

กรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของส่วนตะวันออกเฉียงใต้ของระบบรอยเลื่อนแพร์
บริเวณแอ่งแพร์ ภาคเหนือของประเทศไทย

นายมงคล อุดชาชน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาธรณีวิทยา ภาควิชาธรณีวิทยา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

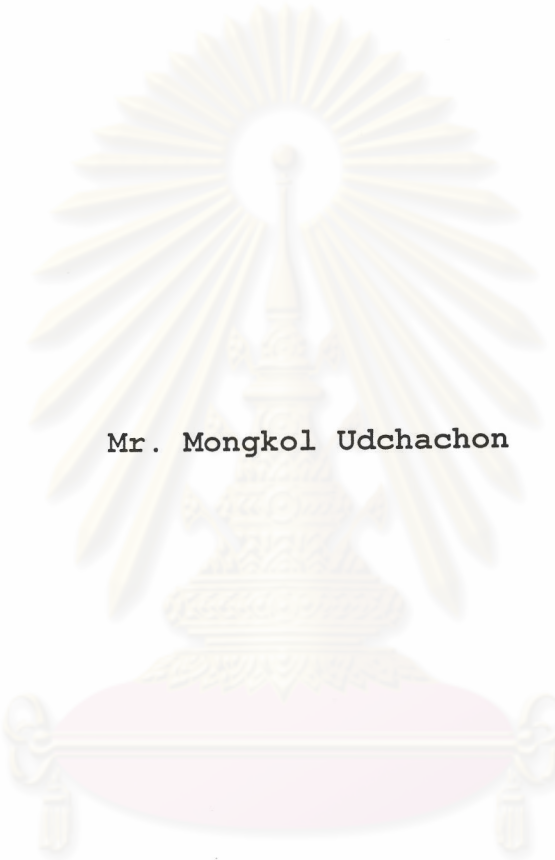
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-3188-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20918173

NEOTECTONICS OF THE SOUTHEASTERN SEGMENT OF THE PHRAE FAULT
SYSTEM, PHRAE BASIN, NORTHERN THAILAND



Mr. Mongkol Udchachon

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Geology

Department of Geology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2002
ISBN 974-17-3188-4

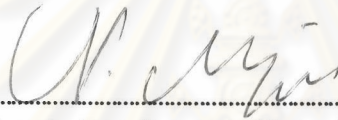
Thesis Title Neotectonics of the Southeastern Segment
of the Phrae Fault System, Phrae Basin,
Northern Thailand
By Mr. Mongkol Udchachon
Department Geology
Thesis Advisor Assistant Professor Veerote Daorerk, M.Sc.
Thesis Co-advisor Associate Professor Punya Charusiri, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn
University in Partial Fulfillment of the Requirements for
Master's Degree

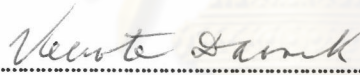


.....Dean of Faculty of Science
(Associate Professor Wanchai Phothiphichit, Ph.D.)

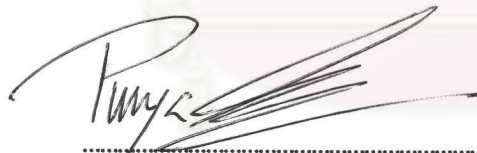
THESIS COMMITTEE



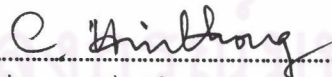
.....Chairman
(Assistant Professor Nopadon Muangnoicharoen, Ph.D.)



.....Thesis Advisor
(Assistant Professor Veerote Daorerk, M.Sc.)



.....Thesis Co-Advisor
(Associate Professor Punya Charusiri, Ph.D.)



.....Member
(Chaiyan Hinthong, M.S.)

มงคล อุดชาชน: ธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของส่วนตะวันออกเฉียงใต้ของรอยเลื่อนแพว บริเวณแอ่งแพว ภาคเหนือของประเทศไทย. (NEOTECTONICS OF THE SOUTHEASTERN SEGMENT OF THE PHRAE FAULT SYSTEM, PHRAE BASIN, NORTHERN THAILAND) อ.ที่ปรึกษา: ผศ. วิโรจน์ ดาวฤกษ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม: รศ. ดร. ปัญญา จารุศิริ, 231 หน้า. ISBN 974-17-3188-4.

การศึกษาระณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของส่วนตะวันออกเฉียงใต้ของรอยเลื่อนแพว บริเวณแอ่งแพว ภาคเหนือของประเทศไทยประกอบด้วยจุดประสงค์หลักสี่ข้อได้แก่ 1) เพื่อบ่งบอกหลักฐานที่มีความสัมพันธ์กับการเลื่อนตัวของส่วนรอยเลื่อนตะวันออกเฉียงใต้ของระบบรอยเลื่อนแพว 2) เพื่อวิเคราะห์ทิศทางของแรงภายในโลกที่กระทำต่อพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ข้างเคียง 3) เพื่อหาอายุตะกอนที่สัมพันธ์กับรอยเลื่อนและลำดับเหตุการณ์การเลื่อนตัวของส่วนรอยเลื่อนดังกล่าว 4) เพื่อจำแนกลำดับการมีพลังของส่วนรอยเลื่อน ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วยหกขั้นตอนได้แก่ 1) ขั้นตอนการวางแผนงานและเตรียมข้อมูลพื้นฐาน 2) ขั้นตอนการออกสำรวจภาคสนามเบื้องต้น 3) ขั้นตอนการแปลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพจากดาวเทียม 4) ขั้นตอนการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลรายละเอียด 5) ขั้นตอนการปฏิบัติการหาอายุโดยวิธีการเปล่งแสงความร้อน 6) ขั้นตอนการโต้แย้งหาเหตุผลและสรุปผล

ส่วนรอยเลื่อนตะวันออกเฉียงใต้ของระบบรอยเลื่อนแพวเป็นรอยเลื่อนที่มีศักยภาพการเคลื่อนตัวปรากฏตรงบริเวณขอบด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแอ่งแพว มีความยาวประมาณ 20 กม มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ รอยเลื่อนหลักวางตัวอยู่ระหว่างแอ่งและแนวเทือกเขามิทิศทางเฉียงเทไปทางทิศตะวันตก พบรอยเลื่อนรองวางตัวคั่นข้างขนานไปกับรอยเลื่อนหลักตัดผ่านชั้นตะกอนตะพักชั้นสูงและมีทิศทางเฉียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงตรงข้ามกับทิศทางการเฉียงเทของรอยเลื่อนหลัก

หลักฐานการแปรสัณฐานตามแนวส่วนรอยเลื่อนซึ่งได้แก่ สันปิดกั้น ผาสามเหลี่ยม และลำธารเลื่อนหักมุม ประกอบกับข้อมูลรอยเลื่อนรองในภาคสนาม ข้อมูลการหาอายุตะกอน และข้อมูลการศึกษากาลไถแผ่นดินไหว พบว่าส่วนรอยเลื่อนนี้มีการเคลื่อนตัวแบบซ้ายเข้าประกอบกับแบบปกติด้วยอัตราการเคลื่อนตัวสูงสุด 0.06 มม/ปี ข้อมูลเหล่านี้สอดคล้องกับข้อมูลการศึกษาทิศทางของแรงภายในโลกที่กระทำต่อพื้นที่นี้และใกล้เคียงในสมัยปัจจุบัน ซึ่งบ่งบอกว่า แรงบีบอัดอยู่ในทิศทางประมาณเหนือ-ใต้ ส่วนแรงดึงออกอยู่ในทิศทางออก-ตก

การศึกษาแผ่นดินไหวในอดีตพบว่าพื้นที่ศึกษาเคยเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (ประมาณ Mw 7) สองครั้ง ครั้งแรกเกิดขึ้นระหว่าง 0.9-1.1 ล้านปีที่ผ่านมา และครั้งที่สองเกิดระหว่าง 0.05-0.17 ล้านปีที่ผ่านมา ค่าคาดคะเนคาบการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วงประมาณ 0.9 ล้านปี อย่างไรก็ตามในแอ่งแพวและพื้นที่ใกล้เคียงมีการตรวจพบแผ่นดินไหวขนาดเล็กเกิดขึ้นอยู่สม่ำเสมอตลอดปีซึ่งบ่งบอกถึงการตื่นตัวของธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี.

ภาควิชา.....ธรณีวิทยา.....

สาขาวิชา.....ธรณีวิทยา.....

ปีการศึกษา.....2545.....

ลายมือชื่อในสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4272500623: MAJOR GEOLOGY

KEYWORD: NEOTECTONIC/ PHRAE FAULT SYSTEM/ PHRAE BASIN

MONGKOL UDCHACHON: NEOTECTONICS OF THE SOUTHEASTERN SEGMENT OF THE PHRAE FAULT SYSTEM, PHRAE BASIN, NORTHERN THAILAND. THESIS ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR VEEROTE DAORERK, M.Sc. AND ASSOCIATE PROFESSOR PUNYA CHARUSIRI, Ph.D. 231 pp. ISBN 974-17-3188-4

This thesis is composed of four main objectives. These objectives aim firstly, to identify neotectonic evidences which relate to displacement of the southeastern segment of the Phrae fault system; secondly, to analyze stress axis orientation acting on the study area and nearby; thirdly, to determine age of fault-related sediments and to recognize past movement events of the fault segment; fourthly, to classify activeness characteristic of the fault segment. The thesis study includes six steps of methodology, viz. planning and preparation, field reconnaissance, remote-sensing and aerial photographic interpretations, field investigation, laboratory experiment, and discussion and conclusion steps.

Based on remote-sensing interpretation, field investigation, seismic profiles, and focal mechanism data, the southeastern segment of the Phrae fault system is a potentially active fault, located in SE margin of the Phrae basin, lain in NNE-trend with approximately 20 km-long. The west-dipping major fault is characterized as basin-bounded fault. The minor fault is found in high terrace, roughly lying parallel to the major fault showing antithetic east dipping to the major one.

Tectonic geomorphological evidences along the fault segment including a shutter ridge, triangular facets and offset stream channels together with field evidences of normal faulting along the minor fault, thermoluminescence dating, and focal mechanism data, indicate that the fault segment is undergoing sinistral movement with small component of normal with maximum slip rate of 0.06 mm/yr. These evidences are consistent with the study on contemporary stress axis orientation in this area which reveals roughly E-W trend and N-S trend of extensional and compressional axes, respectively.

Two paleoearthquake events with large magnitude ($M_w \sim 7$) were taken place in the study area. The first event was occurred between 0.9 Ma and 1.1 Ma and the second event was between 0.05 Ma and 0.17 Ma. Finally, recurrence estimation of large earthquakes generated by the fault segment is 0.9 Ma. Additionally, small earthquakes have been detected by Chiang Mai seismic station throughout the years, also indicate present-day active tectonism in this area.

Department.....Geology... Student's signature.....*M. Udchachon*.....

Field of study....Geology..... Advisor's signature.....*Veerote Daorerk*.....

Academic year.....2002..... Co-advisor's signature.....*Punya Charusiri*.....

ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to express his profound and sincere appreciation to his advisor, Assistant Professor Veerote Daorerk, and the thesis co-advisor, Associate Professor Dr.Panya Charusiri, for their enthusiastic support, continuous guidance and invaluable advice throughout the period of this study.

Sincere thanks and appreciation are extended to the Research Institute of Materials and Resources, Akita University, Professor Isao Takashima, Dr. Krit Won-in for their assistance and support all the facilities such as thermoluminescence and electron spin resonance equipments, and their hospitality during his visit in Japan.

He is indebted to the geological Survey Division, Department of Mineral Resources (DMR), Mr.Suwith Kosuwan, and Mr.Preecha Saithong for the permission to use the laboratory.

Special thanks extend to Mr.Rottana Ladachart for valuable field assistant; Ms.Viyada Lamul and all my friends for their encouragement and support during this study.

Last but not least, his respect and love are expressed to his parents and his lover for their continuous inspiration, encouragement, and financial support, without which the study is almost impossible.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT IN THAI.....	iv
ABSTRACT IN ENGLISH.....	v
ACKNOWLEDGMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF FIGURES.....	x
LIST OF TABLES.....	xvii
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
1.1 GENERAL.....	1
1.2 OBJECTIVES.....	3
1.3 THE STUDY AREA.....	5
1.4 METHODOLOGY.....	10
1.5 PREVIOUS WORKS.....	12
CHAPTER II TECTONICS AND SEISMICITY.....	16
2.1 TECTONICS.....	16
2.1.1 GENERAL BACKGROUND.....	16
2.1.2 REGIONAL TECTONIC SETTING.....	20
2.1.3 ACTIVE FAULTS IN THAILAND.....	23
2.2 SEISMICITY.....	23
2.2.1 SEISMICITY IN THAILAND.....	26
2.2.2 SEISMICITY IN THE PHRAE BASIN AND NEARBY AREAS.....	31
2.3 TECTONICS AND SEISMICITY RELATIONSHIP.....	31
2.3.1 GENERAL.....	31
2.3.2 FOCAL MECHANISMS.....	33
CHAPTER III THE PHRAE FAULT SYSTEM.....	40
3.1 DEFINITION OF THE PHRAE FAULT SYSTEM..	40
3.1.1 DEFINITION OF PREVIOUS STUDY..	40
3.1.2 THE PHREA FAULT SEGMENT OF THIS STUDY.....	47
3.2 SEISMIC PROFILES.....	50
3.3 THE SOUTHEASTERN SEGMENT OF THE PHRAE FAULT SYSTEM.....	58
CHAPTER IV SATELLITE IMAGE AND AERIAL PHOTOGRAPHIC INTERPRETATION.....	59
4.1 LINEAMENTS.....	59
4.1.1 THE RESULT FROM LANDSAT TM5 INTERPRETATION.....	60

	PAGE
4.1.2 THE RESULT FROM JERS SAR INTERPRETATION.....	64
4.2 FAULT SEGMENTATION.....	66
4.2.1 GENERAL.....	66
4.2.2 THE RESULT OF FAULT SEGMENTATION.....	67
4.3 TECTONIC GEOMORPHOLOGY.....	75
4.3.1 GENERAL.....	75
4.3.2 RESULTS OF TECTONIC GEOMORPHOLOGICAL STUDY.....	78
CHAPTER V FIELD INVESTIGATIONS.....	86
5.1 FIELD EVIDENCES OF TECTONIC GEOMORPHOLOGY.....	86
5.2 EXPOSURES OF NEOTECTONIC EVIDENCES....	89
5.2.1 BAN THUNG CHAROEN OUTCROP.....	89
5.2.2 CHOM CHAENG1 OUTCROP.....	98
5.2.3 CHOM CHAENG2 OUTCROP.....	100
5.2.4 BAN PA DAENG1 OUTCROP.....	104
5.2.5 BAN PA DAENG2 OUTCROP.....	112
5.2.6 GARBAGE LANDFILL OUTCROP.....	114
5.3 DETERMINATION OF STRESS AXIS ORIENTATION USING GEOLOGICAL DATA....	117
5.3.1 GENERAL BACKGROUND.....	117
5.3.2 THE RESULTS OF STRESS AXIS ORIENTATION ANALYSIS.....	119
CHAPTER VI THERMOLUMINESCENCE DATING.....	122
6.1 DATING PALEOEARTHQUAKE.....	122
6.2 QUATERNARY DATING METHODS.....	123
6.3 THERMOLUMINESCENCE DATING.....	125
6.3.1 BASIC CONCEPT.....	125
6.3.2 PALEODOSE AND ANNUAL DOSE EVALUATION.....	126
6.3.3 PALEODOSE CORRECTION.....	131
6.3.4 PLATEAU TEST.....	134
6.4 TL-DATING RESULTS.....	135
CHAPTER VII DISCUSSION.....	145
7.1 NEOTECTONIC FEATURES.....	145
7.2 TECTONIC STRESS FIELD.....	149
7.3 EARTHQUAKE EVENT RECOGNITION.....	152

	PAGE
7.4 CLASSIFICATION OF ACTIVE FAULTS.....	154
7.5 SEISMIC HAZARD ASSESSMENTS.....	155
7.5.1 PALEOEARTHQUAKE MAGNITUDE ESTIMATION.....	156
7.5.2 SLIP RATES.....	157
7.5.3 RECURRENCE ESTIMATION.....	157
CHAPTER VIII CONCLUSION.....	160
REFERENCES.....	162
APPENDICES.....	173
BIOGRAPHY.....	231



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

	Page
Figure 1.1 Structural map of Northern Thailand showing conjugate sets of strike-slip faults and offset Tertiary basins.....	4
Figure 1.2 Topographic map of the Phrae basin.....	6
Figure 1.3 Photo-geomorphological map of southern portion of the Phrae basin.....	7
Figure 1.4 Topographic map showing location of the study area.....	9
Figure 1.5 Methodological diagram of this thesis study.....	11
Figure 2.1 Model of the earth's interior.....	17
Figure 2.2 Seafloor spreading.....	17
Figure 2.3 Schematic diagram of plate boundaries showing the relative motion of plates.....	19
Figure 2.4 Zones of plate convergence.....	19
Figure 2.5 Tectonic map of central-east Asia illustrating 'extension' model and its relationship with Cenozoic structures in the region.....	21
Figure 2.6 The map of Thailand and nearby areas showing two ancient microcontinents.....	24
Figure 2.7 Major tectonic elements in southeast Asia and southern China.....	24
Figure 2.8 Seismic active belt of Thailand.....	25
Figure 2.9 Diagram illustrating the form of ground motion near the ground surface in four types of earthquake waves.....	27
Figure 2.10 Travel times of P, S, and surface waves..	28

	Page
Figure 2.11 Faults and earthquake epicenters in Thailand and mainland southeast Asia.....	29
Figure 2.12 Late Cenozoic faults and historical seismicity (1362 to 1996) of northern Thailand.....	30
Figure 2.13 Earthquake epicentral distribution in the Phrae basin and nearby areas during 1996-2000.....	32
Figure 2.14 A. Double couple force system. B. Simplified earthquake mechanism.....	35
Figure 2.15 Nonvertical normal fault model.....	36
Figure 2.16 Equivalence of double couple and shear faulting and ambiguity of fault plane and its auxiliary plane.....	36
Figure 2.17 Schematic focal mechanisms of Thailand and adjacent regions.....	37
Figure 2.18 Focal mechanism solution diagrams of near Rong Kwang (above) and Phrao (below) events using Mohamed program for construction.....	39
Figure 3.1 Major faults in the Tenasserim Ranges, eastern Myanmar (Burma) and Northern Thailand.....	41
Figure 3.2 Fault zones and hot spring location in Thailand.....	43
Figure 3.3 Map of Thailand showing distributions of major classified active faults and fault zones in Thailand.....	44
Figure 3.4 Late Cenozoic faults and historical seismicity (1362 to 1996) of the northern Thailand.....	45
Figure 3.5 Seismotectonic map of Thailand.....	46
Figure 3.6 The model of basins associated with the strike-slip fault zone applied to the	

	Page
Phrae-Thoen areas, including the long and Wang Chin Basins.....	48
Figure 3.7 Fault segmentation of the Phrae fault system based on Landsat TM5 image data.....	49
Figure 3.8 Seismic survey lines in the Phrae basin....	51
Figure 3.9 Seismic reflection profiles, line nos. P94-220, P94-240 and P94-260.....	52
Figure 3.10 Seismic interpretation profiles of line nos. P94-220, and P94-260.....	53
Figure 3.11 Seismic interpretation result of the southern part of the Phrae basin, line nos. P94-220, and P94-260, interpreted by Srisuwan et al., 2000.....	54
Figure 3.12 Seismic interpretation result of the southern part of the Phrae basin, line nos. P94-220, P94-240 and P94-260, showing trace of eastern border fault on seismic line nos. P94-240 and P94-260.....	55
Figure 3.13 Seismic interpretation results showing eastern border fault on each seismic profiles.....	56
Figure 4.1 Landsat image data showing location of the Phrae basin (1) the Lampang basin (2) the Pitsanulok basin (3), and the Nan basin (4).....	61
Figure 4.2 JERS SAR image data of the Phrae basin and nearby areas.....	62
Figure 4.3 Lineament map of the Phrae basin and adjacent areas interpreted using Landsat TM5.....	63
Figure 4.4 Lineament map of the Phrae basin and nearby areas interpreted using JERS SAR image data showing lineaments within the basin.....	65

	Page
Figure 4.5 Fault segment of the Phrae fault system based on Landsat TM5 image data.....	70
Figure 4.6 Detail of the southeastern segment of the Phrae fault system.....	72
Figure 4.7 Two black and white aerial photographs of the study area and nearby, on the left is the Phrae basin, on the right is mountainous area.....	73
Figure 4.8 Map of the study area showing the NNE-trending major fault traces, interpreted using aerial photograph.....	74
Figure 4.9 Plan view of structures associated with an idealized strike-slip fault.....	76
Figure 4.10 Simple shear model associated with strike-slip fault.....	76
Figure 4.11 Sag and Pressure ridges associated with bends and steps along strike-slip faults...	77
Figure 4.12 Assemblage of landforms associated with active strike-slip faulting.....	77
Figure 4.13 Idealized cross-section of extension tectonic environments.....	79
Figure 4.14 Basic slope elements that may be present on a fault scarp.....	79
Figure 4.15 Development of triangular facets produced by episodic vertical tectonic movement.....	80
Figure 4.16 Types of reverse fault scarps.....	81
Figure 4.17 Tectonic geomorphological map along the southeastern segment of the Phrae fault system.....	82
Figure 4.18 Tectonic geomorphological evidence observed from aerial photograph.....	83

	Page
Figure 4.19 Drainage pattern of the study area and nearby based on aerial photographic interpretation.....	84
Figure 5.1 Map of eastern side of the Phrae basin showing location of exposures described in text.....	87
Figure 5.2 A set of triangular facets and a shutter ridge observed along the Ban Kwang subsegment.....	88
Figure 5.3 View of Ban Thung Charoen outcrop.....	90
Figure 5.4 Stratigraphic expression with normal faulting of Ban Thung Charoen outcrop (TC1).....	91
Figure 5.5 Stratigraphic expression with normal faulting of Ban Thung Charoen outcrop (TC2).....	93
Figure 5.6 Stratigraphic expression with normal faulting of Ban Thung Charoen outcrop (TC3).....	94
Figure 5.7 Stratigraphic expression with normal faulting of Chom Chang1 outcrop (CC1).....	101
Figure 5.8 Stratigraphic expression with normal faulting of Chom Chang2 outcrop (CC2).....	103
Figure 5.9 View of Ban Pa Daeng1 outcrop.....	105
Figure 5.10 Stratigraphic expression with normal faulting at the right side of Ban Pa Daeng1 outcrop (PDR).....	106
Figure 5.11 Stratigraphic expression with normal faulting at the left side of Ban Pa Daeng1 outcrop (PDL).....	107
Figure 5.12 Photograph showing part of joints observed at Ban Pa Daeng1 outcrop.....	110
Figure 5.13 Fold characteristic observed at Ban Pa Daeng1 outcrop.....	111

	Page
Figure 5.14 Stratigraphic expression with normal faulting at the left side of Ban Pa Daeng2 outcrop (PD2).....	113
Figure 5.15 Stratigraphic expression with normal faulting at the left side of Garbage Landfill outcrop (PDL).....	115
Figure 5.16 Model of normal(A), reverse(B) and strike-slip(C) faulting associated with maximum(σ_1), moderate(σ_2)and minimum (σ_3) principal stresses.....	118
Figure 6.1. Trenching wall of a gravel pit showing normal faults cut across sedimentary layers.....	123
Figure 6.2. A simplified model of lattice structure of an ionic crystal showing three simple types of defect.....	127
Figure 6.3. Thermoluminescence-process diagram showing energy-level related to three processes.....	127
Figure 6.4. Diagram of thermoluminescence instrument	129
Figure 6.5. An example of glow-curve of CC1 sample....	130
Figure 6.6. An example of growth-curve.....	130
Figure 6.7. Glow-curve showing different peaks of TL-signal from beached and non-beached samples.....	133
Figure 6.8 An example of growth curve.....	133
Figure 6.9 Plateau-curve (dashed line) plotted with glow-curves (solid line).....	134
Figure 6.10 TC2 site (A), and outcrop logging (B).....	138
Figure 6.11 CC1 site (A), and outcrop logging (B).....	139
Figure 6.12 CC2 site (A), and outcrop logging (B).....	140

	Page
Figure 6.13 PDL site (A), and outcrop logging (B).....	141
Figure 6.14 PDR site (A), and outcrop logging (B).....	142
Figure 6.15 PD2 site (A), and outcrop logging (B).....	143
Figure 6.16 GL site (A), and outcrop logging (B).....	144
Figure 7.1 Schematic block diagram of southern portion of the Phrae basin.....	148
Figure 7.2 Simplified strain ellipsoids of two episodes; before India-Asia collision (A) and after India-Asia collision (B).....	151
Figure 7.3 The evidences of two earthquake events in the study area.....	153


 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

	Page
Table 4.1 Types of fault segments and the characteristics used to define them.....	68
Table 4.2 Fault segment lengths proposed for active faults by various authors.....	69
Table 5.1 Lithologic units at the TC1 site.....	95
Table 5.2 Lithologic units at the TC2 site.....	96
Table 5.3 Lithologic units at the TC3 site.....	98
Table 5.4 Lithologic units at the CC1 site.....	99
Table 5.5 Lithologic units at the CC2 site.....	104
Table 5.6 Lithologic units at the PDR site.....	108
Table 5.7 Lithologic units at the PDL site.....	112
Table 5.8 Lithologic units at the PD2 site.....	114
Table 5.9 Lithologic units at the GL site.....	116
Table 5.10 Neotectonic and paleotectonic stress determination methods from geophysical and geological data.....	119
Table 5.11 Steriograms of joints, faults, and fold.....	121
Table 6.1 The summarization of dating methods for neotectonic study.....	124
Table 6.2 Summarization of TL-dating results.....	137
Table 7.1 Slip rate and paleoearthquake magnitude estimations results.....	158