

RDG4530030

การสำรวจรอยเลื่อนมีพลัง (active Fault) ในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี

ปัญญา จารุศิริ^{1,4}, วิโรจน์ ดาวฤกษ์¹, มนตรี ชูวงศ์¹, กฤษณ์ วันอินทร์¹,
อภิชาติ ลำจวน², สุวิทย์ โคสุวรรณ², ปรีชา สายทอง², ปิยธิดา โทณรัตน์², ภาสกร ปนานนท์³

¹ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ² กรมทรัพยากรธรณี,

³ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

⁴ cpunya@chula.ac.th

กันยายน 2545 – กันยายน 2547

บทคัดย่อ

การศึกษารอยเลื่อนมีพลัง(ปีที่ 2) ในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี ทางภาคตะวันตกของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบตำแหน่งและลักษณะของกลุ่มรอยเลื่อนมีพลังในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี รวมทั้งขนาดของแผ่นดินไหวใหญ่ที่เกิดขึ้นในอดีตจากการเคลื่อนตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และอัตราเฉลี่ยของการเคลื่อนตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเหล่านี้

การศึกษาวิจัยมีขั้นตอนการศึกษาประกอบไปด้วยการวิเคราะห์เชิงเอกสารของข้อมูลธรณีวิทยา แผ่นดินไหว จุดเกิดแผ่นดินไหว เตรียมแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา ต่อจากนั้นทำการแปลความหมายภาพถ่ายทางอากาศและภาพจากดาวเทียม(โทรสัมผัส) หลังจากนั้นในขั้นตอนที่สองทำการออกภาคสนาม เพื่อตรวจสอบสภาพภูมิประเทศที่ได้จากการแปลความหมายโทรสัมผัส พร้อมทั้งจัดทำแผนที่ภูมิประเทศรายละเอียดในพื้นที่คัดสรรแล้ว ต่อมาจึงทำการขุดร่องสำรวจ และทำการศึกษารณีวิทยาในร่องสำรวจและแหล่งหินโพล์ เพื่อดูลักษณะการวางตัวของลำดับชั้นตะกอนดินและลักษณะทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อน ขั้นตอนต่อไปจึงทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดินที่สัมพันธ์กับรอยเลื่อน แล้วหาอายุด้วยตัวอย่างด้วยวิธี เรืองแสงความร้อน เมื่อได้ผลข้อมูลของอายุแล้ว ทำการประเมินหาขนาดของแผ่นดินไหวในอดีตที่เคยเกิดมาแล้ว และหาอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนมีพลัง

ผลการศึกษาวิจัยพบว่า แนวรอยเลื่อนมีพลังในเขตจังหวัดกาญจนบุรี สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ซึ่งวางตัวอยู่ในแนวเกือบเหนือ-ใต้ โดยกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่มีความต่อเนื่องมาจากกลุ่มรอยเลื่อนสะแกยาง(ที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้, ประเทศเมียนมาร์) โดยผ่านเข้ามาทางเขตอำเภอสังขละบุรี, อำเภอทองผาภูมิและอำเภอเมืองกาญจนบุรี โดยมีความยาวประมาณ 210 กม และมีความกว้าง 25 กม ประกอบด้วยรอยเลื่อนย่อยจำนวน 8 รอยเลื่อนย่อย ได้แก่ รอยเลื่อนย่อยเจดีย์สามองค์ (ยาว 120 กม) รอยเลื่อนย่อยเขาแหลม(ยาว 21 กม) รอยเลื่อนย่อยปิ๊ลอก(ยาว 47 กม) รอยเลื่อนย่อยทองผาภูมิ(ยาว 61 กม) รอยเลื่อนย่อยแม่น้ำน้อย(ยาว 30 กม) รอยเลื่อนย่อยแควน้อย(ยาว 48 กม) รอยเลื่อนย่อยบ่อตี่(ยาว 44 กม) และรอยเลื่อนย่อยแควใหญ่(ยาว 99 กม) จากการศึกษาโทรสัมผัส การรังวัดพื้นที่อย่างละเอียดและข้อมูลในสนาม ของรอยเลื่อนย่อยเจดีย์สามองค์ ทางตอนเหนือสุด พบว่าในปัจจุบันมีการเคลื่อนตัวแบบขวาเข้า ควบคู่กับการเคลื่อนตัวแนวตั้งแบบย้อนกลับ ผลการศึกษาในร่องสำรวจหาอายุตะกอนที่

สัมพันธ์กับรอยเลื่อน โดยวิธีเรืองแสงความร้อน พบว่าตะกอนดังกล่าวเกิดอยู่ในช่วงไม่เกิน 2 ล้านปี และบริเวณเขตรอยเลื่อนนี้ได้เคยเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่มาแล้วหลายครั้งในอดีต โดยครั้งสุดท้าย เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 5,000 – 2,200 ปีมาแล้ว และมีอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนนี้ตั้งแต่ 0.22 – 0.50 มม/ปี และมีขนาดความรุนแรงแผ่นดินไหวคำนวณได้ประมาณ 7.2 ริคเตอร์

ส่วนกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ เป็นรอยเลื่อนที่แตกแขนงมาจากกลุ่มรอยเลื่อนพานหลวงในประเทศเมียนมาร์ และวางตัวอยู่ระหว่างกลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิงในเขตจังหวัดตากทางตอนเหนือ และกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ทางตอนใต้ โดยวางตัวพาดผ่าน อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอบ่อพลอย และเขื่อนศรีนครินทร์ มีความยาวรวม 200 กม ในประเทศไทย และมีความกว้างประมาณ 25 กม จากการประมวลผลข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกัน พบว่ากลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ประกอบด้วย รอยเลื่อนย่อยต่างๆ ดังนี้ รอยเลื่อนน้ำแม่จัน (ยาว 44 กม) รอยเลื่อนย่อยเขากระเพรียวแดง (ยาว 86 กม) รอยเลื่อนย่อยศรีสวัสดิ์ (ยาว 18 กม) รอยเลื่อนย่อยเขาแม่วัง (ยาว 97 กม) รอยเลื่อนย่อยเขาม่วงเพ่า (ยาว 27 กม) รอยเลื่อนย่อยบ่องาม (ยาว 44 กม) และรอยเลื่อนย่อยเจ้าเณร (ยาว 44 กม) และในยุคปัจจุบันรอยเลื่อนกลุ่มนี้มีการเคลื่อนตัวในแนวตั้งแบบย้อนกลับและแบบขวาเข้า ผลการคำนวณหาอายุการเคลื่อนตัวในอดีต จากการชดเชยร่องสำรวจบ้านแก่งแคบทางตอนใต้ของเขื่อนศรีนครินทร์ ประมาณ 10 กม พบว่าได้เคยเกิดแผ่นดินไหวครั้งสุดท้ายมีขนาดประมาณ 6.3 ริคเตอร์ เมื่อประมาณ 5,800 ปี และมีอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนส่วนนี้(รอยเลื่อนเจ้าเณร) ประมาณ 0.67 มม/ปี

เนื่องจากการประเมินพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากพิบัติภัยจากแผ่นดินไหว โดยการใช้การปรับเน้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า นอกจากเขื่อนขนาดใหญ่ที่ปรากฏใกล้เขตรอยเลื่อน ยังมีชุมชนย่อยๆ ที่ปรากฏใกล้รอยเลื่อนจำนวน 550 แห่ง และชุมชนเมืองใหญ่อีก 3 แห่ง ซึ่งได้แก่อำเภอไทรโยค อำเภอทองผาภูมิและอำเภอส่งขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งอยู่ใกล้กับแนวรอยเลื่อนทั้งสองนี้ และแนวรอยเลื่อนย่อยมีพลังทองผาภูมิ และแนวรอยเลื่อนย่อยมีพลังเจ้าเณร มีความสำคัญมากที่สุดในเชิงพิบัติภัยจากแผ่นดินไหว

คำหลัก : จังหวัดกาญจนบุรี, กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์, กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์, การหาอายุด้วยวิธีการเรืองแสงความร้อน (TL dating), ลักษณะธรณีสัณฐาน, แผ่นดินไหวในอดีต

RDG4530030

The study on the investigations of active faults in Changwat Kanchanaburi area, western Thailand

Punya Charusiri^{1,4}, Veerote Daorerk¹, Montri Choowoing¹, Krit Won-in¹, Apichard Lumjuan²,

Suwith Kosuwan², Preecha Saithong², Piyathida Thonnarat² and Passakork Pananont³

¹Faculty of Science, Chulalongkorn University ²Department of Mineral Resources, ³ Faculty of Science, Mahidol University, ⁴ email:cpunya@chula.ac.th

September 2002 - September 2004

Abstract

The research of the second-year study mainly concentrates on the investigations of active faults in Kanchanaburi, western Thailand. The main objective is to determine the active fault characteristic segments, particularly their orientation and movement history. The research study includes four steps of methodology, viz. (a) data compilation and remote-sensing and interpretations, (b) field investigation, (c) data interpretation and dating investigation, and (d) discussion and conclusion.

Results from integrated data indicate 2 major fault zones, Three Pagoda fault zone (TPFZ) in the northwest-southeast trend and Si Sawat fault zone (SSFZ) in northnorthwest-southsoutheast (NNW-SSE) trend. Based on our remote-sensing interpretation and field investigation, the TPFZ can be traced from eastern Myanmar through the border zone of western Thailand to the central Thailand, with a total length of about 210 km and a width of 25 km. The fault passes several districts and as, Sanghhla Buri, Thong Pha Phum, and Muang Kanchanaburi. About 8 fault segments of the TPFZ are recognized Three Pagoda Pass segment (120 km in length), Khao Laem segment (21 km in length), Pi Lok segment (47 km in length), Thong Pha Phum segment (61 km in length), Mae Num Noi segment (30 km in length), Khwae Noi segment (48 km), Boi Ti segment (44 km in length) and Khwae Yai segment (99 km in length). Several kinds of morphotectonic landforms can be recognized, particularly those along the Three Pagoda Pass segment. They are fault scarps, triangular facets and offset streams, which are clearly shown in the northern part of the study area. Based on our detailed topographic map at scale of 1:500 to cover this fault segment, exploratory trenches for paleoseismic age dating can be carried out. Paleoeearthquake events with large magnitude (Mw~7.2 Richter) were taken place in the study area. The last event occurred between 5,000-2,200 years ago with a maximum slip rate of 0.22-0.5 mm/yr.

The SSFZ can be traced from eastern Myanmar by joining with the NW-SE trending Panluang fault zone through the border zone of western Thailand to central Thailand. The SSFZ has a total length of about 200 km and a width of 25 km. It passes many districts, including Si Sawat, Bo Phloi, Si Nakhrindra Dam and Muang Kanchanaburi. About 7 fault segments, Nam Mae Chan (44 km in length), Khao Muang Thao segment (27 km in length), Khao Kapure Daeng segment (86 km in length), Si Sawat segment (18 km in length), Khao Mae Wong segment (97 km in length), Bo Ngam segment (44 km), and Chao Nen segment (44 km in length). Several kinds of morphotectonic landforms are determined along the Chao Nen segment, including fault scarps, triangular facets and offset streams. They are clearly observed in the northern part of the SSFZ. A detailed topographic survey at scale of 1:500 leads us to launch two paleoseismic trenches for paleoseismic age dating. Paleoeearthquake events with large magnitude ($M_w \sim 6.3$ Richter) were taken place in the study area. The last event occurred 5,800 years ago with a maximum slip rate of 0.67 mm/yr.

Our result with the GIS application indicates that there are 550 Villages and 3 densely populated district areas in the study area that are seismically risked. Major districts are Sangghla Buri, Thong Pha Phum, and Sai yok district areas, and 2 dam site may have been affected if a large earthquake ($M > 8$) will occur nearby in the future.

KEYWORDS : Three Pagoda fault zone, Si Sawat fault zone, Kanchanaburi, western Thailand, Thermoluminescence dating, Paleoeearthquake, Morphotectonic.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ RDG 4530030 คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. Isao Takashima จากมหาวิทยาลัย Akita ประเทศญี่ปุ่น ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านการหาอายุตะกอนดินและตลอดจนให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ Thermoluminescence ในการหาอายุด้วยวิธีเรืองแสงความร้อน และ รองศาสตราจารย์ ดร.Brady Rhodes จากมหาวิทยาลัย California State ประเทศสหรัฐอเมริกา ให้คำแนะนำในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็นในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี, อธิการบดีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, รองอธิการบดีฝ่ายวิจัย, คณบดีคณะวิทยาศาสตร์, รองคณบดีฝ่ายวิจัย และหัวหน้าภาควิชาธรณีวิทยา ที่ให้การสนับสนุนบุคลากรทำงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ ภาควิชาธรณีวิทยา ทุกท่านที่ให้การสนับสนุน คำแนะนำ ตลอดจนคำปรึกษาในเรื่องต่างๆ และนิสิตทุกท่าน ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลภาคสนามด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ นางสาววิยะดา ละมูล, นางสาวจีระภา โหมสีก, นางสาวเสาวรส ชินวร, นางสาวพรทิพา จัตุรงค์ธาริณี, นางสาวพันธทิพา ให้อย และนายสุริยะ โชคเหมาะ ที่ช่วยดูแลงานด้านการจัดพิมพ์รายงาน คู่มือแบบประมาณ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ด้วยดีตลอดมา

คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย (ระยะที่ 1) โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.เป็นหนึ่ง วานิชชัย เป็นหัวหน้าโครงการ ซึ่งประกอบไปด้วย 5 โครงการย่อย คือ โครงการย่อยที่ 1 การสำรวจรอยเลื่อนมีพลังในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีและลำปาง-แพร่ โครงการย่อยที่ 2 การสร้างฐานข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ด้วยเครือข่ายสถานีวัด โครงการย่อยที่ 3 การตรวจวัดและศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ (Dynamic Properties) ของอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร โครงการย่อยที่ 4 การประเมินระดับความต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารในกรุงเทพมหานครและศึกษาวิธีการปรับปรุงอาคารที่อ่อนแอให้มีความต้านทานแผ่นดินไหวในระดับที่เหมาะสม และโครงการย่อยที่ 5 การศึกษาการเพิ่มความรุนแรงของแผ่นดินไหวเนื่องจากสภาพดิน (Soil Amplification) ในบริเวณกรุงเทพมหานครและจังหวัดเชียงราย โดยโครงการเริ่มตั้งแต่ วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2545 ถึง วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2547 รวมระยะเวลาทำการศึกษาวิจัย 2 ปี สำหรับโครงการย่อยที่ 1 นั้น ในปีแรกได้ทำการศึกษาในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง-แพร่ ผลการศึกษาวิจัยดังกล่าวปรากฏในรายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่ม 1) ส่วนรายงานฉบับสมบูรณ์ (เล่ม 2) เป็นผลการศึกษาวิจัยปีที่ 2 พื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี

อนึ่ง ผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นผลสรุปเพียงเบื้องต้น ยังไม่ครอบคลุมรอยเลื่อนย่อยต่างๆ ได้ทั้งหมด ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัยแต่ละรอยเลื่อนย่อยอย่างละเอียด เพื่อการประเมินคาบการเกิดแผ่นดินไหวได้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้นไป แต่อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการสำรวจธรณีวิทยาแผ่นดินไหวในประเทศไทยให้ครอบคลุมทุกกลุ่มรอยเลื่อนของประเทศไทยต่อไป

สารบัญ

หน้า

บทสรุปโครงการ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ณ
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ญ
กิตติกรรมประกาศ	ฐ
คำนำ	ฑ
สารบัญ	ฒ
สารบัญรูป	ด
สารบัญตาราง	ผ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 พื้นที่ศึกษา	2
1.4 สภาพภูมิประเทศ	2
1.5 การคมนาคม	5
1.6 ระเบียบวิธีและขอบเขตของการวิจัย	6
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ	6
บทที่ 2 ธรณีวิทยาและธรณีแปรสัณฐาน	9
2.1 ลักษณะการแปรสัณฐานของประเทศไทย	9
2.2 ลำดับชั้นหิน	12
2.2.1 หินมหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian Rocks)	12
2.2.2 หินยุคแคมเบรียน (Cambrian Rocks)	13
2.2.3 หินยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician Rocks)	17
2.2.4 หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian Rocks)	17
2.2.5 หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส (Silurian-Devonian-Carboniferous Rocks)	19
2.2.6 หินยุคเพอร์โมคาร์บอนิเฟอรัส (Permo-Carboniferous Rocks)	19
2.2.7 หินยุคเพอร์เมียน (Permian Rocks)	22
2.2.8 หินยุคไทรแอสซิก (Triassic Rocks)	22

	หน้า
2.2.9 หินยุคจูแรสซิก(Jurassic Rocks)	23
2.2.10 หินยุคเทอร์เชียรี (Tertiary Rocks)	25
2.2.11 หินยุคควอเทอร์นารี (Quaternary)	25
2.3 หินอัคนี(Igneous Rocks)	25
2.3.1 หินแกรนิต	25
2.3.2 หินบะซอลต์	26
2.4 ธรณีวิทยาโครงสร้าง	26
2.5 ผลการศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาและใกล้เคียง	28
บทที่ 3 การวิเคราะห์แนวรอยเลื่อนมีพลังด้วยภาพจากดาวเทียมพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี	31
3.1 บทนำ	31
3.2 วัตถุประสงค์	31
3.3 ข้อมูล	32
3.4 วิธีการวิเคราะห์	32
3.5 การวิเคราะห์ทิศทางการวางตัวของแนวรอยเลื่อน	32
บทที่ 4 ธรณีสัณฐานเชิงแปรสัณฐาน (Tectonic Geomorphology)	37
4.1 บทนำ	37
4.2 แนวคิดด้านธรณีสัณฐาน	38
4.3 วิวัฒนาการภูมิทัศน์ (Landscape Evolution)	38
4.4 ธรณีสัณฐานกับการแปรสัณฐานมีพลัง	39
4.5 การตรวจวัดธรณีสัณฐาน(Morphometry)	40
4.6 แนวทางการวิเคราะห์ความมีพลังเชิงธรณีสัณฐานดัชนีความลาดยาวทางน้ำ(Stream Length Gradient Index, SL)	41
4.7 ดัชนีความคดโค้งเชิงเขา (Mountain front sinuosity, S)	42
บทที่ 5 การสำรวจกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์	49
5.1 บทนำ	49
5.2 การชุดร่องสำรวจ	50
5.2.1 พื้นที่แก่งแคบ	52
5.2.2 พื้นที่บ้านช่องกาเลีย	67
5.2.3 พื้นที่บ้านลุ่มสุ่ม	74
	หน้า

5.3	การวิเคราะห์หาค่าอายุของรอยเลื่อนนอกช่องสำรวจ	79
5.3.1	ผลการวิเคราะห์ค่าอายุจากตัวอย่างตะกอนอายุอ่อน	80
5.3.2	ผลการวิเคราะห์ค่าอายุจากตัวอย่างผงรอยเลื่อน(fault gouge)	81
บทที่ 6	แผนที่การกระจายตัวของชุมชนและรอยเลื่อนมีพลัง	83
6.1	บทนำ	83
6.2	วัตถุประสงค์และเป้าหมาย	83
6.3	พื้นที่ศึกษา	83
6.3.1	ตำแหน่งและขอบเขต	83
6.3.2	ลักษณะภูมิประเทศ	83
6.4	ขั้นตอนการดำเนินงาน	83
6.4.1	ขั้นการเตรียมข้อมูลเบื้องต้น(Data Preparation)	83
6.4.2	การแปลข้อมูลภาพจากดาวเทียม(Landsat Interpretation)	84
6.4.3	การจัดทำแผนที่(Map Production)	84
6.5	หลักการแปลความหมายข้อมูลภาพจากดาวเทียม	84
6.5.1	หลักการเบื้องต้นของข้อมูลภาพจากดาวเทียม	84
6.5.2	ขั้นตอนการแปลความหมายข้อมูลภาพจากดาวเทียม	84
6.5.3	หลักการแปลและวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อมูลภาพดาวเทียม	85
6.6	การกระจายตัวของชุมชนจากข้อมูลภาพดาวเทียม	87
6.6.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	90
6.7	สรุปผลการทำแผนที่	95
บทที่ 7	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	109
7.1	สรุปผลการศึกษา	109
7.2	ข้อเสนอแนะ	111
	เอกสารอ้างอิง	113
	ภาคผนวก	119

สารบัญรูป

หน้า

รูป 1.1	แผนที่จังหวัดกาญจนบุรีแสดงเส้นทางการเดินทางจากอำเภอเมืองกาญจนบุรี เข้าพื้นที่ศึกษาในเขตอำเภอต่างๆ (ซ้าย) และแสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา (ขวา)	4
รูป 2.1	โครงร่างการแปรสัณฐานแผ่นเปลือกโลก (Tectonic framework of plates) ของแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้(ลูกศรใหญ่แสดงการเคลื่อนที่ ลูกศรเล็กแสดงรอยเลื่อนหลังจากทวีป อินเดียเข้ามาชนทวีปเอเชีย)	10
รูป 2.2	เอเชียตะวันออกเฉียงใต้แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแผ่นฟิลิปปินส์ แผ่นแปซิฟิกตะวันตกและแผ่นยูเรเชีย (หัวลูกศรแสดงทิศการมุดตัว)	11
รูป 2.3	แผ่นเปลือกโลกที่ประกอบขึ้นมาเป็นประเทศไทย และรอยเลื่อนใหญ่	14
รูป 2.4	แผนที่ตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศไทยและใกล้เคียง ที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือระหว่าง พ.ศ. 2546 – 2546 (ข้อมูลศูนย์กลางแผ่นดินไหวจากกรมอุตุนิยมวิทยา (2547))	15
รูป 2.5	แผนที่ธรณีวิทยาของจังหวัดกาญจนบุรี และใกล้เคียง แสดงการกระจายตัวของหินอายุต่างๆ	16
รูป 2.6	หินโผล่ซึ่งเป็นหินแปรในมหายุคพรีแคมเบรียนตามเส้นทางสงครามเก่าทัพ-เขื่อนศรีนครินทร์ ปรากฏเป็นหินชีสต์ มีการวางตัวประมาณตะวันตกเฉียงใต้ 10°/ 235° (ณ พิกัด 525765E/1570973N)	18
รูป 2.7	หินโผล่ซึ่งเป็นหินแปรเกิดในยุคแคมเบรียนตามเส้นทางเขื่อนศรีนครินทร์ ปรากฏเป็นหินควอร์ตไซต์ มีการแตกหักสูงและ มีการวางตัวของชั้นหินประมาณตะวันตกเฉียงเหนือ 40°/ 335° (ณ พิกัด 514326E/1590994N)	18
รูป 2.8	หินโผล่ตามเส้นทางหลวงหมายเลข 3199 บริเวณ กม.ที่ 27 ฝั่งซ้ายของเขื่อนท่าทุ่งนา ซึ่งเป็นหินปูนเกิดในยุคออร์โดวิเซียนแสดงลักษณะริ้วลาย (schistose ที่มีการวางตัวประมาณเกือบตะวันออก 70°/ 070° (ณ พิกัด 526032E/1573303N)	18
รูป 2.9	ลักษณะหินโผล่ตามเส้นทาง อ.สังขละบุรี-ด่านเจดีย์สามองค์ของหินตะกอนยุคไซลูเรียนถึงดีโวเนียนซึ่ง ปรากฏเป็นหินทรายแทรกสลับกับหินดินดาน แสดงลักษณะริ้วลายในทิศเกือบตะวันออก 70°/ 070° (ณ พิกัด 26032E/1573303N)	21
รูป 2.10	ลักษณะหินโผล่ตามเส้นทาง อ.ทองผาภูมิ-อ.สังขละบุรี ซึ่งปรากฏเป็นหินปูน ยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัสที่แสดงชั้นชัดเจน (ณ พิกัด 526032E/1573303N)	21

รูป 2.11	เนินหินปูนอายุเพอร์เมียน แสดงลักษณะการวางตัวเป็นชั้นๆ ชัดเจนบริเวณสถานีวิจัย เกษตรกรรม อ.เมือง จ.กาญจนบุรี (ณ พิกัด 5224E/1560707N)	21
รูป 2.12	ลักษณะหินโผล่ทางฝั่งขวาของเขื่อนวชิราลงกรณ อ.ทองผาภูมิ ที่ปรากฏเป็นหินปูนมีอายุเพอร์เมียน แสดงลักษณะผารอยเลื่อน การวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงใต้ ($70^{\circ}/140^{\circ}$) (ณ พิกัด 56529E/1635665N)	24
รูป 2.13	ลักษณะหินโผล่ที่เป็นหินทรายแทรกสลับหินดินดานในช่วงอายุไทรแอสซิกที่พบบริเวณใกล้สถานีกักกันสัตว์ บ้านพุเตย อ.ไทรโยค มีการวางตัวของชั้นหินประมาณทิศตะวันตกเฉียงใต้ ($30^{\circ}/220^{\circ}$) (ณ พิกัด 494304E/1588998N)	24
รูป 2.14	ลักษณะหินโผล่ เป็นหินทรายแทรกสลับหินกรวดมน อายุจูแรสซิก มีการวางตัวของชั้นหินประมาณเกือบทิศตะวันตก ($75^{\circ}/295^{\circ}$) (ณ พิกัด 523137E/1550670N)	24
รูป 2.15	ลักษณะชั้นตะกอนจับตัวไม่แข็งอายุเทอร์เชียรี กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวที่แทรกสลับกันอยู่ พบบริเวณเส้นทางวัดหลวงพ่อดุตมะ-บ้านห้วยมาลัย อ.สังขละบุรี มีการวางตัวในแนวเกือบทิศตะวันตก ($30^{\circ}/285^{\circ}$) (ณ พิกัด 436312E/1674074N)	27
รูป 2.16	ลักษณะชั้นตะกอนจับตัวไม่แข็งอายุควอเตอร์นารี กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว แทรกสลับกัน พบบริเวณบ้านวังนกแก้ว อ.ทองผาภูมิ (ณ พิกัด 483603E/1600689N)	27
รูป 2.17	หินโผล่จำพวกหินแกรนิต อายุไทรแอสซิก พบบริเวณด้านหน้าเขื่อนไก่อ บ้านลาดหญ้า อ.เมือง กาญจนบุรี(ณ พิกัด 542902E/1561714N)	27
รูป 2.18	กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ ที่แตกแขนงมาจากกลุ่มรอยเลื่อนในประเทศเมียนมาร์	29
รูป 2.19	แผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรีระหว่าง พ.ศ. 2526-2547	30
รูป 3.1	แนวรอยเลื่อนที่แปลผลได้จากภาพดาวเทียม Landsat 5 TM และ Landsat 7 ETM ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี	34
รูป 3.2	แนวรอยเลื่อนในกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ใกล้เขื่อนวชิราลงกรณ อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	35
รูป 3.3	แนวรอยเลื่อนในกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ ใกล้เขื่อนศรีนครินทร์	36

รูป 3.4	การวางตัวของแนวรอยเลื่อนในกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์มีทิศทางหลัก 320° - 340° (ภาพซ้าย) และในกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์มีทิศทางหลัก 350° (ภาพขวา) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม DIP	36
รูป 4.1	การหาค่าดัชนีความลาดยาวทางน้ำในพื้นที่รองรับน้ำ	41
รูป 4.2	การหาค่าดัชนีความคดโค้งเชิงเขา	43
รูป 4.3	ดัชนีคดโค้งเชิงเขาในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยรอบกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ (เส้นสีแดง) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:250,000	44
รูป 4.4	ดัชนีความลาดยาวทางน้ำในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยรอบกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และ กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ (เส้นสีแดง)	45
รูป 5.1	รอยเลื่อนมีพลังในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี คือกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ พาดผ่านใกล้สันเขื่อนวชิราลงกรณ์ และเขื่อนศรีนครินทร์ พร้อมทั้งพื้นที่ที่เหมาะสม(กรอบสี่เหลี่ยม) ในการชุดร่องสำรวจ 3 แห่ง ได้แก่ (1) พื้นที่ช่องกาเลีย, (2) พื้นที่แก่งแคบ และ (3) พื้นที่บ้านลุ่มส้ม	51
รูป 5.2ก	แผนที่ภูมิประเทศระหว่างบ้านแก่งแคบ แสดงที่ตำแหน่งร่องสำรวจบ้านแก่งแคบ บ้านผาตะวัน 1 และบ้านผาตะวัน 2	53
รูป 5.2ข	ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณบ้านแก่งแคบ ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเขื่อนศรีนครินทร์ ซึ่งแสดงหลักฐานธรณีสัณฐานเชิงแปรสัณฐาน เช่น หน้าตัดสามเหลี่ยม (triangular facets) สันขวางกัน (shutter ridge)	54
รูป 5.3	แผนที่ภูมิประเทศโดยละเอียดบริเวณบ้านแก่งแคบ อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี แสดงพื้นที่ร่องสำรวจบ้านแก่งแคบ และรอยเลื่อนเจ้าแฉกแนวหลัก และแนวรองซึ่งตัดทางน้ำทำให้เบี่ยงแนว(เส้นชั้นความสูงหน่วยเป็นเมตร)	55
รูป 5.4	ก. ที่ลาดเชิงเขาด้านหน้าของผารอยเลื่อนที่เป็นตำแหน่งของร่องสำรวจบ้านแก่งแคบ (อ. กาญจนบุรี) ถ่ายจากเส้นทางกาญจนบุรีไปเขื่อนศรีสวัสดิ์ทางทิศตะวันออก ข. ลักษณะทางกายภาพร่องสำรวจขนาดกว้างยาวลึกเท่ากัน ($2 \times 22 \times 4$ เมตร ³)ก่อนเสร็จสมบูรณ์ โดยมองไปทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ค. ผันตะวันออกของร่องสำรวจบ้านแก่งแคบ แสดงรายละเอียดของชั้นตะกอนและหิน พร้อมทั้งรอยเลื่อนที่ตัดในหินและชั้นตะกอน และอายุของชั้นตะกอนที่วัดได้โดยวิธีเรืองแสงด้วยความร้อน	56

รูป 5.5	ภาพถ่ายทางผิวด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของร่องสำรวจบ้านผาตะวันตก 1	58
รูป 5.6	ผลการแปลความหมายชั้นตะกอนและอายุของตะกอนที่หาด้วยวิธีเรืองแสงความร้อน บนผิวด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของร่องสำรวจบ้านผาตะวันตก 1	60
รูป 5.7	ภาพถ่ายทางผิวด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของร่องสำรวจบ้านผาตะวันตก 1	62
รูป 5.8	ก. ผนังร่องสำรวจบ้านผาตะวันตก 2 แสดงลักษณะของชั้นกรวดวางตัวอยู่บนหินดินดาน ข. ภาพขยายบริเวณ a แสดงลักษณะของชั้นกรวดที่มีลักษณะเป็นลิ่มในหินชั้นฐาน ค. ภาพขยายบริเวณ b แสดงลักษณะของชั้นกรวดที่มีลักษณะเป็นลิ่มในหินชั้นฐาน	64
รูป 5.9	แสดงอายุการสะสมตัวของตะกอนดินและความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหว ($k_a=1,000$ ปี)	66
รูป 5.10	แนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ที่ยาวต่อเนื่องมาจากประเทศเมียนมาร์ เข้าสู่ดินแดนประเทศไทย ใกล้ที่ตั้งพระเจดีย์สามองค์ ซึ่งรอยเลื่อนนี้ถูกขุดร่องสำรวจเพื่อศึกษาชั้นดินที่บ้านของกาเลีย	69
รูป 5.11ก	สภาพด้านหลังของสถานวิจัยเกษตรกรรมที่สูงด้านเจดีย์สามองค์ที่มีธรณีฐานของผารอยเลื่อนชัดเจนที่เหมาะสมในการขุดร่องสำรวจบ้านของกาเลีย	70
รูป 5.11ข	แผนที่ภูมิประเทศรายละเอียดรอบร่องสำรวจบ้านของกาเลีย ที่มีลักษณะหล่มยุบด้านหน้ารอยเลื่อน	71
รูป 5.12ก	ภาพถ่ายทางผิวด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของร่องสำรวจบ้านของกาเลียที่พบรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ ทำให้ชั้นตะกอนขยับขึ้นในแนวดิ่ง 13 เซนติเมตร	72
รูป 5.12ข	ผลการแปลความหมายชั้นตะกอนและอายุของตะกอนที่หาด้วยวิธีเรืองแสงความร้อนบนผิวด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของร่องสำรวจบ้านของกาเลียที่พบรอยเลื่อนย้อน และกรอบสี่เหลี่ยมคือภาพขยายในรูป 5.12ก	73
รูป 5.13	ภาพถ่ายทางอากาศซึ่งครอบคลุมพื้นที่ร่องสำรวจบ้านลุ่มส้ม อ.เมือง จ.กาญจนบุรี (กรอบสี่เหลี่ยมเล็ก) ที่มีแนวรอยเลื่อนแควใหญ่ (สีแดง) ตัดผ่านที่ราบ และทำให้ลำห้วยเบี่ยงแนว (offset streams) แบบเหลื่อมข้างขวา (dextral)	76
รูป 5.14	แผนที่ประเทศรายละเอียดบริเวณร่องสำรวจบ้านลุ่มส้ม ครอบคลุมลักษณะของแนวหน้าผาเล็ก (เส้นสีเขียว) และร่องน้ำเป็นร่องลึก และเบี่ยงแนวเมื่อพ้นแนวของรอยเลื่อน (สีแดง)	77

รูป 5.15	พื้นที่ร่องสำรวจบ้านลุ่มลุ่มที่จุด ณ ตำแหน่งที่ปรากฏเป็นผารอยเลื่อนขนาดเล็ก (ting scarp) คล้ายขั้นบันไดระหว่างที่ราบด้านบน (ใกล้คนยืน) และที่ลาดเชิงเขาด้านล่าง (ด้านหน้าของรูป)	79
รูป 6.1	ภาพสีผสมเท็จของดาวเทียม Landsat 7 แสดงขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและลักษณะภูมิประเทศอย่างง่าย	88
รูป 6.2		79
รูป 6.3	ดัชนีภาพจากดาวเทียม Landsat บริเวณประเทศไทย และข้างเคียง กรอบสีแดง แสดงพื้นที่ศึกษา	91
รูป 6.4	ก. และ ข. กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้วิธีการปรับค่าสีเทา (gray scale adjustment) ค. ภาพจากดาวเทียมที่ยังไม่ผ่านกระบวนการปรับค่าสีเทา ง. ภาพจากดาวเทียมที่ผ่านการปรับค่าสีเทาแล้ว ซึ่งทำให้ได้เห็นลักษณะภาพคมชัดขึ้น	94
รูป 6.5	ภาพจากดาวเทียมที่เน้นด้วยวิธีการกรองภาพเชิงระยะและทิศทาง (spatial and directional filtering) แสดงความคมชัดของแนวเส้น (lineament) ตลอดจนลักษณะและสภาพภูมิประเทศ (landscape) และสิ่งปลูกสร้าง (man-made objects) ในบริเวณเขื่อนนครินทร์ จากภาพเห็นแนวเทือกเขาสองแนว ซ้ายมือของภาพปรากฏแนวเขาในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนทางด้านขวามือปรากฏแนวเขาทางตัวเกือบอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งปรากฏแนวเส้นอย่างชัดเจนขนานไปกับแนวเทือกเขาทั้งสองข้าง	96
รูป 6.6	ภาพสีผสมจากดาวเทียม Landsat เป็นภาพ TM7 บริเวณเดียวกับรูป 6.5 ก) ภาพสีผสมเท็จของช่วงคลื่นที่ 4(แดง), 5(เขียว) และ 7(น้ำเงิน) บริเวณเขื่อนศรีนครินทร์ จ.กาญจนบุรี ข) ภาพสีผสมจริง ช่วงคลื่นที่ 3(แดง), 2(เขียว) และ 1(น้ำเงิน) ในพื้นที่เดียวกัน แต่ให้ลักษณะข้อมูลที่ต่างกัน	97
รูป 6.7	ภาพจากดาวเทียมที่ผ่านการผสมสีเท็จแสดงผลการจัดกลุ่มข้อมูลตามค่าทางสถิติด้วยวิธีจำแนก ด้วยคอมพิวเตอร์ (Unsupervised classification) ของบริเวณเขื่อนศรีนครินทร์ จ.กาญจนบุรี (หมายเหตุ แดง = น้ำ, เหลือง = พื้นที่ป่าปลูกทดแทนมีเรือนยอดระดับเดียวกัน, เขียว = พื้นที่ป่าธรรมชาติมีเรือนยอดระดับต่างกัน, ชมพู = พื้นที่รกร้างมีเพียงหญ้าปกคลุม, ฟ้า = พื้นที่มีพืชพรรณบางเบา	98

รูป 6.8	พื้นที่ที่กำหนดข้อมูลตัวอย่างของบริเวณเขื่อนศรีนครินทร์ จ.กาญจนบุรี สีเขียวเข้ม ระดับต่างๆ และสีส้ม = ป่าไม้ที่มีความหนาแน่นในระดับต่างๆ กัน, สีขาว = พื้นที่ รกร้างมีเพียงหญ้าปกคลุม, สีม่วงแดง, ส้ม = ชุมชนเมือง, สีชมพู = ชุมชนระดับ หมู่บ้าน สีเหลืองและสีแดง = ถนนและสิ่งก่อสร้าง ,และสีน้ำเงิน = น้ำ, บึง, และ อ่างเก็บน้ำ	99
รูป 6.9	ภาพจากดาวเทียมภาพเดียวกับรูป 6.8 แต่เป็นภาพที่ผ่านการผสมสีเท็จซึ่งแสดงผล การจัดกลุ่ม ข้อมูลตามค่าทางสถิติวิธีจำแนกด้วยคอมพิวเตอร์ (Supervised classification)	100
รูป 6.10	การแสดงค่าการสะท้อนสัญญาณของพื้นที่ชุมชนเมือง ในรูปตาราง (ก) และ ใน รูปกราฟ (ข)	90
รูป 6.11	พื้นที่ชุมชนระดับจังหวัด ในภาพคือพื้นที่อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ก) แสดงลักษณะข้อมูลภาพที่ได้จากดาวเทียม ข) ผลการแปลความหมาย สีแดง แสดงถึงพื้นที่ชุมชน เมืองที่มีความหนาแน่นของชุมชน มากกว่า 1,000 ครัวเรือน	101
รูป 6.12	การแสดงค่าการสะท้อนสัญญาณของพื้นที่ชุมชนหมู่บ้าน ในรูปตาราง (ก) และใน รูปกราฟ (ข)	102
รูป 6.13	พื้นที่ชุมชนระดับหมู่บ้านในภาพคือพื้นที่ ก) ลักษณะข้อมูลภาพที่ได้จากดาวเทียม ข) ผลการแปลความหมายสีแดงถึงพื้นที่ชุมชนหมู่บ้าน	102
รูป 6.14	ค่าการสะท้อนสัญญาณของแหล่งน้ำ	105
รูป 6.15	พื้นที่แหล่งน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์ ก) ลักษณะข้อมูลภาพจากดาวเทียม และ ข) ผลการแปลความหมาย	105
รูป 6.16	พื้นที่สนามกอล์ฟในบริเวณบ้านลาดหญ้า ก) ลักษณะข้อมูลภาพจากดาวเทียม ข) ผลการแปลความหมาย เส้นสีดำคือแม่น้ำ	104
รูป 6.17	เส้นโครงข่ายถนน (เส้นสีดำ) ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งที่แสดงถึงความหนาแน่นของ ประชากร และสะพานขนาดใหญ่(จุดสีแดง) โดยการแปลผลข้อมูลภาพจาก ดาวเทียม	104

	หน้า	
รูป 6.18	เส้นโครงข่ายถนน (เส้นสีดำ) ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งที่แสดงถึงความหนาแน่นของประชากร และสะพานขนาดใหญ่(จุดสีแดง) โดยการแปลผลข้อมูลภาพจากดาวเทียม	105
รูป 6.19	ตัวอย่างภาพหน้าจอ(monitor)คอมพิวเตอร์แสดงการซ้อนทับผลการแปลความหมายภาพจากดาวเทียมด้วยโปรแกรม Arc View version 3.2 ในเขตพื้นที่ศึกษา จ.กาญจนบุรี	106
รูป 6.20	แผนที่แสดงแนวพื้นที่เสี่ยงภัย (risk area) จากการเลื่อนตัวในแนว 5 กิโลเมตรจากทั้งสองข้างของแนวรอยเลื่อนที่ได้จากการประมวลผลด้วยข้อมูล GIS	107
รูป 6.21	แผนที่แสดงรอยเลื่อนมีพลังในเขตจังหวัดกาญจนบุรี-ตาก และการกระจายตัวของชุมชนในบริเวณที่ศึกษาและใกล้เคียง	108

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1.1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการปีที่ 2 (กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี)
ตาราง 4.1	ผลการคำนวณหาค่าความคดโค้งเชิงเขาของพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี
ตาราง 5.1	ผลการวัดหาอายุชั้นตะกอน 7 ตัวอย่าง ในร่องสำรวจด้วยวิธีเรืองแสงด้วยความร้อน (TL)
ตาราง 5.2	ผลของค่าอายุที่ได้ทั้งจากวิธี Electron Spin Resonance (ESR) และ Thermoluminescence (TL) จากตะกอนเก็บจากกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

แผ่นดินไหว เป็นภัยธรรมชาติที่ทำลายต่อการศึกษาซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นตลอดเวลาและไม่อาจพยากรณ์ล่วงหน้าได้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด ที่ไหน และน่าจะมี ความรุนแรงเท่าใด แผ่นดินไหวเกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดิน อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยพลังงานเพื่อระบายความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกมาอย่างฉับพลัน เพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่

สาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหวนั้น จัดแบ่งได้ 3 ชนิด ชนิดที่หนึ่งเกิดจากกระบวนการเคลื่อนที่ของเปลือกโลก ทำให้เปลือกโลกเกิดการเคลื่อนไหวตามทฤษฎีแผ่นเปลือกโลกที่ จนทำให้เกิดรอยคดโค้ง รอยเลื่อน รอยแตก และรอยแยกขึ้นบนพื้นโลก ซึ่งเป็นการปลดปล่อยพลังงานออกมาออกมาในรูปของคลื่นแผ่นดินไหวเพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ ชนิดที่สองเกิดจากขบวนการภูเขาไฟระเบิด (volcanism) สามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้ เนื่องจากการเคลื่อนตัวของของหินหนืด (magma) ได้ผิวโลกตามเส้นทางสู่ปล่องภูเขาไฟ ก่อนที่จะระเบิดออกมาเป็นหินละลายหลอมเหลว (lava) และชนิดสุดท้ายเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เป็นต้นว่า การทดลองระเบิดปรมาณู การกักเก็บน้ำในเขื่อน การระเบิดเพื่อการสำรวจหรือเพื่อการก่อสร้าง ปัจจุบันกลไกการเกิดแผ่นดินไหว เท่าที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางมีอยู่ 2 ทฤษฎี คือ

1.ทฤษฎีว่าด้วยการขยายตัวของเปลือกโลก (dilatation source) อธิบายว่าแผ่นดินไหวเกิดจากการที่เปลือกโลกเกิดการโค้งงออย่างฉับพลัน และเมื่อวัตถุขาดออกจากกันจะปลดปล่อยพลังงานออกมา ในรูปของคลื่นแผ่นดินไหว

2.ทฤษฎีว่าด้วยการคืนตัวของวัตถุ (elastic rebound) อธิบายว่าการสั่นสะเทือนเกิดจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน (fault) กล่าวคือเมื่อเคลื่อนถึงจุดหนึ่งวัตถุจะขาดออกจากกัน พร้อมกับการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบหนึ่งและหลังจากนั้นวัตถุจะคืนตัวกลับเข้าสู่รูปเดิม ทฤษฎีนี้สนับสนุนแนวความคิดที่เชื่อว่าแผ่นดินไหวมีกลไกการกำเนิดเกี่ยวข้องโดยตรงและใกล้ชิดกับแนวรอยเลื่อนต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากผลพวงของการแปรสัณฐานของเปลือกโลกโดยตรง โดยเฉพาะรอยเลื่อนมีพลัง(active fault) ซึ่งสามารถให้คำจำกัดความได้ว่าเป็นรอยเลื่อนที่มีประวัติการเคลื่อนตัวในช่วงเวลาธรณีกาลสมัยโฮโลซีน(Holocene) หรือประมาณ 11,000 ปีล่วงมาแล้ว ส่วนที่เคยมีประวัติการเคลื่อนตัวในช่วงเวลา

ควอเทอร์นารี (Quaternary) หรือประมาณ 2-3 ล้านปีล่วงมาแล้ว ถูกนิยามให้จัดอยู่ในประเภทรอยเลื่อนมีศักยภาพแนวโน้มการเคลื่อนตัวอีก (potentially active) และเป็นผลงานที่ศึกษาไว้ค่อนข้างนานแล้วในอดีต อาจเนื่องมาจากความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีค่อนข้างจำกัดกว่าในปัจจุบัน วิธีการศึกษารอยเลื่อนที่นิยมในปัจจุบันมักใช้วิธีการ

ศึกษาธรณีวิทยาแผ่นดินไหวโบราณ (Paleoseismology) ซึ่งเป็นการศึกษาแผ่นดินไหวและการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน ผลที่ได้ทำให้ทราบถึงลักษณะการเคลื่อนตัวในอดีตของรอยเลื่อน ขนาดของแผ่นดินไหวและช่วงเวลาที่เกิด ทำให้ทราบว่ารอยเลื่อนที่ศึกษาน่าจะมีศักยภาพในการเคลื่อนตัวอีกหรือไม่ในอนาคต เพื่อประโยชน์ในการวางแผนป้องกันและบรรเทาภัยที่อาจเกิดขึ้นต่อไป สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับแผ่นดินไหวและรอยเลื่อนในประเทศไทย มีการศึกษาอย่างจริงจังไม่มากนักโดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในภาพรวมบริเวณกว้างๆ ดังที่ได้กล่าวรายละเอียดในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เล่ม 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อทราบตำแหน่ง และลักษณะของกลุ่มรอยเลื่อนมีพลังที่มีอยู่ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี
2. เพื่อทราบขนาดของแผ่นดินไหวใหญ่ที่เกิดขึ้นในอดีตจากการเคลื่อนตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และ
3. เพื่อทราบอัตราเฉลี่ยของการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์

1.3 พื้นที่ศึกษา

สำหรับพื้นที่ศึกษาวิจัยในปีที่สองนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกศึกษาจังหวัดกาญจนบุรีและใกล้เคียง ที่ตั้งอยู่ทางภาคตะวันตกของประเทศไทย รูป 1.1 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา โดยสภาพพื้นที่และเขตติดต่อจังหวัดกาญจนบุรีนั้น ตั้งอยู่ภาคกลางของประเทศไทยห่างจากกรุงเทพมหานคร ประมาณ 129 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 12 ล้านไร่ คิดเป็น 19,483 ตารางกิโลเมตร มีชายแดนติดต่อกับประเทศเมียนมาร์

1.4 สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิลักษณะของพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย ประกอบด้วยเทือกเขาขนาดใหญ่ ที่ประกอบด้วยหินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนตามพื้นที่ลาดเอียง นอกจากนั้นเป็นภูมิประเทศที่เป็นผลจากกระบวนการทับถมของแม่น้ำ และที่สะสมบริเวณราบลุ่มชายฝั่ง ทะเลในอดีตกาล โดยทิวเขาและพื้นที่ราบลุ่มระหว่างเขาวางตัวขนานและเกือบขนานในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และขนานไปกับทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ ส่วน ภูมิประเทศที่ได้จากการทับถมของแม่น้ำ เป็นผลมาจากแม่น้ำแควน้อย และแม่น้ำแควใหญ่ ที่ไหลรวมกันเป็นแม่น้ำแม่กลองที่บริเวณตัวเมืองจังหวัดกาญจนบุรี และไหลไปตามแอ่งระหว่างเขา สำหรับพื้นที่สะสมบริเวณชายฝั่งเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่อ่าวไทย

ลักษณะทั่วไปของจังหวัดกาญจนบุรี พบว่ามีพื้นที่มากเป็นอันดับ สาม รองลงมาจาก จังหวัดเชียงใหม่ และ นครราชสีมา ด้านทิศเหนือติดต่อกับ จังหวัดตาก และจังหวัดอุทัยธานี ด้านทิศตะวันออกติดต่อกับ จังหวัดสุพรรณบุรี และนครปฐม ด้านทิศใต้ติดต่อกับ จังหวัดราชบุรี และทางด้านทิศตะวันตกติดต่อกับ ประเทศเมียนมาร์

พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นหินที่จัดอยู่ในหมู่หินตะนาวศรี ประกอบด้วย หินปูน หินทราย หินดินดาน และหินแปรประเภท หินชนวน หินควอร์ตไซต์ หินชีสต์ ทิวเขาถนนธงชัยกลาง และทิวเขาตะนาวศรี มีหินแกรนิต เป็นแกนกลางของภูเขา หินปูนจะพบอยู่เป็นบริเวณกว้างขวางมากที่สุด ภูเขาที่มียอดแหลมรูปร่างต่าง ๆ สวยงาม สลับด้วยหลุมยุบ และหุบเขาเป็นแนวยาว และบางแห่งเป็นหน้าผาสูงชัน บริเวณเขาหินปูนมีแคลเซียมคาร์บอเนตละลายต่อเนื่องเกิดเป็นถ้ำยาว และบางแห่งมีน้ำใต้ดินไหลผ่าน เรียกว่า ธารลอด ภายในถ้ำหินปูนมีหินงอกหินย้อยสวยงาม บริเวณที่เป็นน้ำตกจะมีหินปูนจับบริเวณที่พักน้ำ เกิดเป็นน้ำตกที่มีลักษณะลดหลั่นหลายชั้นสวยงาม ลักษณะภูมิประเทศประกอบด้วยทิวเขา หุบเขา และที่ราบลุ่มแม่น้ำ พื้นที่ด้านตะวันตก และด้านเหนือเป็นเทือกเขาแล้วค่อย ๆ ลาดลงทางด้านตะวันออก และด้านใต้ แบ่งพื้นที่ออกได้เป็น 3 เขตใหญ่ ๆ คือ

เขตภูเขาและที่สูง(Mountain and Highlands) พื้นที่ทางด้านเหนือของ จังหวัดในเขตอำเภอศรีสวัสดิ์ และอำเภอทองผาภูมิ มีลักษณะเป็นเทือกเขาต่อเนื่องมาจากเทือกเขาถนนธงชัย ทางด้านตะวันตกเป็นเทือกเขาตะนาวศรี ซึ่งกั้นเขตแดนไทยกับเมียนมาร์ ทอดยาวลงไปทางใต้ในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ไทรโยค อำเภอเมืองและอำเภอด่านมะขามเตี้ย บริเวณนี้เป็นแหล่งกำเนิดต้นน้ำลำธารของจังหวัด และมีภูเขาที่มีความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไปในตอนเหนือของจังหวัด โดยเฉพาะในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร เช่น เขาใหญ่ เขาแคลง เป็นต้น บริเวณที่มีความสูง 400-1,000 เมตร เป็นภูเขาในลุ่มน้ำแควใหญ่ และแควน้อยในเขตอำเภอสังขละบุรี ทองผาภูมิ ศรีสวัสดิ์ และอำเภอเมือง ส่วนที่มีระดับสูง 100-400 เมตร อยู่ในเขตอำเภอไทรโยค บ่อพลอย และศรีสวัสดิ์

เขตที่ราบลูกฟูก(Rolling topography) ได้แก่ พื้นที่ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเป็นที่ราบเชิงเขา สลับกับเนินเขาเตี้ย ๆ ในเขตอำเภอบ่อพลอย เลาขวัญ และบางส่วนของ อำเภอพนมทวน

เขตที่ราบลุ่มแม่น้ำแม่กลอง(Mae Klong Alluvial Basin) ได้แก่พื้นที่ทางด้านทิศใต้ มีลักษณะเป็นที่ราบอยู่ในบริเวณบางส่วนของ อำเภอเมือง ฯ พนมทวน ท่าม่วง และท่ามะกา เป็นพื้นที่อุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเกษตรกรรม ซึ่งมีอ้อย และข้าวนาปี

ลักษณะของทางน้ำเป็นร่องลึกในระหว่างหุบเขา มีลำน้ำบางสายไหลขึ้นไปทางเหนือเข้าสู่ประเทศเมียนมาร์ เช่น ลำน้ำแม่กษัตริย์ แต่ลำธารส่วนใหญ่ไหลลงสู่แควน้อย และแควใหญ่ ซึ่งรับน้ำทางด้านตะวันตก และตอนกลางของพื้นที่ แล้วรวมกันเป็นแม่น้ำแม่กลอง ส่วนด้านตะวันออกมีลำตะเพินเป็นลำน้ำสำคัญของบริเวณนี้

แม่น้ำแควน้อย (Khwa Noi River) ยาวประมาณ 315 กิโลเมตร มีต้นกำเนิดจากลำธารเล็ก ๆ บนยอดภูเขา คือ ลำธารรันตี ซองกาเลีย และบักลี ในเขตอำเภอสังขละบุรี และทองผาภูมิ บริเวณนี้มีลำน้ำสามสายมาบรรจบกัน ดังกล่าวเรียกว่าสามสบ แม่น้ำแควน้อยเป็นแม่น้ำที่สวยงาม ไหลผ่านภูมิประเทศที่สวยงาม มีน้ำตก น้ำพุ เกาะแก่งอยู่ตลอดสาย จนบรรจบกับแม่น้ำแควใหญ่เป็นแม่น้ำแม่กลอง

แม่น้ำแควใหญ่(Khwa Yai River) ยาวประมาณ 380 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากภูเขาใหญ่ชายแดนเหนืออำเภออุ้มผาง แล้วไหลลงทางใต้ไปบรรจบกับแม่น้ำแควน้อยที่ ตำบลปากแพรก อำเภอเมือง ฯ บริเวณทางตอนเหนือของแม่น้ำแควใหญ่ มีลักษณะคด ๆ ลาดลงมาทางใต้ มีสาขาที่สำคัญคือ ห้วยขาแข้ง

แม่น้ำแม่กลอง(Mae Klong River) เกิดจากการไหลมาบรรจบกันของแม่น้ำแควน้อย และแม่น้ำแควใหญ่ที่ตำบลปากแพรก อำเภอเมือง ฯ แล้วไหลผ่านอำเภอเมือง ฯ ท่าม่วง ท่ามะกา จากนั้นได้ไหลเข้าเขต จังหวัดราชบุรี แล้วไหลลงสู่ทะเล ที่อำเภอเมืองสมุทรสงคราม มีความยาวประมาณ 130 กิโลเมตร

ลำตะเพิน(Lam Taphoeng Creck) เป็นลำน้ำที่ไหลผ่านบริเวณที่ราบลุ่มตะวันออกของจังหวัด แล้วไหลมาบรรจบแม่น้ำแควใหญ่ที่ ตำบลท่าเสา อำเภอเมือง ฯ มีความยาวประมาณ 85 กิโลเมตร

1.5 การคมนาคม

การคมนาคมถึงจังหวัดกาญจนบุรีมีทางรถยนต์และรถไฟ ทางรถยนต์ สามารถติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียงได้โดยสะดวก(ดูรูป 1.1) ได้แก่ จังหวัด สุพรรณบุรี, นครปฐม, ราชบุรี, อุทัยธานี ส่วนจังหวัดตาก พื้นที่ติดต่อกันเป็นป่าเขา ไม่มีถนนเชื่อมระหว่างจังหวัด โดยทางรถไฟจากรถไฟสายธนบุรี - น้ำตก สุดปลายทางที่สถานีน้ำตก ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค ระยะทางประมาณ 200 กิโลเมตร การติดต่อระหว่างอำเภอ มีถนนทางลาดยางถึงตัวอำเภอทุกอำเภอ แต่การคมนาคมระหว่าง อำเภอกับตำบล และหมู่บ้านบางแห่ง ยังทุรกันดารอยู่มาก โดยเฉพาะฤดูฝน หมู่บ้านบางแห่งถูกตัด

1.6 ระเบียบวิธีและขอบเขตของการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลเก่าที่มีอยู่เดิม เพื่อหาแนวทางการวิจัยที่เน้นหนักเรื่องรอยเลื่อนมีพลัง ทั้งจากกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมทรัพยากรธรณี โดยเฉพาะตำแหน่งที่ตั้งของรอยเลื่อนและศูนย์กลางแผ่นดินไหว
2. ศึกษาภาพจากดาวเทียม และภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อคุณลักษณะการวางตัวของแนวรอยเลื่อน และหลักฐานที่แสดงถึงความใหม่ของรอยเลื่อน และข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศเพื่อดูแนวรอยเลื่อนที่ถูกปิดทับด้วยตะกอนดิน
3. รวบรวมหลักฐานการเกิดแผ่นดินไหวในอดีต (Historical Earthquake) ก่อนมีเครื่องตรวจวัด เช่น จากตำนาน ศิลาจารึก พงศาวดาร จดหมายเหตุ ทั้งของไทยและต่างประเทศ เพื่อสร้างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต
4. รวบรวมหลักฐานจากข้อ 1, 2 และ 3 เพื่อทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของรอยเลื่อนมีพลังของประเทศ
5. สำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบผลจากการแปลความหมายจากข้อมูลโทรสัมผัสโดยเน้นหนักด้านการศึกษาสำรวจและรังวัดสภาพภูมิประเทศ ด้วยกล้องระดับ (Theodolite) โดยรอบบริเวณขุดร่องสำรวจ (Trenching) มาตราส่วน 1:1,000
6. สำรวจและจัดทำบันทึกลำดับชั้นตะกอนและแนวรอยเลื่อนในร่องสำรวจ (trench logging) พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินและผงรอยเลื่อนจากร่องสำรวจ
7. ทำการเตรียมตัวอย่าง โดยเฉพาะการแยกแร่ (เช่น แร่ควอร์ต และแร่แคลไซต์) ให้บริสุทธิ์ เพื่อนำมาหาอายุโดยวิธีเรืองแสงด้วยความร้อน (Thermoluminescence Dating, TL) นอกจากนั้นถ้าตัวอย่างมีอินทรีย์วัตถุจะทำการหาอายุด้วยวิธี C-14 AMS
8. นำตัวอย่างที่แยกแร่แล้วไปวัดหาอายุด้วยเครื่องมือ Thermoluminescence ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9. จัดทำแผนที่แสดงตำแหน่งของรอยเลื่อนมีพลังในมาตราส่วน 1:50,000 และระบุค่าของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในอดีต พร้อมอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

ประโยชน์หรือผลลัพธ์ (Research Output) ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยทำให้เราทราบว่า การสำรวจระยะไกล (Remote sensing) โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพจากดาวเทียม Landsat TM5 และ TM7 ที่ได้ทำการเน้นภาพแล้วนั้น มีส่วนช่วยในการกำหนดตำแหน่ง การวางตัว ความต่อเนื่องของแนวรอยเลื่อน รวมทั้งแสดงลักษณะรูปแบบที่ชัดเจนและคมชัดของแนวรอยเลื่อนมีพลังบนพื้นผิวในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรีและจังหวัดใกล้เคียง ได้อย่างชัดเจนและแม่นยำมากยิ่งขึ้น รวมทั้งทราบถึงขนาดของแผ่นดินไหวใหญ่ที่เกิดในอดีต พร้อมทั้งตำแหน่งที่แน่นอน และอัตราการเคลื่อนตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ ซึ่งทำให้ได้แผนที่พิบัติภัยแผ่นดินไหว

(seismic hazard map) ในเขตพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการออกแบบฐานรากอาคาร ตลอดจนการวางผังเมือง และสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ เช่น โรงไฟฟ้าหรือเขื่อน ให้สามารถรับแรงด้านแผ่นดินไหวได้ พร้อมทั้งเป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดพื้นที่เพื่อทำแผนที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหว(seismic risk map) ของภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย

การศึกษาครั้งนี้ ทำให้บุคลากรมหาวิทยาลัยและกรมทรัพยากรธรณีเป็นหน่วยงานวิจัยหลักในการศึกษาแหล่งต้นกำเนิดของแผ่นดินไหวอันเกี่ยวเนื่องกับรอยเลื่อนมีพลัง และทำให้มหาวิทยาลัยเป็นศูนย์กลางของการศึกษาค้นคว้าและการเรียนการสอนด้านธรณีวิทยาแผ่นดินไหวของนิสิต นักศึกษาได้เป็นอย่างดีเป็นการเตรียมความพร้อมไปสู่ความเป็นเลิศทางด้านธรณีวิทยาแผ่นดินไหวและการแปรสัณฐานของประเทศสืบไป

ตาราง 1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการปีที่ 2 (กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี)

กิจกรรม	ก.ย. 46	ต.ค. 46	พ.ย. 46	ธ.ค. 46	ม.ค. 47	ก.พ. 47	มี.ค. 47	เม.ย. 47	พ.ค. 47	มิ.ย. 47	ก.ค. 47	ส.ค. 47
1. รวบรวมข้อมูลเก่า - ด้านธรณีวิทยาแผ่นดินไหว - ด้านข้อมูลศูนย์กลางแผ่นดินไหว												
2. แปลภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ และจัดทำแผนที่ธรณีวิทยาฐานที่เกี่ยวเนื่องกับรอยเลื่อนมีพลัง												
3. สำรวจภาคสนาม - ตรวจสอบผลการแปลข้อมูล โทรสัมผัส - ทำการรังวัดแผนที่ภูมิประเทศ รายละเอียดบริเวณจุดร่องสำรวจ - จุดร่องสำรวจและเก็บตัวอย่าง ตะกอน												
4. จัดเก็บและเตรียมตัวอย่าง ตะกอนเพื่อหาอายุโดยแยกแร่ให้ บริสุทธิ์												
5. วัดหาอายุชั้นดินด้วยวิธี Thermoluminescence / C-14												
6. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ของ ปีที่ 2												

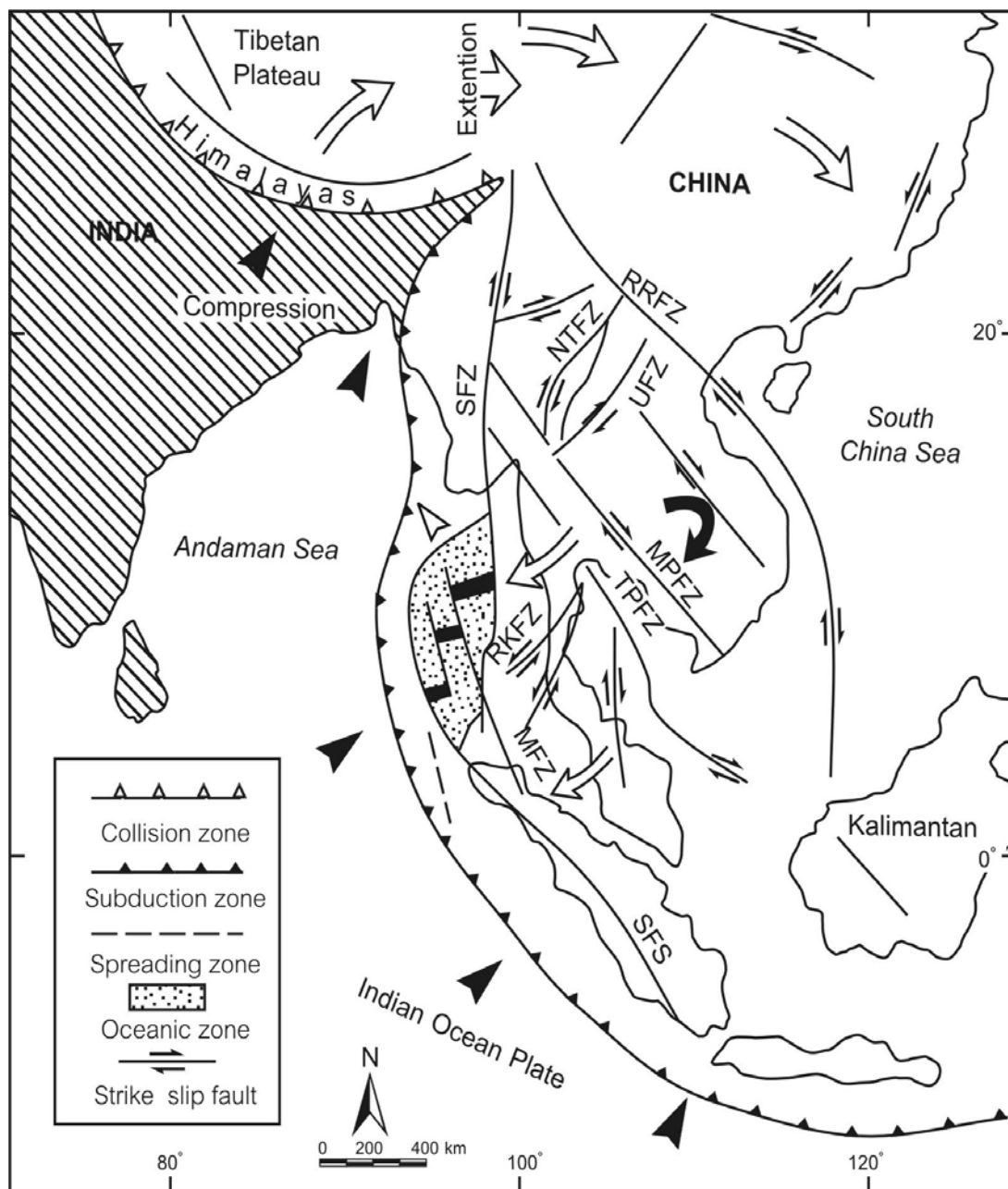
บทที่ 2

ธรณีวิทยาและธรณีแปรสัณฐาน

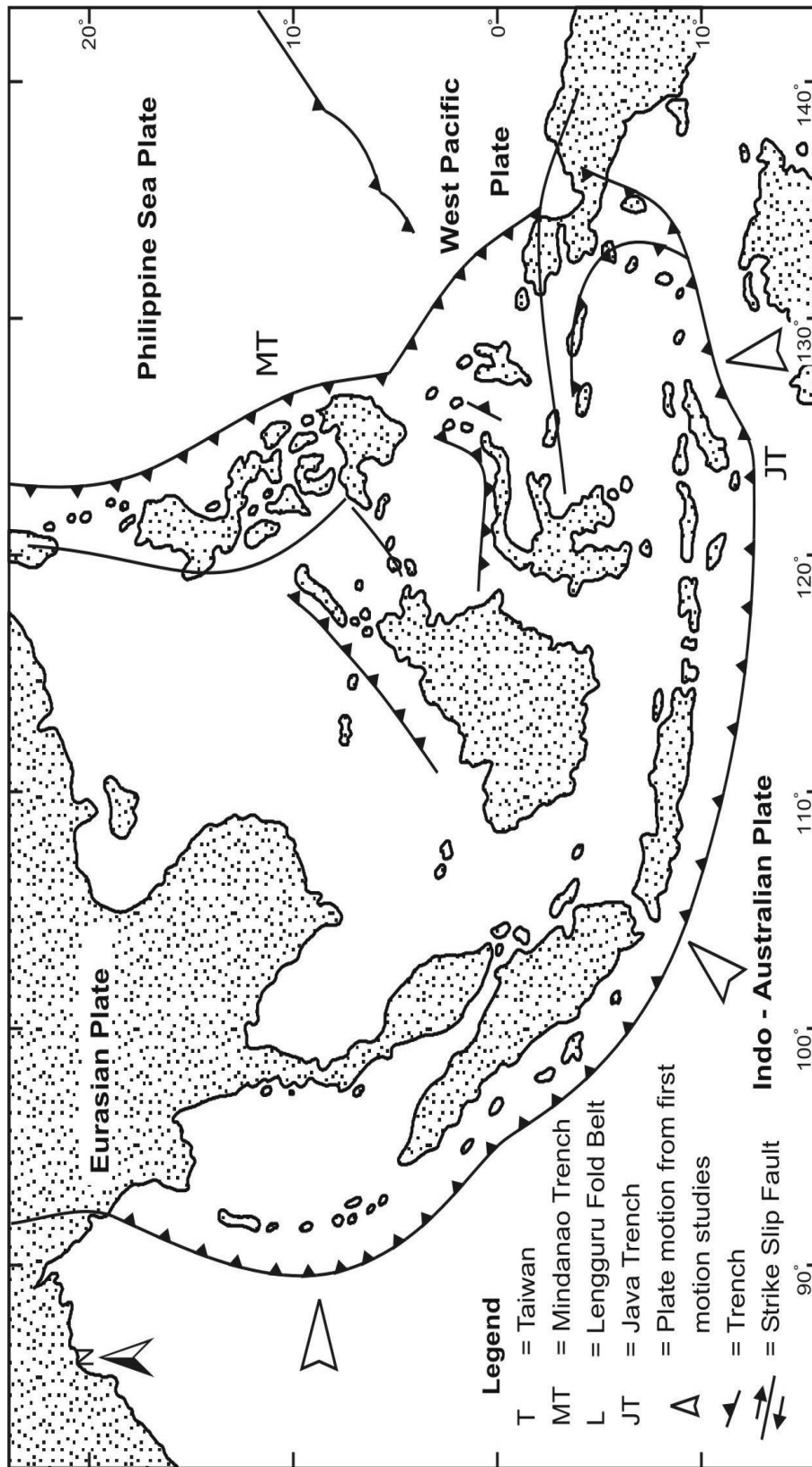
2.1 ลักษณะการแปรสัณฐานของประเทศไทย

ในทางธรณีศาสตร์พื้นฐานประเทศไทยประกอบด้วยโครงร่างแผ่นเปลือกโลก(tectonic plates) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ อาณาบริเวณที่เรียกแผ่นดินซันดา (Sunda land) (รูป 2.1) ซึ่งก็คือพื้นที่ทั้งบนบกและส่วนหนึ่งของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Tapponnier et al., 1986) และถ้ายึดถือโครงร่างแผ่นเปลือกโลกเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หรือเอเชียตะวันออกเฉียง ในช่วงอายุ ทางธรณีกาลล่าสุด(Late Cenozoic) เป็นเกณฑ์ (รูป 2.2) จะพบว่าส่วนของประเทศไทย และประเทศใกล้เคียงเป็นส่วนได้ สุดของแผ่นเปลือกโลกชนิดแผ่นทวีป ที่เรียกว่าแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) ซึ่งล้อมรอบด้วยแผ่นเปลือกโลกชนิดแผ่น มหาสมุทรอีก 2 แผ่น คือ แผ่นอินเดีย (Indian plate) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นอินโด-ออสเตรเลีย (Indo-Australian plate) และมีรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก (plate boundary) ตั้งแต่ตะวันตกของประเทศไทย อ้อมหมู่เกาะสุมาตรา และหมู่เกาะ ชวาไปทางใต้ และแผ่นมหาสมุทรแปซิฟิก (Pacific plate) ซึ่งคือส่วนตะวันตกของแผ่นมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก (West Pacific plate) และมีรอยต่อระหว่างแผ่นอยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ตรงบริเวณรอยต่อกัน ระหว่างแผ่นทวีปยูเรเชีย (Eurasian plate) และแผ่นมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก (West Pacific plate) ยังมีแผ่นทะเล ฟิลิปปินส์ (Philippines sea plate) อีกแผ่นหนึ่ง

สำหรับส่วนประกอบของแผ่นเปลือกโลกในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นี้ ประกอบด้วยแนวการมุดตัว (subduction zone)ระหว่างรอยต่อระหว่างแผ่นต่างๆ แนวสันเปลือกโลกใต้ทะเล รอยเลื่อนชนิดต่างๆ รวมทั้งแอ่งสะสม ตะกอนชนิดต่างๆ ด้วย รูป 2.3 แสดงถึงแผ่นเปลือกโลก (lithospheric plate) และแผ่นเปลือกโลกย่อย(micro plates)รอบ ประเทศไทย และทิศทางการเคลื่อนตัวของแผ่น เมื่อเทียบกับการชนกันระหว่างแผ่นอินเดียนกับแผ่นยูเรเชียของเอเชีย และ จากข้อมูลธรณีวิทยาและการหาอายุหินทั่วทั้งประเทศไทย ผสมกับข้อมูลธรณีภาคสนาม ข้อมูลโทรสัมผัส ข้อมูลธรณี เคมีของหินอัคนี และข้อมูลจากซากดึกดำบรรพ์(ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2543) ทำให้ทราบว่าประเทศไทยประกอบด้วย แผ่นเปลือกโลกย่อยๆอีกอย่างน้อย 4 แผ่น ได้แก่ 1) แผ่นทวีปฉาน-ไทย(Shan-Thai plate) ทางทิศตะวันตก 2) แผ่น มหาสมุทรลำปาง-เชียงใหม่ (Lampang-Chiang Rai plate) 3) แผ่นมหาสมุทรนครไทย (Nakhon Thai plate) และ 4) แผ่น ทวีปอินโดจีน (Indo-china plate) ทางทิศตะวันออก ซึ่งพบว่าประเทศไทยเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเอเชียตะวันออกเฉียง ใต้ (Southeast Asian plate) โดยประชิดติดกับแผ่นจีน (China) ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือ และติดกับ แผ่นอินโด-ออสเตรเลีย (Indo-Australian Plate) ทางด้านตะวันตกส่วนทางตะวันตกเฉียงเหนือติดกับแผ่น



รูป 2.1 โครงสร้างการแปรสัณฐานแผ่นเปลือกโลก (Tectonic framework of plates) ของพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ลูกศรใหญ่แสดงการเคลื่อนที่ ลูกศรเล็กแสดงรอยเลื่อนหลังจากที่ทวีป อินเดียเข้ามาชนทวีปเอเชีย) (จาก Polachan, 1989)



รูป 2.2 เอเชียตะวันออกเฉียงใต้แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแผ่นฟิลิปปินส์ แผ่นแปซิฟิกตะวันตกและแผ่นยูเรเชีย (หัวลูกศรแสดงทิศการมุดตัว)

(จาก Suensilpong, 1977)

ทิเบต (Tibetan Plate) ดูเหมือนว่าแผ่นยูเรเชียทางตอนใต้จะหยุดนิ่งกับที่ ขณะที่แผ่นอินโด-ออสเตรเลียเคลื่อนขึ้นมาจากด้านเหนือในลักษณะตามเข็มนาฬิกา(clockwise component) และแผ่นแปซิฟิกเคลื่อนตัวออกไปทางตะวันตก ด้วยภาวะเช่นนี้ย่อมทำให้ขอบของแผ่น(เปลือกโลก) เหล่านี้แสดงสภาพที่เป็นร่องลึก(trench) และแนวเลื่อนที่เกิดขึ้นจะเป็นผลมาจากแนวการแยกตัวออกจากกัน(spreading zone) ในทะเลอันดามันก็ยังเป็นแนวการเกิดแผ่นดินไหวด้วย ในหลักการทั่วไป การเกิดการเลื่อนตัวแนวราบเป็นหลักการสำคัญต่อการเกิดแผ่นดินไหวชนิดตื้น (shallow-focus earthquake) ในขณะที่การเลื่อนตัวแบบเฉียด ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวระดับกลาง (intermediate earthquake) มากกว่า

ประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นเขตที่ยังมีแรงเคลื่อนไหวแบบแปรสัณฐาน (แรงเคลื่อนไหวภายในโลก) อยู่โดยรอบ (Hinthong, 1991) ซึ่งแผ่นดินไหวเหล่านี้ก็จะมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกต่างๆ เหล่านี้ รูป 2.3 และตาราง 2.1 แสดงถึงรูปลักษณะธรณีแปรสัณฐานและรวมถึงรอยเลื่อนขนาดใหญ่ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเมื่อเปรียบเทียบกับ รูป 2.4 จะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่เป็นจุดกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นดินนั้น มีอยู่หลายบริเวณที่น่าจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดเชิงสถานที่ (spatial relationship) กับแนวรอยเลื่อนใหญ่หลายแนวด้วยกัน

2.2 ลำดับชั้นหิน

พื้นที่ศึกษา (ปีที่ 2) อยู่ในแถบบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกับประเทศ เมียนมาร์ (รูป 2.5) จากรายงานกรมทรัพยากรธรณีพบว่าการกระจายตัวของกลุ่มหินอายุต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในแผนที่ธรณีวิทยาภาคตะวันตกของประเทศไทย (รูป 2.5) โดยการเรียงลำดับชั้นหินของพื้นที่จากอายุแก่สุดไปอายุน้อยสุดมีดังต่อไปนี้

2.2.1 หินมหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian Rocks)

หินที่มีอายุแก่สุดของพื้นที่นี้เป็น หินมหายุคพรีแคมเบรียน ซึ่งกระจายอยู่ตามกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และกลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ กลุ่มหินชุดนี้ได้จัดไว้เป็นกลุ่มหินไนส์ทับศิลา (Thabsila gneiss) โดยสังัด พันธุ์โอภาส (Bunopas, 1976) โดยที่ตัวแทนการเรียงลำดับชั้นหิน (Type section) อยู่ที่ห้วยเล็ก ๆ บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของบ้านทับศิลา (หมู่บ้านตอนเหนือของจังหวัดกาญจนบุรี) หน้าตัดชั้นหินโผล่ยาวประมาณ 2 กิโลเมตร ตามขอบห้วยที่ตัดผ่านเข้าไปในสันเขาของหินมหายุคพรีแคมเบรียน โดยทั่วไปชั้นหินมีการเอียงตัวไปในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยมุมเอียงเทจากแนบราบ 70-80 องศา ซึ่งเสมือนว่าหินมีการเรียงลำดับชั้นหินจากทิศตะวันตกไปยังด้านทิศตะวันออก ส่วนล่างสุดประกอบด้วยหินควอร์ตซ์-ไบโอไทต์-ไมโครไคลน์-ไนส์ ซึ่งมีแถบสีที่เด่นชัดระหว่างสีขาวของแร่

ขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นชั้นของแร่ควอร์ตซ์และแถบแร่สีเทาอมเขียวที่มีขนาดเม็ดแร่เป็นชั้น ๆ ที่มีความหนา 2-3 เซนติเมตรขึ้นไปจนถึง 1 เมตร ชั้นหินพวกนี้เรียงลำดับถัดไปเป็นหินชั้นบาง ๆ ที่มีขนาดเม็ดหยาบ ที่เป็นชนิดหินแคลซิลิเกต ซึ่งมีแร่ประกอบหินเป็นพวกควอร์ตซ์ ไมโครไคลน์ เฟลซิโอเคลส อพิโคท ไดอ็อพไซด์ แคลไซต์ และ

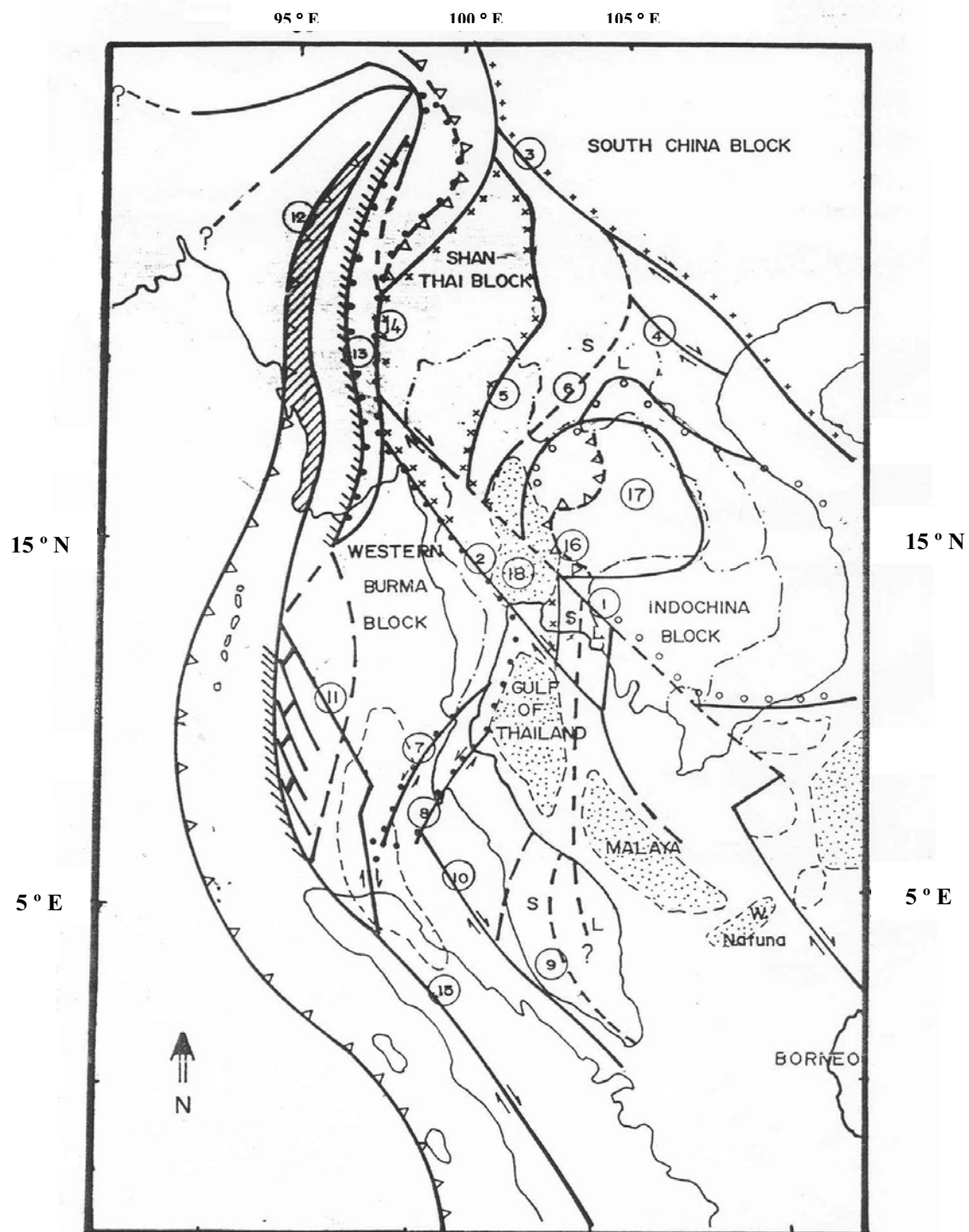
กรอสซูลาไรท์ โดยช่วงรอยต่อระหว่างหินไนส์ และหินแคลซิลิเกต เป็นไปในลักษณะที่มีหินแคลซิลิเกตแทรกเข้ามาเล็กน้อยในช่วงแรกแล้วมีจำนวนชั้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในตอนบนจนเป็นหินแคลซิลิเกตมาก และหินแคลซิลิเกตเปลี่ยนไปเป็นหินไบโอไทต์-มัสโคไวท์-ชีสต์ และหินควอร์ตซ์-ชีสต์ ที่เป็นชั้นค่อนข้างหนาในตอนบน ซึ่งมีชั้นหินอ่อนบ้างเล็กน้อย ที่มีแร่ประกอบหินเป็นพวกไบโอไทต์ ไดอ็อฟไซด์ และสเฟิน โดยเป็นชั้นบางๆ ถึงหนาไม่เกิน 1 เมตร

หินชุดไนส์ทับสีลานี้ เป็นกลุ่มที่ถูกแปรสภาพในกลุ่มชุดแร่แอมฟิโบไลต์ เฟลีส (Amphibolite facies) (พิลทรี ชีร์ดิลก, 1975) ส่วนหินที่อยู่ข้างเคียงเป็นกลุ่มพาลีโอโซอิก (Bunopas, 1981) ที่ถูกแปรสภาพในกลุ่มชุดแร่กรีนชีสต์เฟลีส (green schist facies) ส่วนแนวสัมผัสของหินแปรทั้งสองกลุ่มมักพบในลักษณะเป็นแนวรอยเลื่อน (รูป 2.6)

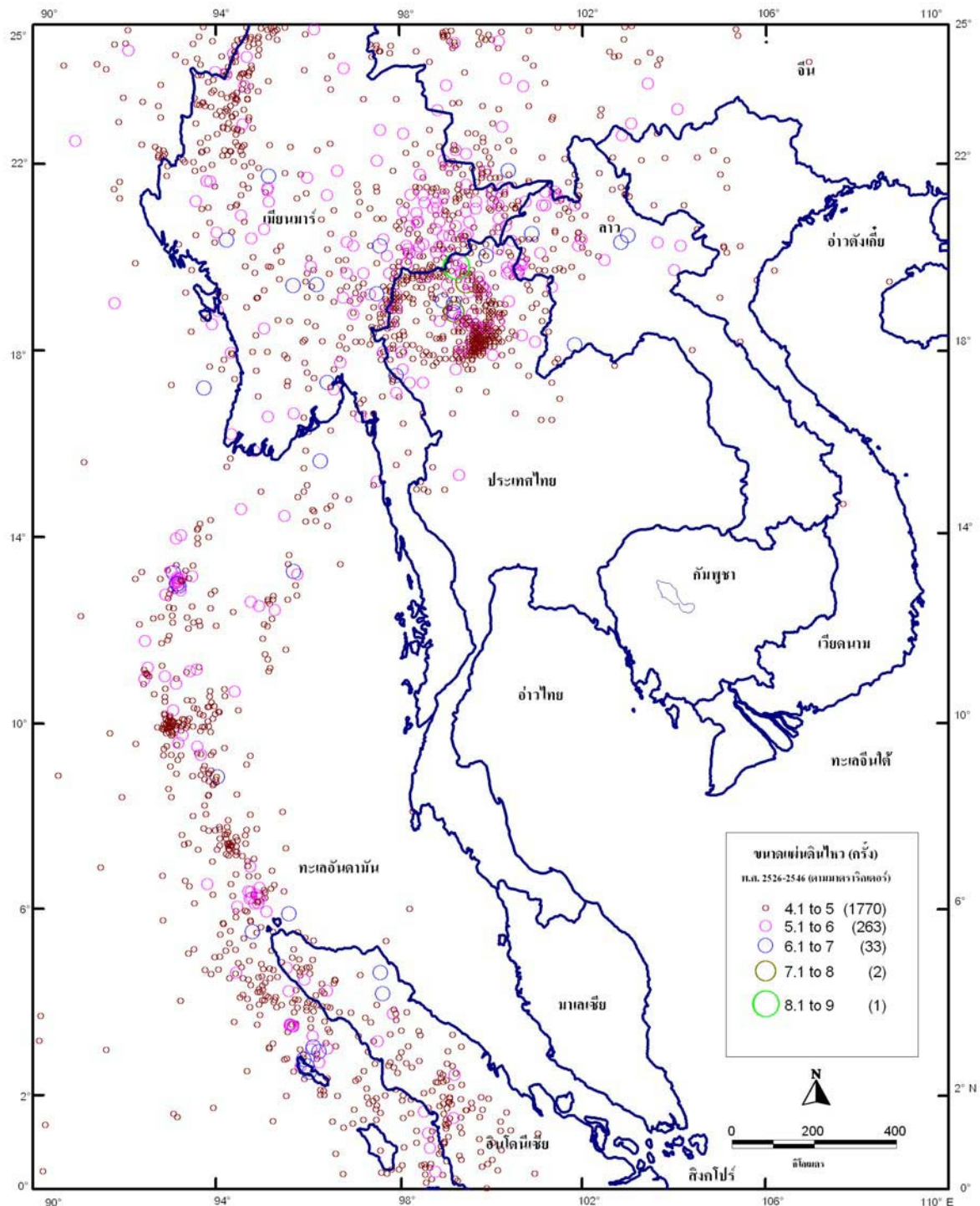
2.2.2 หินยุคแคมเบรียน (Cambrian Rocks)

หินยุคแคมเบรียน ส่วนใหญ่เป็นหินควอร์ตซ์-ชีสต์ ที่คงทนต่อการถูกกัดเซาะทำลายค่อนข้างสูง จึงปรากฏในลักษณะเป็นสันเขาที่ชัดเจนทั้งจากข้อมูลภาพจากดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศพบได้ทางด้านตะวันตกและตะวันออกของแม่น้ำแควใหญ่ สัจด์ พันธโรภาส (1976) ได้ให้ชื่อชุดหินนี้ว่า กลุ่มหินควอร์ตซ์-ชีสต์เจ้าแฉกร (Chaonen Quartzite) ซึ่งเป็นตัวแทนการเรียงลำดับชั้นหินโพลีปรากฏให้เห็นเพื่อที่นำไปใช้ก่อสร้างเขื่อนศรีนครินทร์(เดิมชื่อเขื่อนเจ้าแฉกร) กลุ่มหินดังกล่าวประกอบด้วยช่วงล่างสุด หนาประมาณ 300 เมตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทรายและหินควอร์ตซ์-ชีสต์ สีน้ำตาลอ่อน เทาอ่อน และเทาอมเขียว มีขนาดเม็ดละเอียดถึงขนาดปานกลาง แสดงชั้นเด่นชัด ช่วงกลางหนาประมาณ 100 เมตร เป็นพวกหินทรายที่มีหินดินดานและฟิลไลต์แทรกสลับ และมีชั้นหินปูนแทรกอยู่บ้าง ในหินทรายพบซากดึกดำบรรพ์พวก *Opisithoparian trilobites* ที่มีการกำหนดอายุให้อยู่ในยุคแคมเบรียนตอนบน ส่วนช่วงตอนบนสุดหนาประมาณ 250 เมตร ประกอบด้วยหินทรายที่มีการคัดขนาดและหินปูนเนื้อดิน (รูป 2.7)

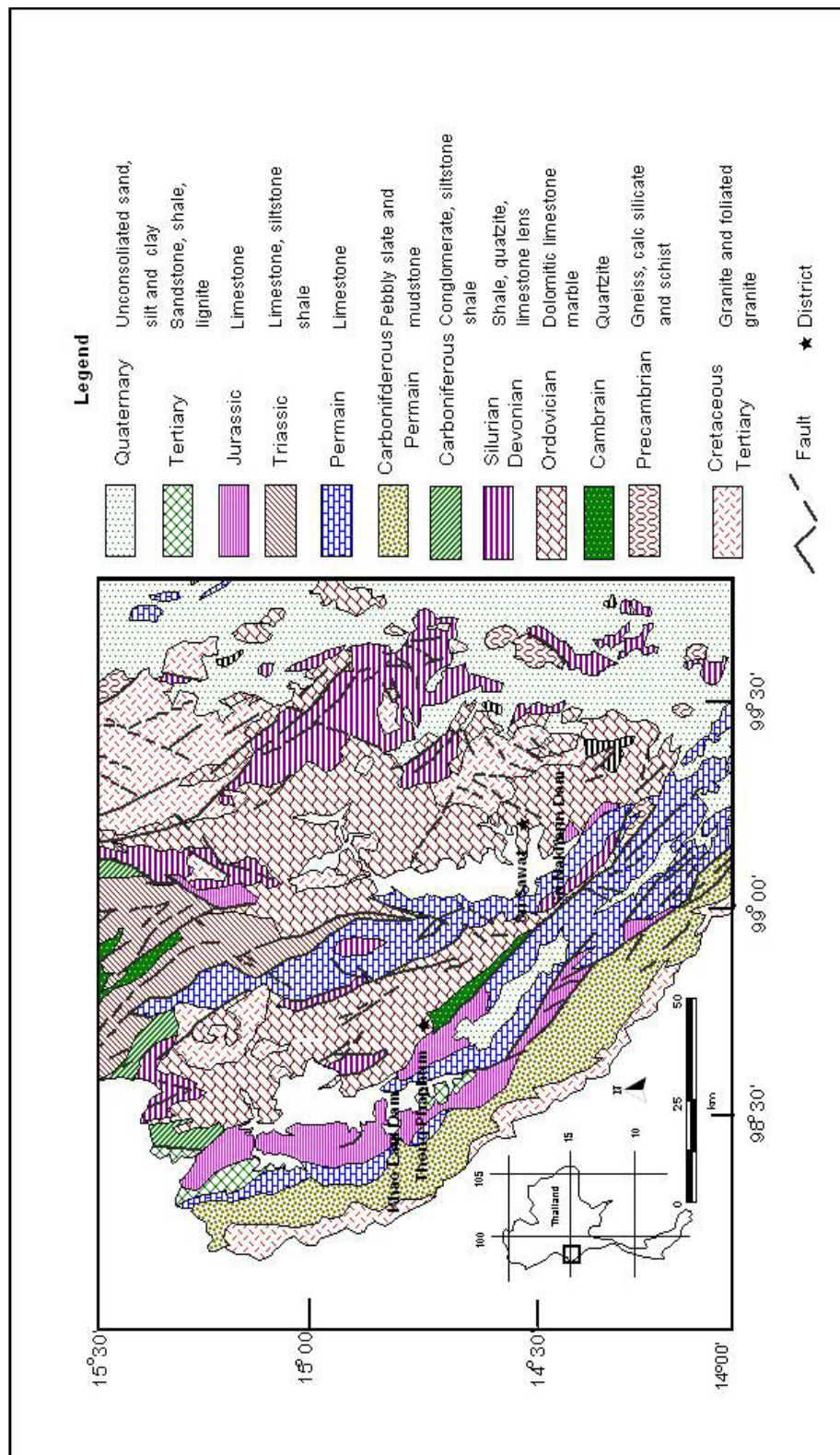
หินชุดนี้มีการวางตัวที่มีมุมเอียงเทปานกลางถึงชันมาก และบางส่วนได้มีการวางตัวแบบพลิกกลับ (Overturned) บางครั้งได้ลักษณะ โครงสร้างโค้งงอแบบสามเหลี่ยม (Cher fold)



รูป 2.3 แผนที่เปลือกโลกที่ประกอบขึ้นมาเป็นประเทศไทย และรอยเลื่อนใหญ่ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (จาก Charusiri และคณะ, 1995)



รูป 2.4 แผนที่ตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศไทยและใกล้เคียง ที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือระหว่าง พ.ศ. 2546 – 2546 (ข้อมูลศูนย์กลางแผ่นดินไหวจากกรมอุตุนิยมวิทยา (2547))



รูป 2.5 แผนที่ธรณีวิทยาของจังหวัดกาญจนบุรี และใกล้เคียง แสดงการกระจายตัวของหินอายุต่างๆ (Raksasculwong, 1997)

2.2.3 หินยุคออร์โดวิเซียน (Ordovician Rocks)

หินตะกอนที่เกิดสะสมในยุคออร์โดวิเซียนในบริเวณด้านตะวันตกของประเทศได้ให้ชื่อว่า หินท่ามะนาว (Tha Manao formation) โดยสังค พันธ์โอภาส, 1981 ซึ่งจากการลำดับชั้นหินพบว่าในช่วงล่างสุดประกอบด้วยหินโคลนปนคาร์บอเนต หินปูน และหินทรายมีความหนาประมาณ 100 เมตร วางตัวอยู่เหนือกลุ่มหินควอร์ตซ์ไชต์เจ้าแฉกร (Chao Nen Quartzite) ส่วนช่วงตอนกลางเป็นชั้นหินปูนซึ่งมีความหนาค่อนข้างมาก มีความหนา 100 เมตร มีหินเชิร์ตปะปน และพบซากดึกดำบรรพ์ ของยุคออร์โดวิเซียน ส่วนช่วงตอนบนเป็นหินปูนชั้นหนา ประมาณ 100 เมตร มีลักษณะเป็นชั้นบางๆ ของหินปูนที่มีการตกผลึกใหม่โดยแทรกสลับกับชั้นหินทรายบาง ๆ ซึ่งถูกแปรสภาพไปเป็นหิน

ควอร์ตซ์ไชต์และหินฟิลไลต์ในตอนบนสุดซึ่งมีความหนาประมาณ 50 เมตร และประกอบด้วยหินปูนสีเทา เทาอ่อน เทาปนน้ำตาล ชั้นบางๆ วางตัวอยู่ใต้หินดินดานอายุไซลูเรียน (Silurian) สำหรับซากดึกดำบรรพ์ Nortiloid ที่พบในกลุ่มหินออร์โดวิเซียนเป็นชนิด *Armenoceras sp.* และ *Cypricadinia cf. priscu* ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงออร์โดวิเซียนตอนกลาง (รูป 2.8)

เมื่อเทียบเคียงหินกลุ่มนี้ในภาคใต้ของประเทศไทยจากการศึกษาของ ธนิสร์ วงศ์วานิช (1990) สรุปได้ว่าเป็นกลุ่มหินคาร์บอเนตที่มีความหนาประมาณ 1,400 เมตร โดยที่หินปูนเกิดในบริเวณเขตร้อนชื้น (tropical) กลุ่มหินชุดนี้ตอนล่างเป็นหินโดโลไมต์และหินดินดานปนคาร์บอเนต มีการวางตัว

อย่างต่อเนื่องอยู่บนหินชุดแคมเบรียนและอยู่ใต้กลุ่มหินดินดานที่มีสีดำ ซึ่งแทรกสลับกับหินเชิร์ตที่มีซากดึกดำบรรพ์ของราดิโอลาเรีย (radiolaria) ซึ่งมีอายุในช่วงยุคออร์โดวิเซียน-ยุคไซลูเรียน (Ordovician -Silurian) หินกลุ่มนี้เกิดในสภาพแวดล้อมที่เป็นลักษณะการรุกเข้ามาของน้ำทะเล

(transgression) ในเขตนํ้าขึ้นน้ำลง (tidal flats) และเป็นบางแห่งพบลักษณะแนวโซดหินขวางกั้น (barrier reefs) และหินคาร์บอเนตน้ำลึก (deep-water carbonates)

2.2.4 หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian Rocks)

หินตะกอนยุคนี้ให้ชื่อว่า หินบ่อพลอย (Bo Phloi formation) โดยสังค พันธ์โอภาส (1981) ตามสถานที่พบในบริเวณอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี โดยที่จากการลำดับชั้นหินพบว่าส่วนล่างสุดประกอบด้วยหินควอร์ตซ์ไชต์ที่มีลักษณะเป็นชั้นมวลงถึงเป็นชั้นที่เด่นชัด สีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาล แทรกสลับโดยหินฟิลไลต์ชั้นบาง ๆ ตอนกลางของลำดับชั้นหิน ประกอบด้วยชั้นหินทรายเนื้อเถ้าภูเขาไฟ สีเทาอมน้ำตาล ขนาดเม็ดปานกลางถึงหยาบสลับกับหินดินดานเนื้อเถ้าภูเขาไฟสีเทาอมเขียว



รูป 2.6 หินโฟลซึ่งเป็นหินแปรในมหายุคพรีแคมเบรียนตามเส้นทางสงครามเก่าทัพ-เขื่อนศรีนครินทร์ ปรากฏเป็นหินชีสต์ มีการวางตัวประมาณตะวันตกเฉียงใต้ $10^\circ/235^\circ$
(ณ พิกัด 525765E/1570973N)



รูป 2.7 หินโฟลซึ่งเป็นหินแปรเกิดในยุคแคมเบรียนตามเส้นทางเขื่อนศรีนครินทร์ ปรากฏเป็นหินควอร์ตไซต์ มีการแตกหักสูงและมีการวางตัวของชั้นหินประมาณตะวันตกเฉียงเหนือ $40^\circ/335^\circ$
(ณ พิกัด 514326E/1590994N)



รูป 2.8 หินโฟลตามเส้นทางหลวงหมายเลข 3199 บริเวณ กม.ที่ 27 ฝั่งซ้ายของเขื่อนท่าทุ่งนา ซึ่งเป็นหินปูนเกิดในยุคออร์โดวิเซียน แสดงลักษณะริ้วลาย (schistose) ที่มีการวางตัวประมาณเกือบตะวันออก $70^\circ/070^\circ$
(ณ พิกัด 526032E/1573303N)

และหินเชิร์ต ชั้นบางสีเทาถึงเขียวและวางตัวปิดทับโดยหินดินดานสีเหลืองถึงเทาอมเขียว ที่มีซากดึกดำบรรพ์ จำพวก *Tentaculites cf. Elegans* ซึ่งบ่งบอกอายุออกไควเซียนช่วงล่าง (Lower Devonian) ทำให้เชื่อได้ว่าส่วนที่อยู่ตอนล่างมีอายุในยุคไซลูเรียน หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนนี้วางตัวอยู่บนหินยุคออร์โดวิเซียนแบบต่อเนื่องโดยเฉพาะในบริเวณอำเภอ ทองผาภูมิ จังหวัด กาญจนบุรี มีความหนาประมาณ 150-200 เมตร และประกอบด้วยหินดินดานสีดำที่พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกเกรบโไลต์ชนิด *Landeveerian graptolited* สลับหินทรายแป้งและหินปูนเนื้อเป็นเม็ด (nodular) ชั้นบางๆ ที่พบซากดึกดำบรรพ์พวกคอนโนดอนต์ (Conodont) อายุไซลูเรียนตอนปลาย จากการตกตะกอนต่อเนื่องของชุดหินทั้งหมด จึงไม่สามารถแบ่งช่วงอายุยุคไซลูเรียนออกจากยุคดีโวเนียนได้ (รูป 2.9)

2.2.5 หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส (Silurian–Devonian–Carboniferous Rocks)

หินชุดนี้ทำให้เชื่อว่า กลุ่มหินทองผาภูมิ เป็นกลุ่มหินที่ให้อายุอยู่ในช่วงที่สอดคล้องแทรกเข้ามาระหว่าง หินชุดทุ่งสง และหินชุดปุนราชบุรี หินชุดนี้เริ่มจากชั้นหินมาร์ล หนาประมาณ 20 เมตร เหนือขึ้นมาเป็นหินดินดานสีดำ หนาประมาณ 120-125 เมตร ชั้นบางๆ เหนือชั้นที่พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกเกรบโไลต์ (Graptolites) ของยุคไซลูเรียนแล้วชั้นหินค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็นหินทรายแป้งเนื้อปูนหนาประมาณ 20 เมตร ถัดขึ้นไปพบหินปูนหนามาก โดยที่หินประกอบกันขึ้นมาจากชั้นที่บาง ๆ และมีลักษณะเป็นเม็ดๆ (nodular) เนื้อหินจะเปลี่ยนแปลงในแต่ละชั้นมากมาย อาทิเช่น จากหินปูนบริสุทธิ์เป็นเนื้อหินปนทรายแป้งหรืออาจเป็นเนื้อทราย สีเทาจนถึงแดง พบซากดึกดำบรรพ์ ทำให้กำหนดอายุได้ตั้งแต่ยุคไซลูเรียนตอนบนจนถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัสและตอนล่าง ตอนบนหินกลุ่มนี้มีความหนาประมาณ 650-800 เมตร โดยที่ช่วงบนๆ ประกอบด้วยหินดินดานปนทรายแทรกสลับหนาประมาณ 100 เมตร และซากดึกดำบรรพ์อายุดีโวเนียนตอนบนสุดของหินชุดทองผาภูมิประกอบด้วยหินดินดานสีเทาอมเขียวที่พบซากดึกดำบรรพ์อายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนบนที่เป็นหอยจิวพวก Cephalopods (Agathiceras) ทั้งหมดวางตัวอย่างต่อเนื่องขึ้นมาจากหินปูนอายุ Carboniferous และตอนบนถูกปิดทับโดยหินปูนชุดราชบุรี (รูป 2.10) กลุ่มหินทองผาภูมิพบเห็นมากในบริเวณแถบอำเภอทองผาภูมิ

2.2.6 หินยุคเพอร์โมคาร์บอนิเฟอรัส (Permo–Carboniferous Rocks)

ชุดหินตะกอนนี้ให้ชื่อว่ากลุ่มหินแก่งกะจาน ซึ่งตั้งชื่อโดยสงัด ปิยศิลป์ (1975) สำหรับหินตะกอนที่พบในบริเวณทางตะวันตกและทางใต้ของเมืองกาญจนบุรี ความหนาทั้งสิ้นประมาณ 900 เมตร และวางตัวแบบไม่ต่อเนื่องอยู่บนหินดินดานอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนล่าง (Lower Carboniferous) ในลักษณะต่อเนื่องอยู่ล่างหินชุดหินปูนราชบุรี โดยที่ส่วนล่างสุดประกอบด้วยหินทรายชนิดเกรย์เวก และหินทรายชนิดอาร์โคส ที่แทรกสลับกับหินทรายแป้ง และหินดินดาน ลักษณะภายในของหินตะกอนแสดงลักษณะบูมา (Bouma Sequence) โดยมีการตกตะกอนแบบน้ำขุ่น (turbidite) และค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็นชั้นหินโคลนที่สลับกับหินดินดาน และหินทรายแป้งชั้นบางๆ หิน

ทรายเกรย่เวกที่มีเนื้อละเอียด และหินทรายอาร์โคส และบางแห่งพบเนื้อหินมีลักษณะของตะกอนถล่มเล็ก ๆ (slump structure) ภายในชั้น และลักษณะรอยแตกภายในหินที่เกิดจากการสูญเสียน้ำ (dessication cracks) โดยมี เม็ดตะกอนขนาดใหญ่ของหินปูนหรือหินควอร์ตซ์ไซส์ หินแกรนิต และหินทราย ปะปนเข้ามาในเนื้อหินที่อยู่ตอนบน บางครั้งพบชิ้นตะกอนขนาดใหญ่มากถึง 95 x 60 x 30 ซม. บางส่วนเนื้อหินกลายเป็นก้อนหินที่ร่วงหล่น(drop stone) เข้าไปในตะกอนละเอียด บางส่วนอาจพบลักษณะของร่องน้ำโบราณ (channel filled) ในส่วนตอนกลางหรือตอนบนของลำดับชั้นหิน ต่อจากนั้นหินเปลี่ยนทันทีเป็นหินโคลนปนก้อนกรวด (pebbly mudstone) ตอนบนสุดหินทรายที่มีปริมาณแร่ควอร์ตซ์สูงที่มักแสดงชั้นชัดเจนและแสดงลักษณะลูกคลื่น และพบซากดึกดำบรรพ์น้อยมาก ลักษณะสภาพสิ่งแวดล้อมการตกตะกอนของกลุ่มหินนี้เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่ง (continental shelf) ที่มีการเคลื่อนไหวของกระแสน้ำทะเลรุนแรงในบางครั้ง และอาจมีธารน้ำแข็งล่องลอยเหนือน้ำก็ได้ นักธรณีวิทยาส่วนใหญ่เชื่อว่าหินตะกอนในช่วงอายุนี้

ส่วนบนสุดของกลุ่มหินแก่กระงานนี้ประกอบไปด้วยหินทรายอาร์โคซิก แทรกสลับกับ หินโคลน หินทรายแป้ง หินดินดาน หินทรายเนื้อปนกรวด และหินทรายแร่ควอร์ตซ์สูง ลักษณะเนื้อหินและโครงสร้างของหินแสดงถึงการทับถมตะกอนในเขตน้ำทะเลขึ้นลง (subtidal และ intertidal) และพบซากดึกดำบรรพ์จำนวนมาก ได้แก่พวกหอยตะเกียง(Brachiopods) ซึ่งมีอายุยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Sakagami, 1966, 1968, 1982)

ช่วงรอยต่อล่างสุดของกลุ่มหินแก่กระงานยังไม่ชัดเจนนัก อย่างไรก็ตาม เลิศสิน รักษาสกุลวงศ์ และธนิศร์ วงศ์วานิช (1994) ได้กล่าวว่า มีลักษณะเป็นแบบไม่ต่อเนื่องกับหินตะกอนที่เกิดในยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนล่าง (Lower Carboniferous) ที่จัดให้เป็นหมวดหินขนอม ดังนั้นหินแก่กระงานชุดนี้น่าที่จะมีอายุอยู่ในช่วงกลางยุคคาร์บอนิเฟอรัสจนถึงต้นยุคเพอร์เมียนในเขตพื้นที่ศึกษาพบหินชุดดังกล่าวในบริเวณ Lower Permian



รูป 2.9 ลักษณะหินโผล่ตามเส้นทาง อ.สังขละบุรี-
ด่านเจดีย์สามองค์ของหินตะกอนยุคไซลูเรียนถึงดิ
โวเนียนซึ่ง ปรากฏเป็นหินทรายแทรกสลับกับ
หินดินดาน แสดงลักษณะร้าวลายในทิศเกือบ
ตะวันออก $70^\circ/070^\circ$

(ณ พิกัด 26032E/1573303N)



รูป 2.10 ลักษณะหินโผล่ตามเส้นทาง อ.ทอง
ผาภูมิ-อ.สังขละบุรี ซึ่งปรากฏเป็นหินปูน ยุค
ไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส ที่แสดง
ชั้นชัดเจน (ณ พิกัด 526032E/1573303N)



รูป 2.11 เนินหินปูนอายุเพอร์เมียน แสดง
ลักษณะการวางตัวเป็นชั้นๆ ชัดเจนบริเวณ
สถานีวิจัย เกษตรกรรม อ.เมือง จ.กาญจนบุรี
(ณ พิกัด 5224E/1560707N)

2.2.7 หินยุคเพอร์เมียน (Permian Rocks)

หินชุดนี้อาจเรียกว่าเป็นกลุ่มหินราชบุรี (Ratburi Group) หรือหินปูนราชบุรี (รูป 2.11) แสดงลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ หินชุดนี้วางตัวปิดทับอย่างต่อเนื่องกับกลุ่มหินแก่กระเจาน และหินชุดนี้ประกอบด้วยหินปูนชั้นบางถึงหนามาก ความหนาทั้งชั้นประมาณ 800 เมตร (รูป 2.12) ที่มีหินตะกอนแทรกสลับอยู่บางช่วง โดยพบก้อนเชิร์ต (nodule) ปนอยู่ในเนื้อปูนตอนล่าง และพบซากดึกดำบรรพ์ จำนวนมาก อาทิเช่น ไบโอสคว (Bryozoan), กตข้าวสาร (Fusulinids), หอยตะเกียง (Brachiopods) เป็นต้น ทำให้กำหนดอายุได้ในช่วงเพอร์เมียนตอนต้นจนถึงตอนปลาย (Yanadisa, 1970 Waterhouse และสังค์ ปิยศิลป์, 1970 ; Fontaine และวารวราช สุธีธร, 1988)

2.2.8 หินยุคไทรแอสซิก (Triassic Rocks)

หินชุดไทรแอสซิก พบมีความหนา 275 เมตร โผล่ให้เห็นอย่างไม่ต่อเนื่องโดยกระจายตัวไปตามแนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (ซึ่งพาดผ่านตอนกลางของพื้นที่) โดยให้ชื่อว่าหมวดหินช่องแคบ (Chong Khap formation) ส่วนล่างสุดของหินชุดนี้ไม่ปรากฏให้เห็น ทั้งนี้เนื่องจากหินชุดนี้สัมผัสกับหินแก่กว่าในลักษณะเป็นแนวรอยเลื่อน ส่วนล่างสุดที่พบได้แก่หินทรายแป้งสีเทา และหินดินดานที่มีหินทรายแทรกสลับ (รูป 2.13) ลักษณะร่องรอยกดทับพบได้ทั่วไปในตอนล่างของชั้นหินทรายโดยแสดงลักษณะการกักขนาด (graded bedding) ชัดเจนและพบซากสัตว์พวกหอยสองฝาได้บ้างเล็กน้อย เช่น พวก *Posidonia sp.*, *Halobia sp.* และ *Daonella sp.* โดยเฉพาะที่บ้านช่องแคบและกำหนดอายุให้เป็นยุคไทรแอสซิกตอนกลาง (Middle Triassic) ตอนกลางของหินชุดนี้เป็นพวกหินทรายแป้ง หินดินดาน และหินทราย โดยที่บางส่วนพบหินปูนชั้นบางๆ แทรกอยู่ ส่วนตอนบนสุดเป็นชั้นของหินปูนมีก้อนเชิร์ตปนอยู่ในเนื้อหิน

จากการศึกษาของ Fontain & Sutthetorn (1988) พบว่าซากสัตว์โบราณพวกสาหร่าย, โคโนดอนท์ (conodont) และหอยสองฝา (pelecypod) กำหนดอายุได้ในยุคไทรแอสซิก ในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรีและพื้นที่ใกล้เคียง และสรุปว่าหินในยุคไทรแอสซิกนี้พบในเขตน้ำตื้นเนื่องจากพบพวกตะกอนหินปูนที่มีซากดึกดำบรรพ์จำพวก foraminifera และสาหร่ายเกิดรวมอยู่ อย่างไรก็ตามบางส่วนอาจเป็นตะกอนที่เกิดในทะเลน้ำลึกกว่าเนื่องจากพบพวกหินดินดาน หินทรายแป้ง และหินเชิร์ต ที่มีซากสัตว์ดึกดำบรรพ์พวก *Holobia sp.* และ *Daonella sp.* ลักษณะการสะสมตัวในทะเลเป็นไปในแบบไม่ต่อเนื่องเป็นบางช่วง ส่วนหินดินดานสีแดงที่วางอยู่ใต้หินปูนอายุไทรแอสซิกตอนบน เป็นพวกที่อาจเกิดบนทะเลน้ำตื้นมาก