สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
Abstract ..... ค
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการวิจัย 1
วัตถุประสงค์ 2
พื้นที่ทำการศึกษา 2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
การประเมินขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดในอดีต 8
การประเมินระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (seismic hazard analysis) 9
การเลือกแบบจำลองการลดทอนการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว 10
สภาพธรณีแปรสัณฐานบริเวณภาคพื้นทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (tectonic setting of Southeast Asia) 11
แผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับรอยเลื่อน (seismicity related to fault activity) 15
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 30
สำรวจด้วยเครื่อง sub-bottom profiler 32
การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนระดับตื้นในทะเล (shallow marine seismic survey) 36
การเก็บตัวอย่างตะกอนทะเล 45
การพัฒนาเครื่องกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนเพื่อใช้ในงานสำรวจ 48

บทที่ 4 ผลการศึกษา 54
ผลการสำรวจด้วยเครื่อง sub-bottom profiler 54
ผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนระดับตื้นในทะเล (shallow marine seismic survey) 65
ผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนระดับตื้นในทะเลที่พัฒนาขึ้นเอง (custom-made shallow marine seismic survey) 74
การประเมินระดับความรุนแรงจากแผ่นดินไหว (seismic hazard analysis) 78
แบบจำลองความรุนแรงของการเกิดแผ่นดินไหว (scenario shake map) 85
การสร้างแบบจำลองการเกิดสึนามิ 93
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการศึกษา สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะ 100
สรุปผลการศึกษา 104
ข้อเสนอแนะ 104
บรรณานุกรม 106
ภาคผนวก 113
ประวัติคณะผู้วิจัย 225

สารบัญตาราง

ตาราง 1 แสดงการดำเนินงานสำรวจทั้งหมด..... 32

ตาราง 2 แสดงตำแหน่งพิกัดของ ตัวอย่างตะกอน..... 45

ตาราง 3 แสดงลักษณะของตัวอย่างตะกอน..... 114

ตาราง 4 ผู้เข้าร่วมสัมมนาเชิงปฏิบัติการ จากหน่วยงานราชการต่างๆ..... 117

สารบัญรูป

รูป 1.1 แสดงพื้นที่ศึกษาในการสำรวจรอยเลื่อนระนองด้านอ่าวไทย (กรอบสีแดง) 3

รูป 2.1 แสดงตำแหน่งของรอยเลื่อนระนองและคลองมะรุ่ยที่ยื่นต่อออกไปในทะเลอันดามัน ที่ได้จากการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนจากข้อมูลบริษัทสำรวจปิโตรเลียม ซึ่งจะเห็นได้ว่า ทะเลฝั่งอ่าวไทยยังไม่มีข้อมูลของรอยเลื่อนทั้งสอง (ดัดแปลงจาก Chantong et al., 2010) 5

รูป 2.2 แสดงการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนในทะเล

(ดัดแปลงจาก www.epa.gov) 6

รูป 2.3 แสดงตัวอย่างข้อมูล sub-bottom profiler ที่แสดงให้เห็นชั้นตะกอนที่ถูกตัดโดยรอยเลื่อนในทะเลบริเวณ Dead Sea (ที่มา:Lubberts and Ben-Avraham, 2002) 6

รูป 2.4 แสดงตัวอย่างข้อมูล shallow seismic survey ที่แสดงให้เห็นชั้นตะกอนที่ถูกตัดโดยรอยเลื่อนใน ทะเลบริเวณทะเลอันดามัน ประเทศไทย (ที่มา: Krastel, 2011) 7

รูป 2.5 ลักษณะคาดการณ์การวางตัวของแนวรอยเลื่อนย่อย ของรอยเลื่อนระนอง จากข้อมูลสำรวจคลื่นไหวสะเทือนระดับลึก ของบริษัทสำรวจปิโตรเลียม (ที่มา: สุมาลี ทิพโยภาส 2553) 8

รูป 2.6 วิธีการประเมินระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (DSHA) (Kramer, 1996) 10

รูป 2.7 เปรียบเทียบค่าความเร่งในแนวราบจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6.8 เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2554 ที่พิกัดจาก USGS ละติจูดที่ 20.705 องศาเหนือลองจิจูดที่ 99.949 องศาตะวันออก ลึก 10 กิโลเมตร กับค่าความเร่งในแนวราบที่ได้จากสมการลดทอนแผ่นดินไหวที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา

(ที่มา อาณัติ เรืองรัศมีและคณะ, 2554) 11

รูป 2.8 แผนที่ธรณีแปรสัณฐานบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แสดงโครงสร้างหลัก แอ่งสะสมตะกอน และแผ่นเปลือกโลก (ปรับปรุงจาก Charusiri et al., 2002, Morley, 2004, Curray, 2005) 13

รูป 2.9 เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแผ่นฟิลิปปินส์ แผ่นแปซิฟิกตะวันตก และแผ่นยูเรเซีย (หัวลูกศรแสดงทิศการมุดตัว) (Suensilpong, 1971) 15

รูป 2.10 แผนที่แปรสัณฐานบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แสดงระบบรอยเลื่อนหลักและการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกต่างๆที่สัมพันธ์กับการชนของแผ่นเปลือกโลกอินเดียและแผ่นเปลือกโลกเอเชีย (ปรับปรุงจาก Polachan, 1989) (SFS = กลุ่มรอยเลื่อนสุมาตรา; MFZ = กลุ่มรอย เลื่อนเมอร์กุย; SFZ =กลุ่มรอยเลื่อนสะเกียง-นามิยิม; UFZ = กลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์; RKFZ = กลุ่มรอยเลื่อนระนอง-คลองมะรุ่ย; RRFZ = กลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง; NTFZ = กลุ่มรอย เลื่อนภาคเหนือของประเทศไทย; และ M =แอ่งเมอร์กุย) 17

รูป 2.11 แผนที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แสดงการกระจายตัวและขนาดแผ่นดินไหว ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2455 - พ.ศ. 2555 (www.tmd.go.th) 19

รูป 2.12 แผนที่เขตความรุนแรงแผ่นดินไหวในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จัดทำโดยอาศัยข้อมูล Vmax value (JICA, 1989) (A = 1st degree, B = 2nd degree, C = 3rd degree, D = 4th degree, E = 5th degree, and F = no degree) 20

รูป 2.13 แผนที่แสดงการกระจายตัวศูนย์กลางแผ่นดินไหวในบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย 22

รูป 2.14 ขอบเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวครอบคลุมพื้นที่ประเทศเมียนมาร์ ไทยและอินโดจีน (Koesirikulkit, 1992) 24

รูป 2.15 ขอบเขตรอยเลื่อนสำคัญในประเทศไทย (แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์, 2534) 25

รูป 2.16 แผนที่ประเทศไทย แสดงการวางตัวและการกระจายตัวของรอยเลื่อนมีพลัง (ปรับปรุงจาก Hinthong, 1997) 26

รูป 2.17 แผนที่แสดงลักษณะและการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนระนองและกลุ่มรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย (กรมทรัพยากรธรณี 2550) 28

รูป 2.18 A) แสดงทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นในบริเวณทะเลอันดามันและอ่าวไทยก่อนเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 และ B)แสดงทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นในบริเวณทะเลอันดามันและ อ่าวไทยหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ (สามเหลี่ยมทึบ = หลุมยุบ และ วงรีทึบ = เหตุการณ์ แผ่นดินไหว) (Duerrast et al., 2007) 29

รูป 2.19 แสดงศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่ปรากฏในบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยที่ตรวจวัดได้ในระหว่างวันที่ 14 มกราคม - 30 มิถุนายน 2548 (Duerrast et al., 2007) 29

รูป 3.1 เรือเกษตรศาสตร์ 1 31

รูป 3.2 เรือประมงพื้นบ้านที่ปากแม่น้ำปราณบุรี 31

รูป 3.3 GPS Garmin 60CSx (A) , GPS DGPS MAX (B) 32

รูป 3.4 sub-bottom profiler รุ่น Bathy-2010P 33

รูป 3.5 ตัวส่งและตัวรับสัญญาณ (Transducer) 33

รูป 3.6 แผนผังการวางตำแหน่งเครื่องมือ sub-bottom profiler บนเรือสำรวจเกษตรศาสตร์ (สำรวจครั้งที่ 1) 34

รูป 3.7 แสดงการปฏิบัติงาน sub-bottom profiler บนเรือสำรวจ (สำรวจครั้งที่ 1) 34

รูป 3.8 แสดงเส้นทางการสำรวจด้วยเครื่องมือ sub-bottom profiler 35

รูป 3.9 Power Supplies รุ่น Geo-spark 1000 Plus..... 37
รูป 3.10 Marine Multi-Tip Sparker System รุ่น Geo-Source 200 Light Weight..... 37
รูป 3.11 ตัวรับสัญญาณ (hydrophone)..... 38
รูป 3.12 แผนผังการวางตำแหน่งเครื่องมือ shallow marine seismic survey บนเรือสำรวจ 38
รูป 3.13 การปฏิบัติงานบนเรือสำรวจ shallow marine seismic survey (สำรวจครั้งที่ 2)..... 39
รูป 3.14 การปฏิบัติงานบนเรือสำรวจ shallow marine seismic survey (สำรวจครั้งที่ 2)..... 40
รูป 3.15 การปฏิบัติงานบนเรือสำรวจ shallow marine seismic survey (สำรวจครั้งที่ 3)..... 41
รูป 3.16 การปฏิบัติงานภายในเรือสำรวจ shallow marine seismic survey (สำรวจครั้งที่ 3)..... 41
รูป 3.17 การปฏิบัติงานบนเรือสำรวจ shallow marine seismic survey (สำรวจครั้งที่ 4)..... 42
รูป 3.18 การปฏิบัติงานภายในเรือสำรวจ shallow marine seismic survey (สำรวจครั้งที่ 4)..... 43
รูป 3.19 แสดงเส้นทางการสำรวจด้วยเครื่องมือ shallow marine seismic survey..... 44
รูป 3.20 เครื่องมือเก็บตัวอย่างตะกอน ในแนวดิ่ง ขนาด 1 เมตร (mini-gravity corer)..... 45
รูป 3.21 การปฏิบัติงานขณะทำการการเก็บตัวอย่าง (mini-gravity corer) (สำรวจครั้งที่ 1)..... 46
รูป 3.22 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างตะกอน ด้วย mini-gravity corer..... 47
รูป 3.23 การติดตั้งอุปกรณ์และหลักการทำงานของ custom-made shallow marine seismic survey.. 48
รูป 3.24 ตัวรับสัญญาณ 10 Hz (hydrophone)..... 49
รูป 3.25 ตัวรับสัญญาณ 3 Hz - 13 kHz (hydrophone)..... 49
รูป 3.26 Geometrics Geode seismograph..... 49
รูป 3.27 metal disk/rod+metal plate..... 50
รูป 3.28 แผนผังการวางตำแหน่งเครื่องมือ shallow marine seismic survey บนเรือเกษตรศาสตร์ 1 (ระบบ metal disk/rod+metal plate)..... 50
รูป 3.29 การปฏิบัติงานภายในเรือสำรวจ ระบบ metal disk/rod+metal plate (สำรวจครั้งที่ 1) 51
รูป 3.30 weight drop..... 52
รูป 3.31 แผนผังการวางตำแหน่งเครื่องมือ shallow marine seismic survey บนเรือเกษตรศาสตร์ 1 (ระบบ Weight drop)..... 52

รูป 3.32 การปฏิบัติงานภายในเรือสำรวจ ระบบ weight drop (สำรวจครั้งที่ 1) 53

รูป 3.33 การปฏิบัติงานภายในเรือสำรวจ ระบบ weight drop (สำรวจครั้งที่ 4) 53

รูป 4.1 แนวสำรวจ sub-bottom profiler และตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตะกอน 55

รูป 4.2 ภาพตัดขวางของ sub-bottom profiler ตามเส้นทางการสำรวจ L2207.3 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงในรูป 4.1) ในบริเวณที่วงกลมไว้เป็นผลที่เกิดจากการ ปรับเปลี่ยนค่าเครื่องสำรวจในขณะที่ทำการสำรวจ ไม่ใช่รอยเลื่อนจริง 56

รูป 4.3 ภาพตัดขวางของ sub-bottom profiler ตามเส้นทางการสำรวจ L2409 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงในรูป 4.1) 57

รูป 4.4 ภาพตัดขวางของ sub-bottom profiler ตามเส้นทางการสำรวจ L2407 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงในรูป 4.1) 58

รูป 4.5 ภาพตัดขวางของ sub-bottom profiler ตามเส้นทางการสำรวจ L2211.4 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงในรูป 4.1) 59

รูป 4.6 ภาพตัดขวางของ sub-bottom profiler ตามเส้นทางการสำรวจ L2401 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงในรูป 4.1) 60

รูป 4.7 ภาพตัดขวางของ sub-bottom profiler ตามเส้นทางการสำรวจ L2404 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงในรูป 4.1) 61

รูป 4.8 ภาพตัดขวางของ sub-bottom profiler ตามเส้นทางการสำรวจ L2308.3 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงในรูป 4.1) 62

รูป 4.9 ภาพตัดขวางของ sub-bottom profiler ตามเส้นทางการสำรวจ L2308.5 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงในรูป 4.1) 63

รูป 4.10 ภาพตัดขวางของ sub-bottom profiler ตามเส้นทางการสำรวจ L2309.1 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงในรูป 4.1) 64

รูป 4.11 ลักษณะการเกิดปรากฏการณ์ multiple 65

รูป 4.12 แนวสำรวจ shallow marine seismic survey ระบุตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตะกอนที่พบตามแนวสำรวจ 66

รูป 4.13 ภาพตัดขวางของ shallow marine seismic survey ตามเส้นทางการสำรวจ Line 1 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงใน รูป 4.12) 67

รูป 4.14 ภาพตัดขวางของ shallow marine seismic survey ตามเส้นทางการสำรวจ Line 2 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงใน รูป 4.12) 68

รูป 4.15 ภาพตัดขวางของ shallow marine seismic survey ตามเส้นทางการสำรวจ Line 3 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงใน รูป 4.12) 69

รูป 4.16 ภาพตัดขวางของ shallow marine seismic survey ตามเส้นทางการสำรวจ Line 4 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงใน รูป 4.12) 70

รูป 4.17 ภาพตัดขวางของ shallow marine seismic survey ตามเส้นทางการสำรวจ Line 5 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงใน รูป 4.12) 71

รูป 4.18 ภาพตัดขวางของ shallow marine seismic survey ตามเส้นทางการสำรวจ Line 6 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงใน รูป 4.12) 72

รูป 4.19 ภาพตัดขวางของ shallow marine seismic survey ตามเส้นทางการสำรวจ Line 7 (ตำแหน่งของแนวสำรวจแสดงใน รูป 4.12) 73

รูป 4.20 แสดง spectrum ของคลื่นที่สำรวจได้ (A), แสดง spectrum ของคลื่นที่ผ่านการประมวลข้อมูล (B).. 74

รูป 4.21 ภาพตัดขวางของตัวกำเนิดคลื่น custom-made shallow marine seismic ทั้ง 2 แบบ metal disk/rod+metal plate (A) , weight drop (B) จากการสำรวจในครั้งที่ 1 ที่ผ่านการประมวลผล..... 76

รูป 4.22 ภาพตัดขวางของ custom-made shallow marine seismic จากตัวกำเนิดคลื่น Weight dropที่ผ่านการประมวลผล..... 77

รูป 4.23 แสดงขอบเขตของค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (PGA) ของแผ่นดินไหวที่มีรอบในการเกิด 100 ปี (มีโอกาสเกิดขึ้น 10% ในรอบ 10 ปี) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1 - 2.7 % g..... 79

รูป 4.24 แสดงขอบเขตของค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (PGA) ของแผ่นดินไหวที่มีรอบในการเกิด 475 ปี (มีโอกาสเกิดขึ้น 10% ในรอบ 50 ปี) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1 - 29 % g..... 80

รูป 4.25 แสดงขอบเขตของค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (PGA) ของแผ่นดินไหวที่มีรอบในการเกิด 2,475 ปี (มีโอกาสเกิดขึ้น 2% ในรอบ 50 ปี) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1 - 77 % g..... 81

รูป 4.26 แสดงขอบเขตของค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (PGA) ของแผ่นดินไหวที่มีรอบในการเกิด 10,000 ปี (มีโอกาสเกิดขึ้น 1% ในรอบ 100 ปี) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1 - >80 % g..... 82

รูป 4.27 แสดงตำแหน่งเหตุการณ์แผ่นดินไหวจำลองและตำแหน่งแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจริงบริเวณอ่าวไทยในอดีตที่ใช้ในการจำลองผลกระทบที่เกิดขึ้น (scenario shake map)..... 84

รูป 4.28 แบบจำลองผลกระทบของแผ่นดินไหวขนาด 4.3 ณ ตำแหน่งการเกิดแผ่นไหวในปี 2549 (TMD 2006) ทำให้พื้นที่ศึกษามีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (PGA) อยู่ที่ 0 - 1.5 % g..... 85

รูป 4.29 แบบจำลองผลกระทบของแผ่นดินไหวขนาด 6.0 ณ ตำแหน่งการเกิดแผ่นไหวในปี 2549 (TMD 2006) ทำให้พื้นที่ศึกษามีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (PGA) อยู่ที่ 0 - 4.1 %..... 86

รูป 4.30 แบบจำลองผลกระทบของแผ่นดินไหวขนาด 5.0 ณ ตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตอนที่คาดว่าเป็นอิทธิพลจากรอยเลื่อนระนอง ของเส้นทางการสำรวจ shallow marine seismic survey แนวที่ 4 พบว่าทำให้พื้นที่ศึกษามีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินอยู่ที่ 0 - 2.0 % g 87

รูป 4.31 แบบจำลองผลกระทบของแผ่นดินไหวขนาด 6.0 ณ ตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตอนที่คาดว่าเป็นอิทธิพลจากรอยเลื่อนระนอง ของเส้นทางการสำรวจ shallow marine seismic survey แนวที่ 4 พบว่าทำให้พื้นที่ศึกษามีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินอยู่ที่ 0 - 4.2 % g 88

รูป 4.32 แบบจำลองผลกระทบของแผ่นดินไหวขนาด 5.0 ณ ตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตอนที่คาดว่าเป็นอิทธิพลจากรอยเลื่อนระนอง ของเส้นทางการสำรวจ shallow marine seismic survey แนวที่ 5 พบว่าทำให้พื้นที่ศึกษามีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินอยู่ที่ 0 - 3.4 % g 89

รูป 4.33 แบบจำลองผลกระทบของแผ่นดินไหวขนาด 6.0 ณ ตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตอนที่คาดว่าเป็นอิทธิพลจากรอยเลื่อนระนอง ของเส้นทางการสำรวจ shallow marine seismic survey แนวที่ 5 พบว่าทำให้พื้นที่ศึกษามีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินอยู่ที่ 0 - 7.7 % g 90

รูป 4.34 แบบจำลองผลกระทบของแผ่นดินไหวขนาด 5.0 ณ ตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตอนที่คาดว่าเป็นอิทธิพลจากรอยเลื่อนระนอง ของเส้นทางการสำรวจ shallow marine seismic survey แนวที่ 6 พบว่าทำให้พื้นที่ศึกษามีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินอยู่ที่ 0 - 4.3 % g 91

รูป 4.35 แบบจำลองผลกระทบของแผ่นดินไหวขนาด 6.0 ณ ตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตอนที่คาดว่าเป็นอิทธิพลจากรอยเลื่อนระนอง ของเส้นทางการสำรวจ shallow marine seismic survey แนวที่ 6 พบว่าทำให้พื้นที่ศึกษามีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินอยู่ที่ 0 - 9.6 % g 92

รูป 4.36 แสดงการเกิดคลื่นสึนามิเนื่องจากแผ่นกินไหวขนาดใหญ่ที่มีการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (ที่มา: http://itic.iocunesco.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1158&Itemid=2026) 93

รูป 4.37 แสดงความเร็วของคลื่นสึนามิในทะเลลึกและในขณะที่เคลื่อนที่เข้าฝั่ง (ที่มา: JMA)..... 94

รูป 4.38 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นสึนามิในทะเลลึกและในขณะที่เคลื่อนที่เข้าฝั่ง (ที่มา: http://www.globalsecurity.org/eye/images/tsunami-3.jpg)..... 95

รูป 4.39 แสดงแบบจำลองเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นสึนามิที่เกิดจากแผ่นดินไหวนอกชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 96

รูป 4.40 แสดงแบบจำลองเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นสึนามิที่เกิดจากแผ่นดินไหว โดยกำหนดแผ่นดินไหวให้เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตอนที่คาดว่าเป็นอิทธิพลจากรอยเลื่อนระนองจากการสำรวจ marine seismic survey เส้นทางการสำรวจที่ 4 97

รูป 4.41 แสดงแบบจำลองเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นสึนามิที่เกิดจากแผ่นดินไหวโดยกำหนดแผ่นดินไหวให้เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตอนที่คาดว่าเป็นอิทธิพลจากรอยเลื่อนระนองจากการสำรวจ marine seismic survey เส้นทางการสำรวจที่ 5 98

รูป 4.42 แสดงแบบจำลองเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นสึนามิที่เกิดจากแผ่นดินไหว โดยกำหนดแผ่นดินไหวให้เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นตอนที่คาดว่าเป็นอิทธิพลจากรอยเลื่อนระนองจากการสำรวจ marine seismic survey เส้นทางการสำรวจที่ 6 99

รูป 5.1 ลักษณะแอมพลิจูดคลื่น แต่ละชั้นตะกอน (a: clay , b: sand , c: loose sand) 101

รูป 5.2 แนวสำรวจ sub-bottom profiler และ shallow marine seismic survey ระบุตำแหน่งที่พบ ความไม่ต่อเนื่องของชั้นตะกอน 103