวิต 800 คน

และพายุเกย์ที่ถล่มอำเภอปะทิวและท่าแซะ จังหวัดชุมพร ปี 2532 มีผู้เสียชีวิต 580 คน (Vongvisessomjai, S. 1994a,b)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใต้มหาสมุทร สามารถก่อให้เกิดคลื่นหรือคลื่นยักษ์ได้ คลื่นสึนามิสามารถวิ่งไปได้อย่างรวดเร็วผ่านระยะทางหลายร้อยกิโลเมตรของมหาสมุทร และเมื่อคลื่นมาถึงชายฝั่ง ลักษณะของคลื่นจะเปลี่ยนแปลงไป โดยที่ความเร็วคลื่นจะลดลง แต่ความสูงคลื่นจะสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นขณะที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่ความลึกน้ำมากไปยังที่มีความลึกน้อยดังแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงไว้ใน Table 1 ในอดีตสึนามิได้สร้างความเสียหายให้กับทรัพย์สินและชีวิตเป็นอย่างมากดังเหตุการณ์ที่แสดงไว้ใน Table 2

ผลการศึกษาของนักวิจัยสหรัฐอเมริกาในกรณีสึนามิเนื่องจากแผ่นดินไหวที่ ซิลี เปรู และอลาสกา แสดงในรายงานชื่อ "The Tsunami of the Alaskan Earthquake in 1964" เขียนโดย Wilson และ Tørum, ในปี 2511 หลังจากเหตุการณ์นี้ ได้มีการประชุมสัมมนานานาชาติด้วยเรื่องของสึนามิและการวิจัยเรื่องสึนามิที่มหาวิทยาลัยฮาวายในระหว่างวันที่ 7-10 ตุลาคม 2512 ซึ่งบทความทั้งหมดได้เรียบเรียงโดย Adams ข้อมูลที่น่าสนใจและมีประโยชน์ในด้านภูมิศาสตร์และศูนย์กลางสึนามิแบ่งตามขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวและชนิดของรอยเลื่อนแผ่นเปลือกโลกได้เรียบเรียงไว้โดย Iida (1969) ในขณะที่ Murphy และ Eppley (1969) ได้แสดงสถานที่ตั้งของศูนย์เตือนภัยสึนามิในมหาสมุทรแปซิฟิกใน Figure 2

นักวิจัยญี่ปุ่นได้จัดสัมมนาสึนามินานาชาติที่เซ็นได ประเทศญี่ปุ่น ระหว่างวันที่ 25-28 พฤษภาคม 2524 โดยมี ศาสตราจารย์ Shuto เป็นเลขาธิการการจัดงาน พร้อมทั้งได้บรรยายบทความที่ให้ความรู้เกี่ยวกับสึนามิอย่างดี 2 เรื่อง คือ เรื่อง "Tsunami Disasters and Protection Measures in Japan" และเรื่อง "Numerical Simulation of Tsunami Propagations and Run-up" ขณะที่ ศาสตราจารย์ Abe ได้เสนอบทความเรื่อง "Tsunami Run-up and Back-wash on a Dry Bed" ทั้งศาสตราจารย์

Shuto และ Abe ทั้ง 2 ท่านเคยเป็นอาจารย์ประจำที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ในประเทศไทย นอกจากนั้น Iida และ Iwasaki (1981) ยังได้นำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งการเกิดสึนามิและความรุนแรงของแผ่นดินไหวในมหาสมุทรแปซิฟิก

ในปี 2538 Imamura และ Satake (ศาสตราจารย์ Imamura เคยเป็นอาจารย์ประจำที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย) ได้เขียนบทความรวบรวมข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในปี 2535-2537 ตีพิมพ์ในวารสาร Pure and Applied Geophysics, ฉบับที่ 144 (1995), เลขที่ 314 ซึ่ง Table 2 แสดงให้เห็นว่าสึนามิส่วนใหญ่ในปี 2535 และหลังจากนั้นเกิดขึ้นบริเวณเอเชียใต้ และส่วนที่น่าสนใจคือกรณีการเกิดสึนามิที่ เกาะฟลอเรส ชาว ประเทศอินโดนีเซีย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวและการเกิดคลื่นสึนามิประกอบด้วย 4 เรื่องได้แก่

1. เรื่องแผ่นดินไหวและแหล่งกำเนิดสึนามิ

Figure 3 แสดงแผนที่โครงสร้างเปลือกโลกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแสดงการเกิดแผ่นดินไหวจากการปะทะของลาวาใต้ชั้นเปลือกโลกตามรอยแยกแผ่นเปลือกโลกที่เกิดจากอุณหภูมิที่ต่างกันของแผ่นเปลือกโลกและลาวาใต้ชั้นเปลือกโลก ลูกศรขนาดใหญ่ทางด้านใต้แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกอินเดียและออสเตรเลีย (Indo-Australian Plates) โดยมุดลงด้านล่างแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย (Eurasian Plate) ที่อยู่ทางด้านเหนือ ด้วยอัตราเฉลี่ย 60 มม./ปี ไปทางทิศเหนือ ส่งผลให้บริเวณนี้เกิดแผ่นดินไหวเนื่องจากการปรับสมดุลของแผ่นเปลือกโลกในวันที่ 26 ธันวาคม 2547

พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวที่อาจก่อให้เกิดสึนามิได้ ได้แสดงไว้ใน Figure 4 พื้นที่สำคัญของการเกิดสึนามิอยู่บริเวณขอบของมหาสมุทรแปซิฟิกติดต่อกับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวโดยเฉพาะที่ทะเลแคริบเบียนและเมดิเตอร์เรเนียน Van Dorn (1965) ระบุว่าบริเวณรอยเลื่อนที่ญี่ปุ่นมีโอกาสเกิดสึนามิได้ถึงปีละครั้ง ส่วนพื้นที่อื่นๆ จะมีโอกาสเกิดสึนามิลดหลั่นกันลงมา แผนที่แสดง



Figure 5. Map of the tectonics and epicenter of the earthquakes in eastern Indonesia. Flores island is located in the back arc of eastern Sunda and western Banda thrusts.

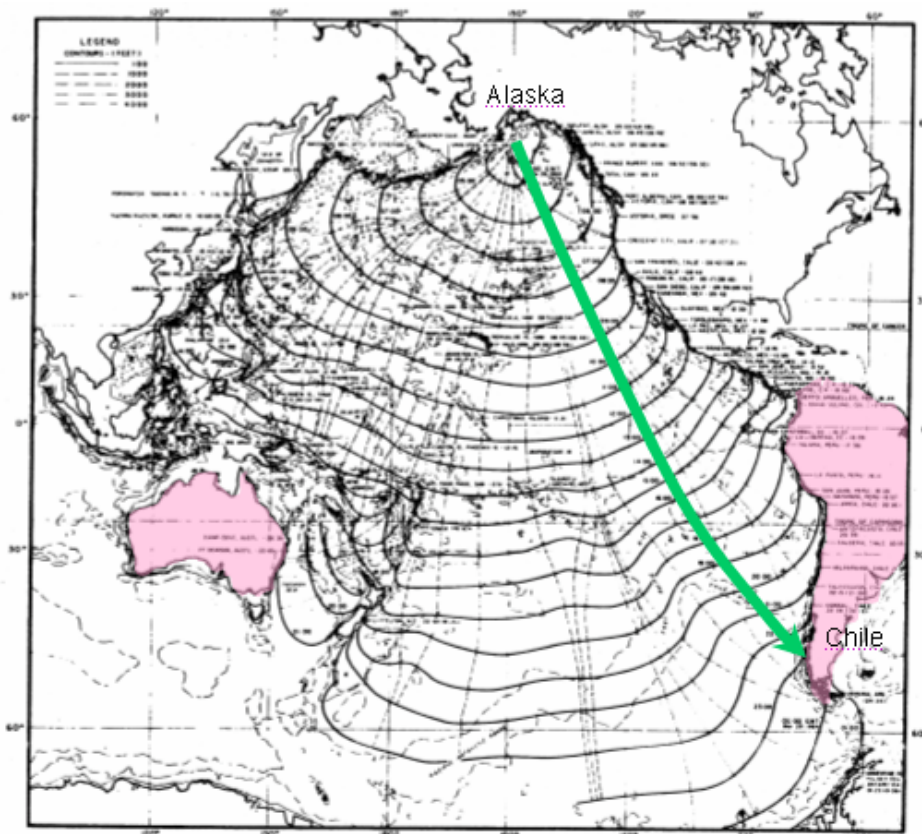


Figure 6. Tsunami wave front at one-hour interval (GMT) from Alaska to Chile (Wilson and Torum, 1968).

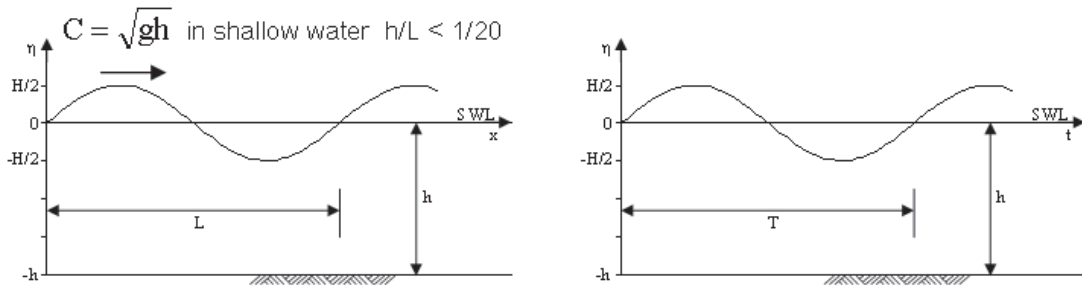


Figure 7. Progressive wave profiles in x for $t/T = 0$ and t for $x/L = 1/2$.

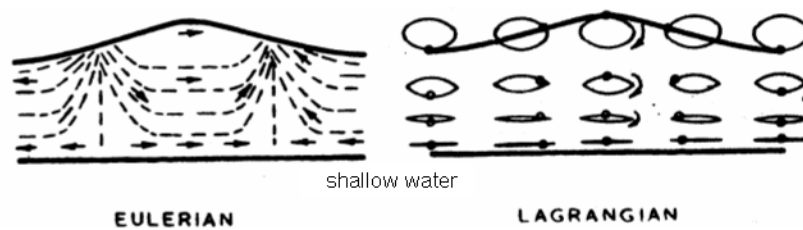


Figure 8. Water-particle motions in progressive waves offshore.

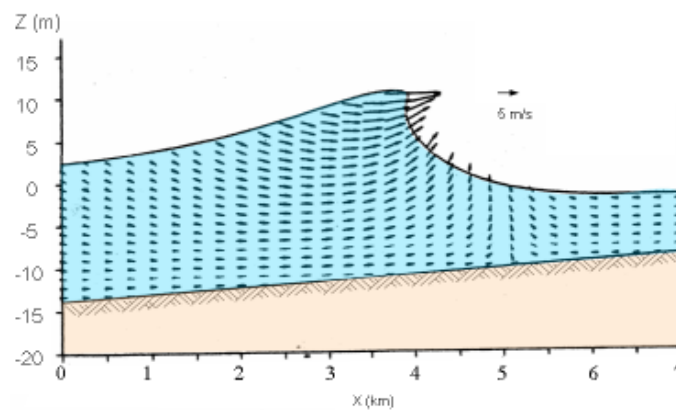


Figure 9. Velocity field of nearly breaking wave nearshore.

ศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของอินโดนีเซีย แสดงไว้ใน Figure 5

2. เรืองขนาดของสึนามิ และระยะยกตัวขึ้นฝั่ง

ขนาดของสึนามิ m มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของแผ่นดินไหว M ดังแสดงในสมการ (Iida, 1963)

$$m = 2.61M - 18.44 \tag{1}$$

ทั้งนี้ขนาดของสึนามิ (m) และความสูงคลื่น (H) จึง

ประมาณได้จากสมการที่เสนอโดย Iida (1969) ดังนี้

$$m = \log_2 H \text{ หรือ } H = 2^m \tag{2}$$

โดยที่ H คือความสูงสูงสุดที่เกิดมีหน่วยเป็นเมตร วัดที่ชายฝั่งระยะ 10 ถึง 300 กม.

ระยะยกตัวขึ้นฝั่งของสึนามิ H_R สัมพันธ์กับขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว M (Cox, 1968):

$$H_R = 2.6M - 18.1 \tag{3}$$

Table 4. Conclusion of damage on 6 areas in 4 provinces.

Province	City		Farm		Water resource		Others		Total	
	rai	%	rai	%	rai	%	rai	%	rai	%
Ranong	37	28.68	-	-	-	-	92	71.32	129	0.73
Phang-nga	2,091	16.84	5,615	45.24	171	1.38	4,535	36.54	12,412	70.39
Phuket	3,118	63.59	648	13.22	66	1.35	1,071	21.84	4,903	27.80
Krabi	151	79.48	29	15.26	-	-	10	5.26	190	1.08
Total	5,397	30.61	6,292	35.68	237	1.34	5,708	32.37	17,634	100.00

Source: Department of Land Development of Thailand.

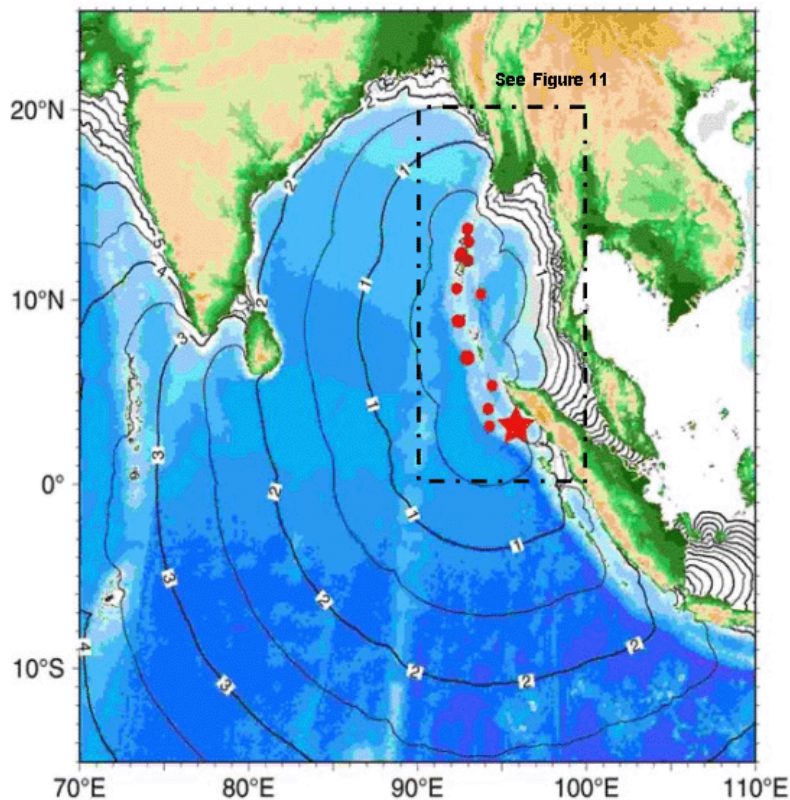


Figure 10. Tsunami wave front at half an hour interval. It took 1-2 hours from Sunda Trench (Figure 11) to reach Thailand and Sri Lanka.

3. เรื่องความเร็วการเคลื่อนที่ของสึนามิ

เนื่องจากคลื่นสึนามิเป็นชนิดคลื่นยาว ความเร็วการเคลื่อนที่ของคลื่นจึงคำนวณได้จาก $C = \sqrt{gh}$ โดยที่ g แทนความเร่งโน้มถ่วงโลก มีค่าประมาณ 10 เมตร/วินาที² และ h แทนความลึกน้ำทะเล โดยประมาณความลึกไว้ที่

1,000 เมตรสำหรับน้ำลึก ดังนั้นความเร็วคลื่นสึนามิ C จึงเท่ากับ 100 เมตร/วินาที หรือ 360 กม./ชม. ส่วนที่บริเวณน้ำตื้น เมื่อประมาณความลึกน้ำไว้ที่ 10 เมตร จะได้ค่า $C = 10$ เมตร/วินาที หรือ 36 กม./ชม. ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของสึนามิ $t = l/C$ โดยที่ l คือระยะทาง

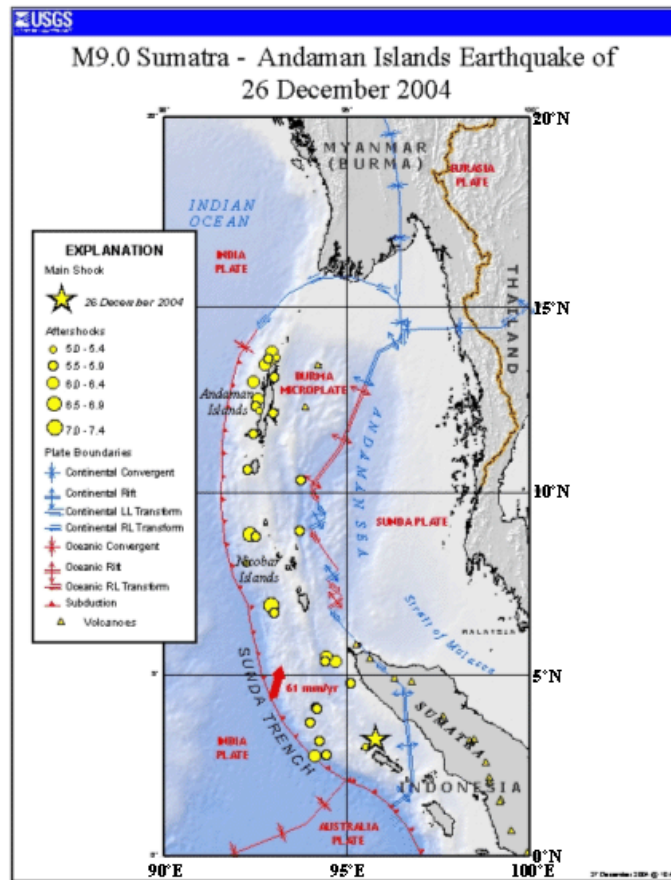


Figure 11. Sunda Trench (Fault) in N-S direction generated tsunami in E-W direction.

มีหน่วยเป็นเมตร ยกตัวอย่างเวลาที่ใช้ในการเดินทางของ สีนามิจากรัฐอลาสกาสหรัฐอเมริกาถึงประเทศชิลี (Figure 6) ส่วนประเทศไทยไม่ได้รับผลกระทบจากสินามิในแปซิฟิก เนื่องจากมีประเทศฟิลิปปินส์และอินโดนีเซียบังคลื่นจาก บริเวณนี้ไว้

4. เรื่องคุณลักษณะของสินามิ

จากคำจำกัดความของสินามิใน Figure 1 ซึ่งสินามิ เกิดจากการรบกวนผิวน้ำจากการเปลี่ยนระดับของท้องสมุทร ซึ่งไม่สามารถตรวจจับได้ในบริเวณน้ำลึกนอกฝั่ง แต่เมื่อ คลื่นเดินทางมาถึงบริเวณน้ำตื้น คลื่นจะยกตัวอย่างรวดเร็ว คุณลักษณะของสินามิ ซึ่งประกอบไปด้วย ลักษณะคลื่น (Figure 7) การเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ ความเร็วของ กระแสน้ำ และความเร็วการยกตัวขึ้นฝั่ง (Figure 8 และ 9)

จึงเหมือนกับคลื่นโดยทั่วไป เช่น คลื่นลม และคลื่นน้ำขึ้น น้ำลง

จากสมการการเคลื่อนที่ของคลื่นเข้าฝั่ง

$$\eta = \frac{H}{2} \sin 2\pi(x/L - t/T) \text{ ดังแสดงใน Figure 7}$$

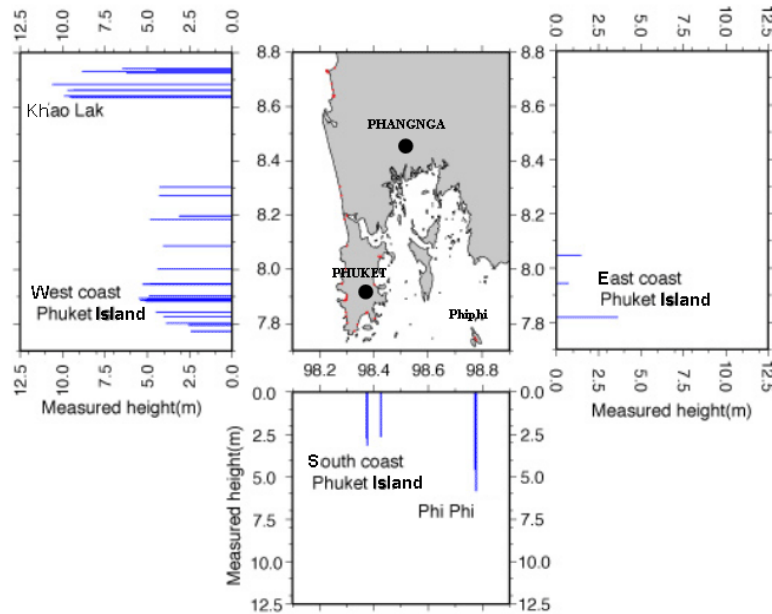
และความเร็วในแนวระนาบจึงคำนวณโดย

$$u = u_{\max} \sin 2\pi(x/L - t/T) \text{ ดังแสดงใน Figure 8}$$

$$\text{โดยที่ } u_{\max} = \frac{\pi H}{T} \left[\frac{\cosh 2\pi(z+h)/L}{\sinh 2\pi h/L} \right],$$

H = ความสูงคลื่น, L = ความยาวคลื่น และ

T = คาบเวลาคลื่น



Source: Kenji HARADA (Research Center for Disaster Reduction Systems, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, JAPAN).

Figure 12. Wave height distributions from Japanese survey team.

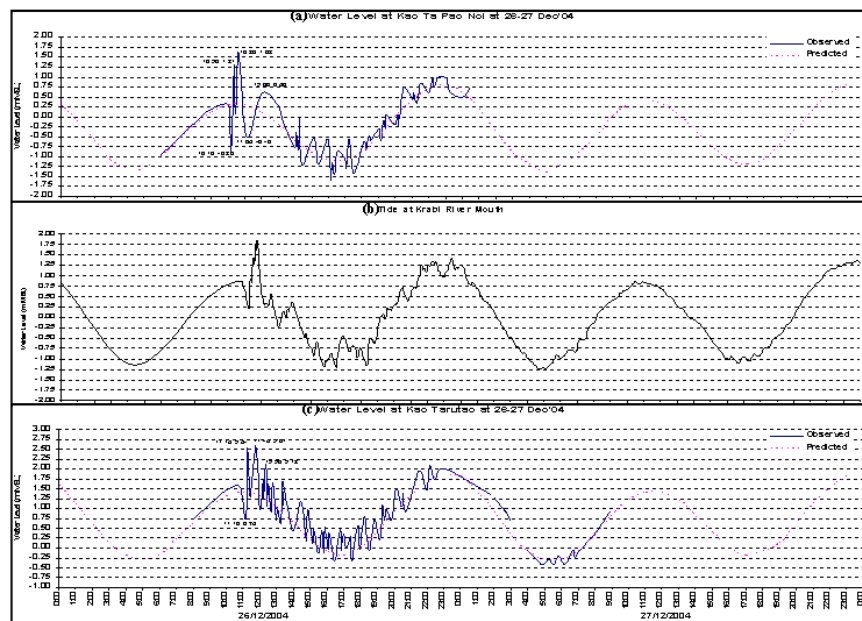


Figure 13. Tides recorded at (a) Ko Ta Pao Noi, Phuket (b) Krabi and (c) Ko Tarutao, Satun on December 26-27, 2004.



(A)



(B)



(C)

Figure 14. Photographs of tsunami at Kamala beach, Phuket at different time: (A) Approaching, (B) Inundating and (C) Flooding.

ความเร็วในแนวระนาบของสึนามิบริเวณนอกเขตชายฝั่งจะคงที่ในแนวตั้งจากผิวน้ำถึงท้องน้ำและความเร็วจะเปลี่ยนแปลงตามเวลา t และระยะทาง x ในความสัมพันธ์เชิงฮาร์โมนิก หรืออีกนัยหนึ่ง ความเร็วในแนวระนาบจะมีขนาดที่แปรผันกับระยะทาง x และเวลา t ตามจังหวะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของคลื่นจาก u_{max} ถึง 0 ถึง $-u_{max}$ ถึง 0 และวนกลับไป u_{max} อีกครั้งจึงครบรอบ

ในเขตน้ำตื้นใกล้ชายฝั่ง พลังงานของคลื่นจะไม่เปลี่ยนแปลงแต่กลับบีบอัดเข้าด้วยกันทำให้ความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้น และทำให้ความเร็วคลื่นเพิ่มขึ้นตาม $u_{max} = C = \sqrt{gh} = 10$ เมตร/วินาที หรือ 36 กม./ชม ที่ความลึก 10 เมตร เมื่อคลื่นสึนามิวิ่งขึ้นชายฝั่งจะแตกตัวและปลดปล่อยพลังงานคลื่นมหาศาลซึ่งก่อให้เกิดพลังทำลายล้าง

บริเวณชายฝั่งหรือสิ่งปลูกสร้างใดๆ ที่ขวางทางของคลื่นเนื่องจากความหนาแน่นของน้ำทะเลจะเป็น 1000 เท่าของอากาศ ดังนั้นพลังงานของน้ำทะเลนี้จึงมีมากกว่าลมเมื่อมีความเร็วที่เท่าๆ กัน ความเร็วของอนุภาคน้ำขณะที่คลื่นกำลังแตกตัวแสดงใน Figure 9 และคุณสมบัติของสึนามิเมื่อเคลื่อนที่เข้าใกล้ฝั่งแสดงไว้ใน Table 1

สึนามิจากสุมาตรา

1. ลักษณะทั่วไปของสึนามิจากสุมาตรา

สึนามินี้เกิดจากแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรง 9M อันดับี่ 4 ในโลก และเป็นอันดับ 1 ในเรื่องความเสียหายของสึนามิที่เคยเกิดทั่วโลก Figure 10-13 แสดงลักษณะ

Table 5. Death toll until 28 January 2005.

Country where deaths occurred	Deaths		Injured	Missing	Displaced
	Confirmed	Estimated			
Indonesia	173,981	220,000	100,000	6,245	700,000
Sri Lanka	38,195	38,195	15,686	23,000	573,000
India	10,744	16,413	-	5,669	380,000
Thailand	5,305	11,000	8,457	4,499	-

Source: (http://en.wikipedia.org/wiki/2004_Indian_Ocean_earthquake).

ของสึนามิและรายงานสรุปเบื้องต้นจากคณะสำรวจญี่ปุ่น แสดงใน Figure 12 สำหรับ Figure 3 และ 11 แสดง รอยเลื่อนแผ่นเปลือกโลกที่ชนกันแนวซุนดา แผ่นเปลือกโลกด้านตะวันตก (India Plate) มุดลงใต้แผ่นเปลือกโลกฝั่งตะวันออก (Burma Microplate) ทำให้เกิดคลื่นสึนามิแบบยกตัวขึ้นไปทางตะวันตกเข้าปะทะศรีลังกาและอินเดีย และเกิดคลื่นสึนามิแบบลดระดับลงไปทางตะวันออกเข้าปะทะทางภาคใต้ของไทย

สึนามิเข้าปะทะชายฝั่งตะวันตกของจังหวัดพังงา และจังหวัดภูเก็ตเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงไปถึงเกาะพีพี จังหวัดกระบี่ และเกาะตะรุเตา จังหวัดสตูล ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่บ้านที่กได้จากสถานีวัดระดับน้ำ (Figure 13)

2. ผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน

Figure 10 แสดงให้เห็นว่าคลื่นสึนามิเข้าปะทะในแนวตั้งฉากกับชายฝั่งจังหวัดพังงาและภูเก็ต ในการวิ่งเข้าฝั่ง สึนามิได้ยกตัวขึ้นตามคุณลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นเข้าหาฝั่งใน Table 3 และแตกตัวที่ความลึกประมาณ 10 เมตร โดยมีความเร็วของอนุภาคน้ำขณะที่คลื่นแตกตัวดังแสดงใน Figure 9 และยกตัวขึ้นฝั่งอย่างรวดเร็วดังแสดงใน Figure 14 ขณะที่น้ำกำลังท่วมบ้านหลังหนึ่งที่หาดกมลา จังหวัดภูเก็ต ในเวลาต่างๆ กัน คือ เริ่มท่วม กำลังท่วม และท่วมสูงสุด ตามลำดับ

จะเห็นได้จากข้อมูลระดับน้ำที่วัดตามแนวชายฝั่งใน Figure 13 ว่าขณะที่สึนามิเคลื่อนตัวเข้าหาฝั่ง 6 จังหวัดภาคใต้เป็นเวลาที่มีน้ำทะเลขึ้นสูง โดยในช่วงแรกระดับน้ำลดลงก่อนแล้วจึงยกตัวขึ้นในเวลาต่อมา และข้อมูลความสูงคลื่นใน Figure 12 แสดงให้เห็นว่าคลื่นที่เข้าหลักสูงประมาณ 10 เมตร ส่วนฝั่งตะวันตกของเกาะภูเก็ตและ

เกาะพีพี คลื่นสูงประมาณ 5 เมตร จึงสร้างความเสียหายสูงมาก

เนื่องจากอำนาจการทำลายล้างอันมหาศาลที่เกิดจากคลื่นน้ำซัดมาแตกตัวบนชายฝั่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อทุกสิ่งทุกอย่างทางคลื่น กรมพัฒนาที่ดินจึงได้ใช้ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมทั้งภาพสีและภาพขาวดำ ก่อนและหลังเหตุการณ์มาทำการซ้อนรูปเพื่อตรวจสอบพื้นที่ประสบภัยในเบื้องต้นใน 6 พื้นที่ 4 จังหวัด พบว่ามีพื้นที่ได้รับผลกระทบ 17,634 ไร่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดพังงา สรุปผลตรวจสอบพื้นที่ได้รับผลกระทบจากสึนามิแสดงไว้ใน Table 4 ส่วนความสูญเสียต่อชีวิตบาดเจ็บ สูญหาย รวมทั้งผู้ที่ต้องไร้ที่อยู่สำหรับ 4 ประเทศที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด ได้มีการสรุปไว้ดังแสดงใน Table 5

3. แนวทางการบรรเทาภัย

เนื่องจากพลังอันมหาศาลของสึนามิสามารถทำลายสิ่งของที่กระทบได้อย่างรุนแรง วิธีการที่ดีที่สุดที่จะสามารถป้องกันการทำลายล้างได้คือ

1. สร้างระบบเตือนภัยสึนามิที่เชื่อถือได้เมื่อเกิดแผ่นดินไหว แล้วเตือนภัยเป็นระยะๆ และเฝ้าระวังเพื่ออพยพผู้คนและขนย้ายสิ่งของไปยังที่ปลอดภัย
2. สร้างโรงแรมขนาดใหญ่ไว้ ณ บริเวณที่มีความสูง 10 ม.รทก. จากระดับน้ำทะเลปานกลาง
3. สร้างโรงแรมขนาดเล็กไว้บนเสาเข็มให้มีได้ถุนเพื่อให้สึนามิผ่านบนพื้นที่ต่ำกว่าระดับ 6 ม.รทก. จากระดับน้ำทะเลปานกลางซึ่งจะทำให้ปลอดภัยจากการปะทะกับสึนามิ
4. สร้างแผนที่เสี่ยงภัยจากสึนามิที่กำเนิดรอยเลื่อน

จากสุมาตรา สำหรับแนวชายฝั่งด้านอันดามัน โดยใช้แบบจำลองสึนามิ

5. ศึกษาแนวทางการสร้างโครงสร้างป้องกันสึนามิ โดยปรับปรุงถนนสายหลักให้เป็นแนวปะทะที่ระดับ 6 ม.รทก. จัดให้มีแนวปะทะหลายๆ แนวจากชายฝั่งถึงถนนเลียบชายฝั่งระดับ 3 ม.รทก.

6. อนุรักษ์และพัฒนาพื้นที่ป่าชายเลนให้เป็นแนวป้องกันสำหรับพื้นที่ที่อยู่ในเขตป่าอนุรักษ์

7. ให้ความรู้แก่ประชาชนเป็นส่วนสำคัญในการหลบภัยและลดความสูญเสีย

บทสรุป

ผลการศึกษานี้พบว่า

1. คลื่นยักษ์สึนามิปี 2547 เป็นคลื่นยักษ์ที่มีความรุนแรงอันดับที่ 4 (9.0 M) โดยอันดับที่ 1 เกิดที่ประเทศชิลีปี 2503 (9.5 M) อันดับที่ 2 และ 3 เกิดที่อ่าวอลาสก้า ประเทศสหรัฐอเมริกาปี 2442 (9.2 M) และปี 2507 (9.1 M) แต่ถ้าพิจารณาถึงความเสียหายแล้ว คลื่นยักษ์สึนามิปี 2547 เป็นอันดับหนึ่ง อานาการทำลายเกิดขึ้นในขณะที่คลื่นยักษ์เคลื่อนตัวไปบริเวณน้ำตื้นใกล้ฝั่งจะแตกตัวและปลดปล่อยพลังงานคลื่นมหาศาลทำลายทุกสิ่งทุกอย่างที่ขวางทางเดินของคลื่น (Figure 9)

2. ในปัจจุบันไม่มีสิ่งใดจะหยุดอานาการทำลายของคลื่นยักษ์เมื่อแตกตัว วิธีการลดความเสียหายที่ดีที่สุดคือการติดตั้งระบบเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพเมื่อเกิดแผ่นดินไหว เพื่อหลบภัยไปอยู่ในที่ปลอดภัย ควรจัดทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยในระดับต่างๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการก่อสร้างที่อยู่อาศัยและโรงแรมในบริเวณเหล่านี้ และเมื่อมีนักท่องเที่ยวมาใช้พื้นที่ชายหาดที่เสี่ยงภัย ก็ควรสร้างจุดหลบภัยเป็นศาลายกระดับ และมีป้ายบอกเส้นทางหลบภัย

3. การให้ความรู้แก่ประชาชนที่อยู่ในบริเวณที่เสี่ยงภัยและนักท่องเที่ยวเป็นสิ่งจำเป็นในการเตรียมพร้อมเพื่อหลบภัยและควรมีการฝึกซ้อมการหลบภัยด้วย

เอกสารอ้างอิง

Adams, W.M. 1969. Tsunamis in the Pacific Ocean, Proceeding of the International Symposium on Tsunamis and Tsunami Research, U. of Hawaii, Honolulu, Hawaii, East-West Center Press-Honolulu.

Department of Land and Development of Thailand, 2004. Use of Colour Aerial Photographs and Black/White Aerial Photographs to Study Disaster Areas by Tsunami of December 2004.

Iida, K. 1963. Magnitude, energy, and generation mechanisms of tsunamis and catalogue of earthquakes associated with tsunamis. Proc. Tenth Pacific Science Congress Symposium. IUGG Monograph 24, pp. 7-18.

Iida, K. and Iwasaki, T. 1981. Tsunamis: Their Science and Engineering, Terra Scientific Publishing Company, Tokyo.

Satake, K. and Imamura, F. 1995. Tsunamis: 1992-1994, Their Generation, Dynamics, and Hazard, Birkhauser Verlag.

Van Dorn, W.G. 1965. Source Mechanism of the Tsunami of March 28, 1964 in Alaska, Proceedings, 9th Conference Coastal Engineering, Lisbon, Portugal, Coastal Engineering Research Council ASCE, New York, 1965.

Vongvisessomjai, S. 1994a. Cyclone Disasters in Southern Thailand Due to Heavy Rainfall, Research and Development, J. Eng-Ins.Thai., 5(1), pp. 113-128.

Vongvisessomjai, S. 1994b. Cyclone Disasters in Thailand Due to Strong Wind and Surge, Research and Development, J. Eng-Ins.Thai., 5(2), pp. 34-46.

Wilson, B.W. and Torum, A. 1968. The Tsunami of the Alaskan Earthquake, 1964: Engineering Evaluation, Technical Memorandum No. 25, U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center.