



โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ธรณีวิทยาโครงสร้างตามแนวเส้นทางหลวงหมายเลข 1 บริเวณสามแยก
พุด แคว จังหวัดสระบุรี

ชื่อนิสิต นายคณิศร วงศ์สีแก้ว

ภาควิชา ธรณีวิทยา

ปีการศึกษา 2556

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่ส่ง...../...../.....

วันที่อนุมัติ...../...../.....

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

กรณีศึกษาโครงสร้างตามแนวเส้นทางหลวงหมายเลข 1 บริเวณสามแยกพุดแค จังหวัดสระบุรี

นาย คณิศร วงศ์สีแก้ว

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชา

กรณีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

STRUCTURAL GEOLOGY ALONG HIGHWAY NO.1 AT PU-KAE
JUNCTTION, CHANGWAT SARABURI

Mr. KANITSORN WONGSEEKAEW

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE,

DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE,

CHULALONGKORN UNIVERSITY, 2013

หัวข้อ	ธรณีวิทยาโครงสร้างตามแนวเส้นทางหลวงหมายเลข 1 บริเวณสามแยก พุกแค จังหวัดสระบุรี
ชื่อ-สกุล	นายคณิศร วงศ์สีแก้ว
รหัสนิสิต	533 27029 23
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์

บทคัดย่อ

หินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี มีความยาว 300 เมตร วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ ลักษณะทางธรณีวิทยาของหินโผล่ดังกล่าวประกอบไปด้วย หินดินดาน หินเชิร์ต และ หินตะกอนที่ถูกแทนที่ด้วยซิลิกา ลักษณะที่พบ สีสดสีน้ำตาลเข้ม สีฝุ่นน้ำตาลแดง เนื้อหินมีลักษณะเนื้อละเอียด แทรกสลับกับชั้นหินทรายแป้ง อยู่ในมหายุคเพอร์เมียน

การสำรวจภาคสนาม และ การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคได้ถูกนำมาศึกษา และ วิเคราะห์ร่วมกันเพื่อใช้ในการอธิบาย ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ และ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี ซึ่งพบว่าหินในพื้นที่ศึกษามีลักษณะธรณีโครงสร้างเฉพาะชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว (Chevron fold) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิ่ม (Ductile deformation) ของชั้นหินที่มีค่าเฉลี่ยในการโค้งงอของหินโดยรวมต่ำ (Low mean ductility) และ มีค่าความแตกต่างของการโค้งงอของหินสูง (High ductility contrast) โดยมีกระบวนการคดโค้งหลัก คือ การไถลตามชั้นหิน (Flexural slip) ซึ่งสังเกตได้จากโครงสร้างสายแร่รูปร่าง sigmoid ในเขตรอยเลื่อน (Shear zone) หรือ แนวรอยเลื่อน (Fault), การเลื่อนตำแหน่งของสายแร่ตามแนวการวางตัวของชั้นหิน และ ตามแนวฟันในชั้นหินในแผ่นหินบาง โครงสร้างที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะที่พบ (Brittle deformation) คือ โครงสร้างรอยแตกสามแนว ได้แก่ แนวตั้งฉากกับแนวการวางตัวของชั้นหิน, แนวขนานกับแนวระดับของชั้นหิน และ แนวตั้งฉากกับแนวระดับของชั้นหิน โดยพัฒนาขึ้นเมื่อชั้นหินคดโค้งเกิดการเปลี่ยนแปลงจนเกินแนวระดับกั้นการเปลี่ยนสภาพแบบอ่อนนิ่ม (Threshold strength)

คำสำคัญ : ธรณีวิทยาโครงสร้าง, หินโผล่ทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี, ชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว

Title STRUCTURAL GEOLOGY ALONG HIGHWAY NO.1 AT PU-KAE
JUNCTTION, CHANGWAT SARABURI

Present by Mr. Kanitsorn Wongseekaew

ID 533 27029 23

Advisor Associate Dr. Pitsanupong Kanjanapayont

Abstract

Outcrop along highway No.1 at Phu Kae Junction Changwat Saraburi is a 300 meters long Road-cut that lies along NNW – SSE trending. This Permian Outcrop consists of shale, chert and silicified sedimentary rock interbedded with thinly bedded mudstone.

Field observation and microstructure studied are used together to explain structural characteristic and evolution of progressive deformation of road-cut outcrop along highway No.1 at Phu Kae Junction Changwat Saraburi. The structural characteristic of study area is chevron fold which is the result of ductile deformation of a low mean ductility rock with high ductility contrast. Flexural slip folding is the main mechanism of folding as indicated by sigmoid vein in shear zone or fault zone, veins offset along the bedding and pressure solution seams. Joint, the result of brittle deformation, are also observed. Three joint sets are identified; strike parallel, strike perpendicular and bed parallel sets. The exceeding of threshold strength changes the deformation styles from ductile deformation to brittle deformation.

Keyword: structural characterization, Road-cut outcrop along highway No.1 at Phu Kae Junction Changwat Saraburi, chevron fold

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนทางด้านงบประมาณ และ ค่าใช้จ่ายในการศึกษาครั้งนี้ รวมไปถึงเครื่องมือ และ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำงานในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณอย่างสูงแก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงษ์ การบุญพนธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยในครั้งนี้ อาจารย์ได้เสียสละเวลามาช่วยเหลือในการสำรวจภาคสนาม การเก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง และ ให้คำปรึกษาในขั้นตอนนี้ต่าง ๆ ระหว่างการดำเนินงานวิจัยอย่างเต็มที่

ขอบคุณโครงการ Summer Undergraduate Research in Geosciences and Engineering (SURGE), School OF Earth Sciences, Stanford University และ Prof. Atilla Aydin สำหรับคำแนะนำต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการเข้าร่วมโครงการดังกล่าว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
1.1) พื้นที่ศึกษา (Location)	1
1.2) วัตถุประสงค์ (Objective)	2
1.3) ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)	2
1.4) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected output)	2
1.5) ธรณีวิทยาบริเวณไพศาล (Regional geology)	3
1.6) การแปรสัณฐาน (Tectonic setting)	4
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)	6
2.1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และ วิธีการศึกษาเบื้องต้น	8
2.1.1) ศึกษารายงาน และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1.2) ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลทางธรณีโครงสร้างจากการสำรวจภาคสนาม และ การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope)	8
2.2) สำรวจภาคสนาม	9
2.2.1) ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ และ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะ	9
2.2.2) เก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen)	9
2.3) ศึกษาในห้องปฏิบัติการ	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.1 กำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า	10
2.3.2 ศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาค (microstructure) จากแผ่นหินขัดบาง ด้วยกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ (polarizing microscope)	11
2.4) รวบรวม และ วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา	12
2.4.1 ข้อมูลลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างระดับกลาง	12
2.4.2 ข้อมูลลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค	12
2.5) สรุปผลการศึกษา และ นำเสนอ	12
บทที่ 3 ผลการศึกษา (Result)	13
3.1) ธรณีวิทยา (Geology)	13
3.2) ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural geology)	16
3.2.1 ระดับกลาง (Mesoscopic scale)	16
3.2.2 ระดับจุลภาค (Microscopic scale)	25
บทที่ 4 อภิปรายผล (Discussion)	28
4.1) ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ (Structural characterization)	28
4.2) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (Evolution of progressive deformation)	31
บทที่ 5 สรุปผล (Conclusion)	34
เอกสารอ้างอิง	35

สารบัญภาพ

	หน้า
รูป 1.1 ภาพดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณสามแยกพุกแคอำเภอลำปาง จังหวัดพะเยา	2
รูป 1.2 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณสามแยกพุกแคจังหวัด พะเยา (After Ueno & Charoentitirat, 2011)	3
รูป 2.1 แผนภาพแสดงรายละเอียดของขั้นตอนการทำงานวิจัย	7
รูป 2.2 แสดงชนิดของตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (shear sense indicators) ของโครงสร้างจุลภาคในแผ่นหินบาง (Passchier and Trouw, 2005)	8
รูป 2.3 แสดงชนิดของตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (shear sense indicators) ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแบบอ่อนนืดของโครงสร้างจุลภาคในแผ่นหินบาง (Passchier and Trouw, 2005)	9
รูป 2.4 แสดงการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (Passchier and Trouw, 2005)	10
รูป 2.5 แสดงตัวอย่างแผ่นหินที่ยึดติดกับแผ่นสไลด์ สำหรับนำไปขัดเพื่อทำแผ่นหินบาง	11
รูป 3.1 แสดงหินดินดาน หินเชิร์ต และ หินตะกอนที่ถูกแทนที่ด้วยซิลิกา แทรกสลับกับชั้นบางของหินทรายแป้ง	13
รูป 3.2 แสดงรายละเอียดของเนื้อหินเนื้อหินที่เปลี่ยนแปลงแบบแตกเปราะ โดยมีแนวรอยแตกวางตัวขนานและตั้งฉากกับแนวการวางตัวของชั้นหิน และ แนวรอยแตกมีการแทรกของสายแร่ควอตซ์ตัดผ่าน	14
รูป 3.3 แสดงรายละเอียดของเนื้อหินเนื้อละเอียดที่มีการแทนของแร่ซิลิกา ประกอบด้วยเม็ดแร่ออสซิลอนของควอตซ์บนเนื้อพื้นซึ่งเป็นเม็ดตะกอนเนื้อละเอียด (PPL)	15
รูป 3.4 แสดงรายละเอียดของเนื้อหินเนื้อละเอียดที่มีการแทนของแร่ซิลิกา ประกอบด้วยเม็ดแร่ออสซิลอนของควอตซ์บนเนื้อพื้นซึ่งเป็นเม็ดตะกอนเนื้อละเอียด (PPL)	15
รูป 3.5 แสดงหินโผล่ที่ศูได้สุด บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดพะเยา ชั้นหินมีมุมการเอียงสูง โดยความหนาของชั้นหินมีความหนาใกล้เคียงกันในแต่ละชั้น พบการตัดปลายของแนวการวางตัวของชั้นหินเป็นตัวบ่งชี้ของแนวรอยเลื่อน	16

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.6 แสดงภาพวาดแสดงลักษณะการวางตัวของแนวชั้นหิน และ ลักษณะธรณีวิทยา โครงสร้างของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี มีลักษณะค โค้งแบบหน้าจั่วมีการวางตัวของแนวรอยเลื่อนกึ่งขนาน และหรือ ขนานกับแนวการวางตัว ของชั้นหิน	16
รูป 3.7 แสดงหินโผล่ทิศใต้สุด บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี	17
รูป 3.8 แสดงหินโผล่ต่อเนื่องจากทิศใต้สุด บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี	18
รูป 3.9 แสดงหินโผล่ทิศเหนือสุด และ รูปวาดแนวการวางตัวของชั้นหิน บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี	19
รูป 3.10 แสดงหินโผล่ทิศเหนือสุด และ รูปวาดแนวการวางตัวของชั้นหิน บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี	20
รูป 3.11 แสดงการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของชั้นหินในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟีก (equal-area stereographic net) การคำนวณเส้นชั้น และ แผนภาพเบตา จำนวน 60 ข้อมูล	21
รูป 3.12 แสดงการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของแนวรอยเลื่อนในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟีก (equal- area stereographic net) โดยมีค่าเฉลี่ยของแนวรอยเลื่อนทั้งสองแนว เป็นแนวอ้างอิง จำนวน 12 ข้อมูล	22
รูป 3.13 แสดงการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของโครงสร้างรอยแตกในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟีก (equal-area stereographic net) โดยมีค่าเฉลี่ยของการวางตัวของชั้นหินที่ทำการเก็บข้อมูล โครงสร้างรอยแตก เป็นแนวอ้างอิง จำนวน 42 ข้อมูล	23
รูป 3.14 แสดงการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของโครงสร้างรอยแตกในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟีก (equal-area stereographic net) จำนวน 42 ข้อมูล	24
รูป 3.14 แสดงการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของโครงสร้างรอยแตกในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟีก (equal-area stereographic net) โดยมีค่าเฉลี่ยของการวางตัวของชั้นหิน ที่ทำการเก็บข้อมูลโครงสร้างรอยแตก เป็นแนวอ้างอิง	22
รูป 3.15 แสดงแผ่นหินขัดบางของตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง มีลักษณะการวางตัวของชั้น หินตามแนวตรงโดยมีการวางตัวของแนวการเลื่อนตำแหน่งของสายแร่ตามแนวการ วางตัวของชั้นหินโดยสายแร่มีการวางตัวสองแนวโดยอาจเป็นแนวสายแร่ที่รวมเป็นคู่ (conjugate set)	25

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.16 แสดงแผ่นหินขัดบางของตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง แสดงรอยฟันในหิน และ การเลื่อนตำแหน่งของสายแร่ตามแนวการวางตัวของชั้นหิน และ แนวรอยฟันในหิน	26
รูป 3.17 รูปแสดงลักษณะการเกิดแนวรอยฟันในหินเนื่องจากการละลายจากกาได้รับแรงเค้นในหิน	26
รูป 3.18 แสดงแผ่นหินขัดบางของตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง แสดงรอยฟันในหิน	27
รูป 3.16 แสดงแผ่นหินขัดบางของตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง ลักษณะการวางตัวของชั้นหิน 24 ตามแนวตรงโดยมีการวางตัวของแนวการเลื่อนตำแหน่งของสายแร่ตามแนวการวางตัว ของชั้นหินโดยสายแร่มีการวางตัวสองแนวโดยอาจเป็นแนวสายแร่ที่รวมเป็นคู่ (conjugate set)	
รูป 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการคดโค้งของชั้นหิน กับค่าเฉลี่ยการคดโค้งของชั้นหิน และ ค่าความแตกต่างของการคดโค้งของชั้นหิน (Donath, 1963) โดยหินโผล่บริเวณทางหลวง หมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี มีค่าเฉลี่ยในการโค้งของหินโดยรวมมีค่าต่ำ และ มีค่า ความแตกต่างของการโค้งของหินสูง จึงมีการวิวัฒนาการของการคดโค้งของชั้นหิน แบบการไถลตามชั้นหิน (flexural slip) เป็นกระบวนการหลักในการการเกิดการคดโค้ง	29
รูป 4.2 รูปแสดงการไถลตามแนวชั้นหิน (flexural slip) ในชั้นหินคดโค้งแบบหน้าจั่ว	29
รูป 4.3 รูปแสดงการพัฒนาเขตรอยเฉือน หรือ แนวรอยเลื่อน ที่มีการวางตัวกึ่งขนาน และหรือ ขนานกับแนวการวางตัวของชั้นหิน เมื่อชั้นหินคดโค้งเกิดการเปลี่ยนแปลงจนเกินแนวระดับกัน การเปลี่ยนสภาพแบบอ่อนนิ่ม (threshold strength)	30
รูป 4.4 รูปแสดงการวิวัฒนาการของแนวโครงสร้างรอยแตกที่ตั้งฉากกับแนวการวางตัวของชั้นหิน	31
รูป 4.5 รูปแสดงการวิวัฒนาการของชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว และแนวโครงสร้างรอยแตกสองแนว ที่ตั้งฉาก และ ขนานกับแนวระดับของชั้นหิน	31
รูป 4.6 รูปแสดงการไถลตามชั้นหิน และ การเอียงเทของการวางตัวโดยรวมของชั้นหินคดโค้ง	32
รูป 4.7 รูปแสดงการพัฒนาเขตรอยเฉือน หรือ แนวรอยเลื่อน ที่มีการวางตัวกึ่งขนาน และหรือ ขนานกับแนวการวางตัวของชั้นหิน	32
รูป 4.8 รูปแสดงลักษณะการเปลี่ยนลักษณะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี	33

สารบัญญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูป 5.1 รูปแสดงแนวโครงสร้างรอยแตกทั้ง 3 แนว

34

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทยในอดีตบ่งชี้ว่าโครงสร้างหลักในประเทศไทยเป็นผลมาจากการชนกันของแผ่นจุลทวีปไซบิวมาสุและแผ่นจุลทวีปอินโดจีนในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนต้นถึงยุคไทรแอสซิกตอนปลายและอิทธิพลของการชนกันระหว่างแผ่นทวีปอินเดียและแผ่นทวีปยูเรเชียในช่วงยุคเทอร์เชียรี (Metcalf, 2013) โดยสภาพธรณีแปรสัณฐานแบ่งย่อยของประเทศไทยมีแนวอินทนนท์เป็นส่วนหนึ่งของมหาสมุทรที่ตีโบลาน และ แนวสุโขทัยเป็นหมู่เกาะรูปโค้ง (Ueno, 1999)

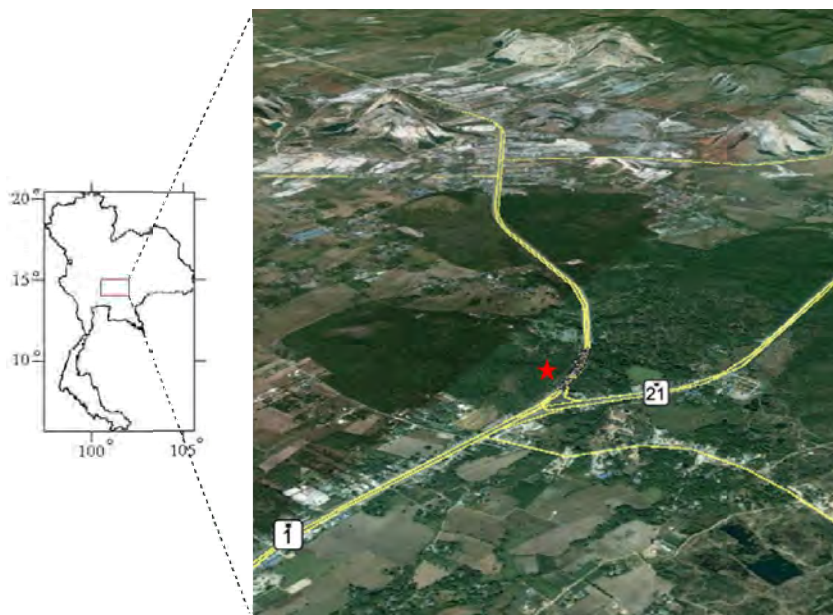
การศึกษาด้านธรณีวิทยาโครงสร้างก่อนยุคเทอร์เชียรีในประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคกลางนั้นยังไม่เพียงพอต่อการทำความเข้าใจสภาพธรณีวิทยาที่สลับซับซ้อนของประเทศไทย เช่น การกำหนดขอบเขตระหว่าง Inthanon Zone และ Sukhothai Zone ที่ยังไม่แน่ชัดในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย

หินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรีแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะคดโค้งและ รอยแตก มีศักยภาพในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะ และ ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะได้

การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปยังการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะ และ ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรีเพื่อทำความเข้าใจเปลี่ยนแปลงลักษณะ และ ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ

1.1 พื้นที่ศึกษา (Location)

หินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี (รูป 1.1) จัดอยู่ในหมวดหินชั้นบอน อายูอยู่ในยุคเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลาย ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน หินดินดาน เนื้อเชิร์ต และหินเชิร์ต แทรกสลับด้วยหินปูนสีเทา มีหินฟิลไลต์ และ หินชีสต์บ้าง หินเชิร์ตมีสีเทา และ สีน้ำตาลแสดงลักษณะเป็นชั้นบาง (Hinthon, 1985) ตั้งอยู่บนที่ราบภาคกลางประเทศไทย มีความยาวประมาณ 350 เมตร วางตัวในแนวทิศเหนือ - ใต้ และ ตั้งอยู่ใน จังหวัดสระบุรี



รูป 1.1 ภาพดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณสามแยกพุมแค อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรีจาก Google Earth

1.2 วัตถุประสงค์ (Objectives)

1. ศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุมแค จังหวัดสระบุรี
2. ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุม จังหวัดสระบุรี

1.3 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)

การศึกษารณีโครงสร้างหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุมแค อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี แบ่งออกเป็น 2 ระดับหลักคือ

1. ระดับกลาง (mesoscopic scale) เป็นการสำรวจภาคสนามซึ่งจะได้ข้อมูลเช่นข้อมูลการวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding), ข้อมูลแนวเส้น (lineation), ข้อมูลแนวแตก (joint) และ ตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) เป็นต้นข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปกำหนดตำแหน่งตาข่ายมิติสเตอริโอเน็ตชนิดพื้นที่เท่า

2. ระดับจุลภาพ (microscopic scale) ศึกษาแผ่นหินขัดบาง (thin section) จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาค (microstructure)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected output)

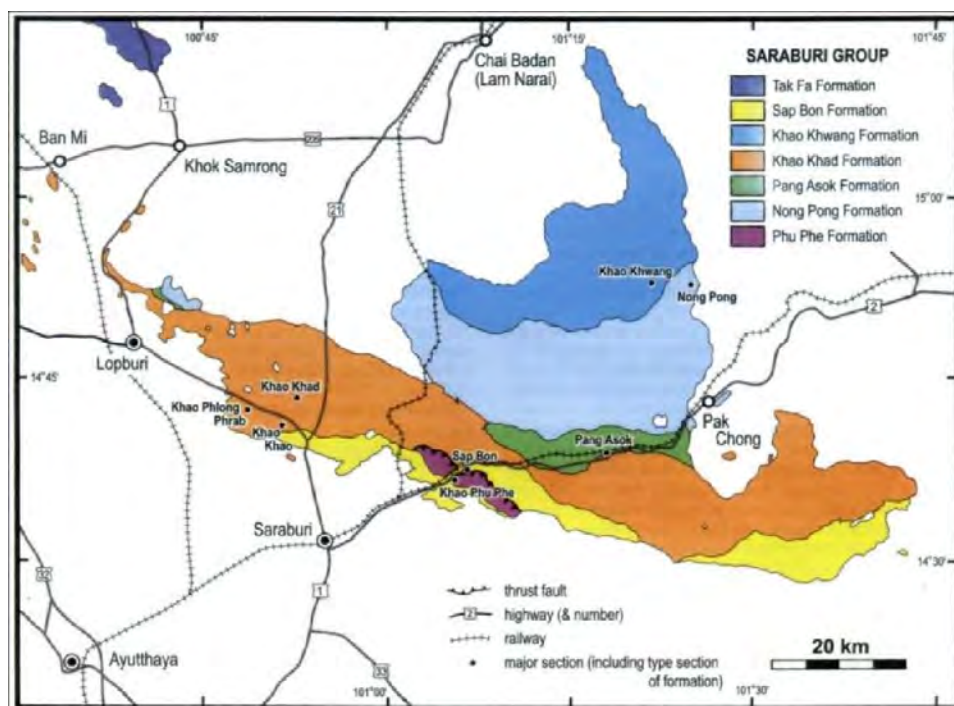
1. ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุมแค อำเภอ

เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี

2. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุดแค อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี

1.5 ธรณีวิทยาบริเวณไพศาล (Regional geology)

บริเวณสามแยกพุดแค มีพื้นที่ข้างเคียงประกอบด้วยหินหลากหลายช่วงอายุตั้งแต่ยุคเพอร์เมียนถึงควอเทอร์นารี โดยหินในยุคเพอร์เมียนมีลักษณะเด่นชัด เรียกว่า กลุ่มหินสระบุรี แบ่งออกเป็น 6 หมวดหิน (รูป 1.2) คือ หมวดหินซับบอน, หมวดหินเขาขาว, หมวดหินเขาขาด, หมวดหินปางอศอก, หมวดหินหนองโป่ง และ หมวดหินภูแพ



รูป 1.2 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณสามแยกพุดแค จังหวัดสระบุรี (After Ueno & Charoentitirat, 2011)

1) หมวดหินภูแพ (Pp) ประกอบด้วยหินปูนบางส่วนแทรกสลับด้วยหินดินดานกึ่งหินชนวนหินปูนมีสีเทาแกมชมพูมีหินเชิร์ตแทรกเป็นกะเปาะ และเป็นชั้นพบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟิวซูลินิด และ ไครนอยด์

2) หมวดหินเขาขาว (Pkg) ประกอบด้วยหินปูน และ โดโลไมต์แทรกด้วยหินดินดานหินทรายหินทรายเนื้อทัฟฟ์ และ หินภูเขาไฟบ้างหินปูนมีสีดำ และ สีเทา มีหินเชิร์ตแทรกเป็นกะเปาะหินดินดานหินทราย และ หินทรายเนื้อทัฟฟ์มีสีน้ำตาลอ่อน และ สีเทาแกมเขียวพบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟิวซูลินิด แบรคิโอพอด ปะการัง ไครนอยด์ และ สาหร่าย

3) หมวดหินหนองโป่ง (Pn) ประกอบด้วยหินปูนหินปูนเนื้อโดโลไมต์ และ หินโดโลไมต์แทรกด้วย หินดินดาน และ หินทราย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และ หินโดโลไมต์มีสีเทาแสดงลักษณะเป็นชั้นดี ชั้น บางถึงหนามากมีหินเชิร์ตแทรกเป็นกระจุก และ เป็นชั้นพบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟิวซิลินิด แบรคิโอพอด ปะการัง ฟองน้ำ และ สหรัยบางส่วนถูกแปรสภาพไปเป็นหินอ่อน และ หินแคลก์ซิลิเกต

4) หมวดหินปางอโศก (Ppa) ประกอบด้วยหินดินดานหินดินดานกึ่งหินชนวน และ หินชนวนแทรกด้วยหินทรายเป็นเลนส์ และ ชั้นหินปูนหินดินดานหินดินดานกึ่งหินชนวน และ หินชนวนมีสีเทาสีขี้ม้า และ สีน้ำตาลแสดงลักษณะเป็นชั้นบาง

5) หมวดหินเขาขาด (Pkd) ประกอบด้วยหินปูนหินปูนเนื้อโดโลไมต์ และ หินโดโลไมต์แทรกด้วย หินดินดาน และ หินทราย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และ หินโดโลไมต์มีสีเทาแสดงลักษณะเป็นชั้นดี ชั้น บางถึงหนามากมีหินเชิร์ตแทรกเป็นกระจุก และ เป็นชั้นพบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟิวซิลินิด แบรคิโอพอด ปะการัง ฟองน้ำ และ สหรัย บางแห่งแปรสภาพไปเป็นหินอ่อน และ หินแคลก์ซิลิเกต

6) หมวดหินทับบอน (Ps) ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน หินดินดานเนื้อเชิร์ต และ หินเชิร์ตแทรกสลับด้วยหินปูนสีเทามีหินฟิลไลต์ และ หินสีสต์บ้าง หินเชิร์ตมีสีเทา และ สีน้ำตาลแสดงลักษณะเป็นชั้นบาง

1.6 การแปรสัณฐาน (Tectonic setting)

ธรณีวิทยาโครงสร้าง และ วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทยนั้นมีความสัมพันธ์กับการก่อเทือกเขาหิมาลัย (Himalaya Orogeny) ซึ่งเป็นกระบวนการก่อเทือกเขาในมหาสมุทรอินเดีย (Morley, 2002) โดยการก่อเทือกเขากิมาลัยพัฒนามาจากอิทธิพลการชนกันของแผ่นทวีปอินเดีย และ แผ่นทวีปยูเรเชียในช่วยยุคเทอร์เชียรี ส่งผลมายังเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Lacassin et al., 1997; Tapponnier et al., 1986) และ ในช่วงสมัยกลางอีโอซีน และ สมัยกลางไมโอซีน แผ่นทวีปอินเดียเคลื่อนที่ไปด้านบน และ เกิดการหมุนตามเข็มนาฬิกามากกว่า 100° ส่งผลให้เกิดรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW - SE) เช่น เขตรอยเลื่อนแม่ปิง และ เขตรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ในภาคกลาง และ ภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งรอยเลื่อนเหล่านี้ตัดผ่านไประหว่างด้านตะวันตกของแผ่นจุลทวีปอินโดจีน และวางตัวขนานกับรอยเลื่อนแม่น้ำแดง (red river fault) ในประเทศจีน โดยหินไนส์ลานสางเป็นหลักฐานสำคัญที่แสดงการเฉือนแบบอ่อนนึ่งเคลื่อนที่แบบซ้ายเข้า (ductile left-lateral shear) พบในหินไนส์ลาน

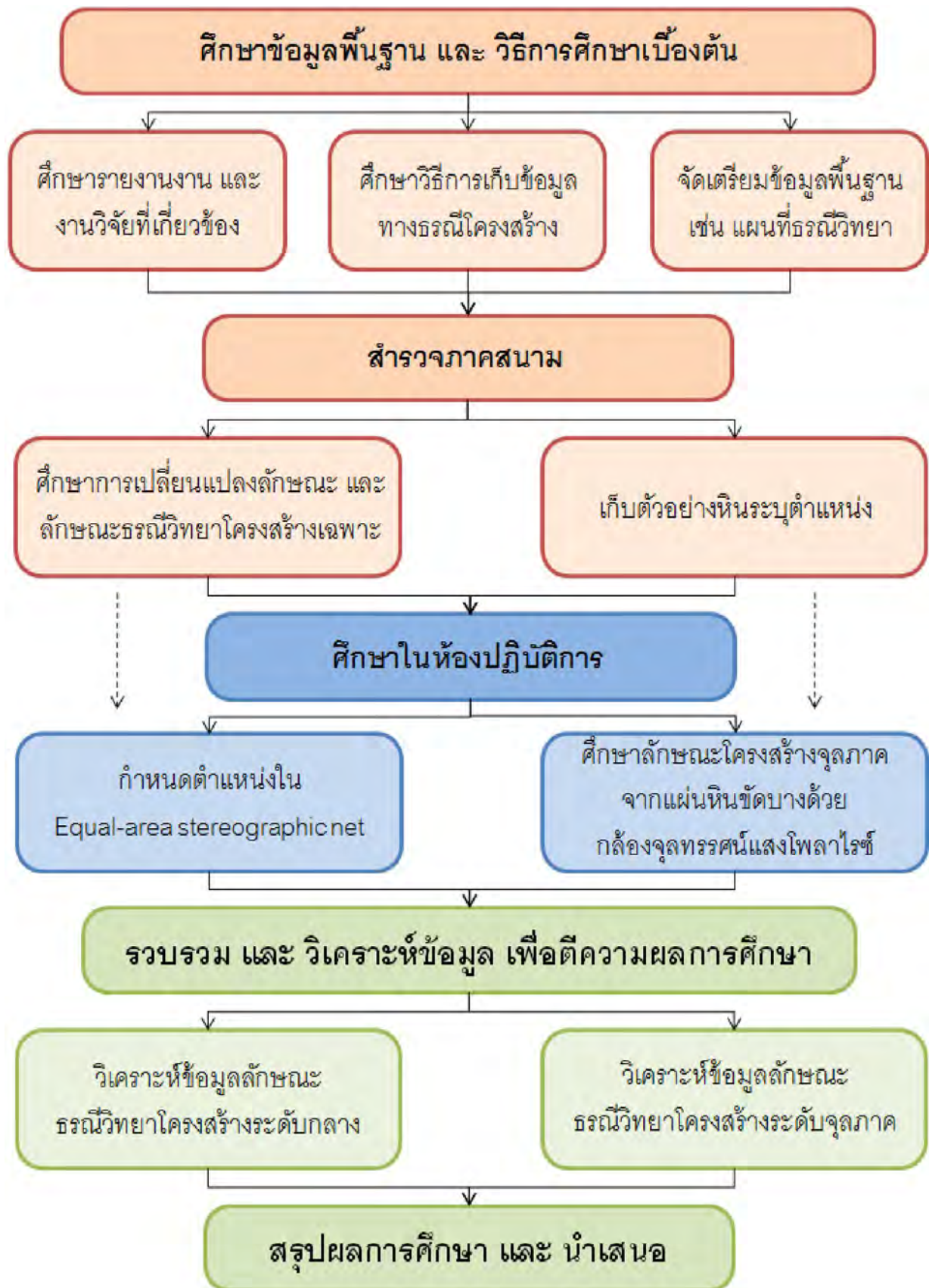
สง ซึ่งจากการหาอายุโดย $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ในบริเวณนี้แสดงช่วงอายุประมาณ 30.5 Ma จึงสันนิษฐานว่าการ
เดือนแบบอ่อนนึ่งเคลื่อนที่แบบซ้ายเข้าเกิดในช่วงสมัยต้นถึงปลายโอลิโกซีน (Lacassin et al., 1993,
1997)

บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

ระเบียบวิธีวิจัยของงานวิจัยนี้ แสดงรายละเอียดในแผนภาพ (รูป 2.1) แบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- 2.1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และ วิธีการศึกษาเบื้องต้น
 - 2.1.1 ศึกษารายงาน และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 2.1.2 ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลทางธรณีโครงสร้างจากการสำรวจภาคสนาม และ การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope)
- 2.2) สำรวจภาคสนาม
 - 2.2.1 ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ และ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะ
 - 2.2.2 เก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen)
- 2.3) ศึกษาในห้องปฏิบัติการ
 - 2.3.1 กำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์โอราฟิกชนิดพื้นที่เท่า
 - 2.3.2 ศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาค (microstructure) จากแผ่นหินขัดบางด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope)
- 2.4) รวบรวม และ วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา
 - 2.4.1 ข้อมูลลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างระดับกลาง
 - 2.4.2 ข้อมูลลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค
- 2.5) สรุปผลการศึกษา และ นำเสนอ



รูป 2.1 แผนภาพแสดงรายละเอียดของขั้นตอนการทำงานวิจัย

2.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และวิธีการศึกษาเบื้องต้น

2.1.1 ศึกษารายงาน และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

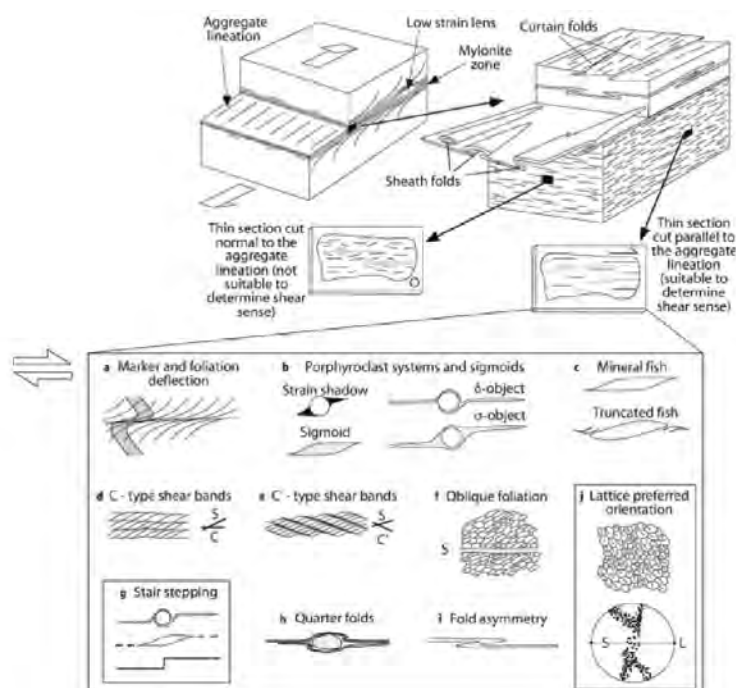
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

- ข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไปในพื้นที่ศึกษา
- ข้อมูลการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ และ ค่าการวางตัวของธรณีโครงสร้าง
- ตัวอย่างหินจากภาคสนาม
- ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ และ ธรณีวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์

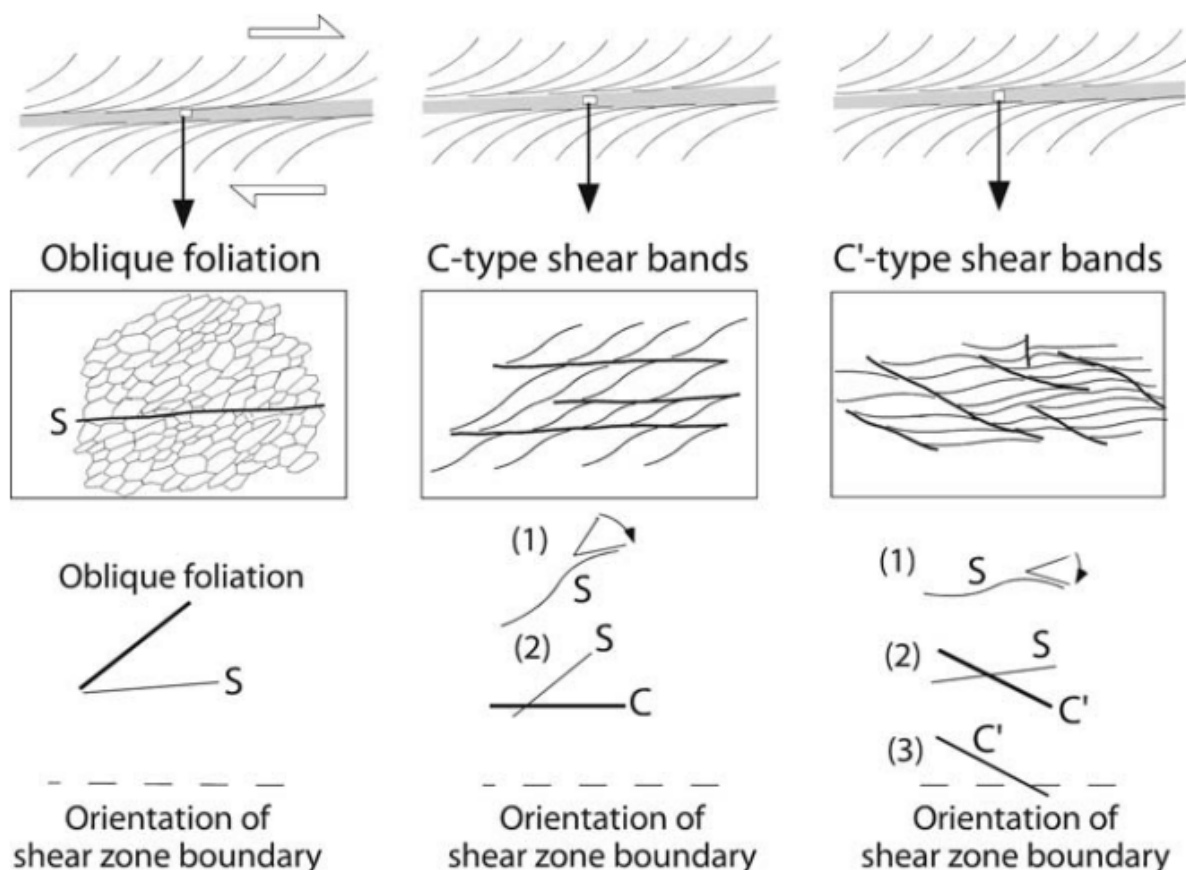
(polarizing microscope)

2.1.2 ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลทางธรณีโครงสร้างจากการสำรวจภาคสนาม และการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope)

โครงสร้างจุลภาคจะทำการศึกษาในแผ่นหินบาง (thin section) จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) ที่เก็บมาจากพื้นที่ศึกษา โดยจะนำมาศึกษาในเรื่องโครงสร้างในระดับจุลภาค สิวาธรณิกภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope) เกี่ยวกับทิศทางการเฉือน กลไกการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินในพื้นที่ (รูป 2.2 และ 2.3) แร่ประกอบหิน และ ลักษณะเนื้อหินที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงลักษณะ



รูป 2.2 แสดงชนิดของตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (shear sense indicators) ของโครงสร้างจุลภาคในแผ่นหินบาง (Passchier and Trouw, 2005)



รูป 2.3 แสดงชนิดของตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (shear sense indicators) ในริ้วขนานในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแบบอ่อนนิ่ม ของโครงสร้างจุลภาคในแผ่นหินบาง (Passchier and Trouw, 2005)

2.2 สํารวจภาคสนาม

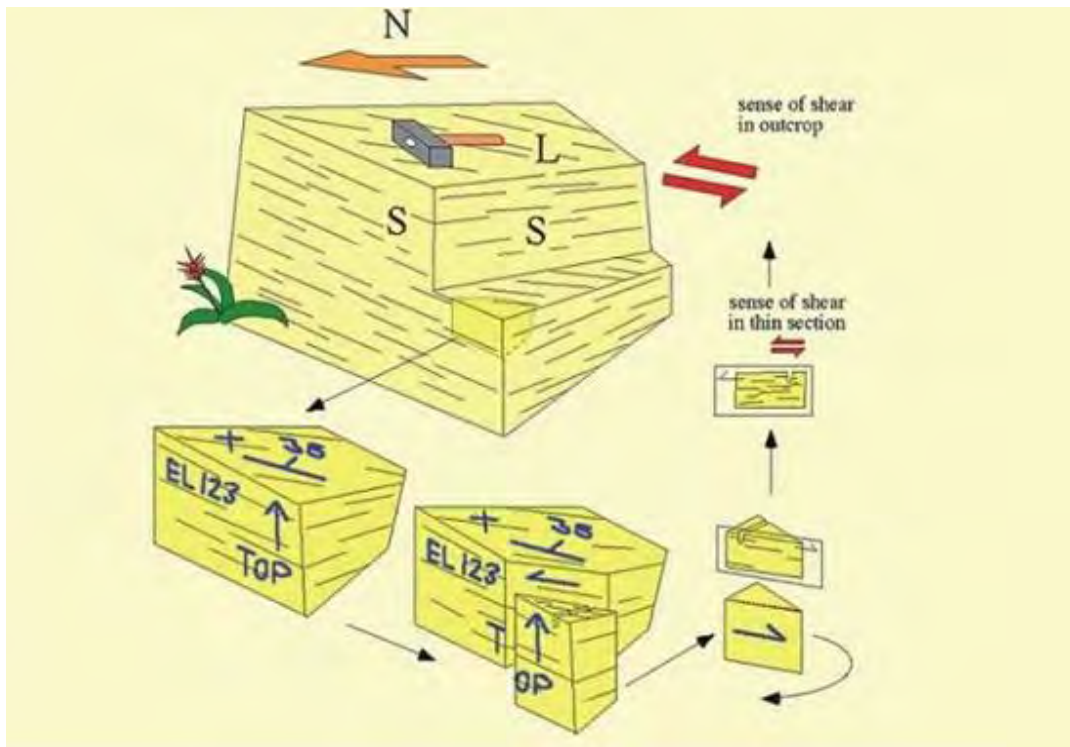
2.2.1 ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างจากหินโผล่ และเก็บข้อมูลพื้นที่

ทำการเก็บข้อมูลในภาคสนามโดยใช้เข็มทิศธรณีวิทยา ซึ่งค่าการวางตัวของธรณีวิทยาโครงสร้างที่วัดประกอบด้วย strike/dip angle และ trend/plunge ของริ้วขนาน (foliation) การวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding) โครงสร้างแนวเส้น (lineation) แกนชั้นหินคดโค้ง (fold axis) แนวแตก (joint) ผิวรอยครูด (slickenside) ลักษณะทางกายภาพของหินโผล่ และ ลักษณะโครงสร้างบ่งชี้อื่นๆที่พบในภาคสนาม จากนั้นทำการถ่ายรูปเก็บไว้เป็นหลักฐาน

2.2.2 เก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen)

เก็บโดยมีขนาดไม่น้อยกว่า 15 ซม. x 15 ซม. x 15 ซม. เพื่อนำกลับมาวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาค ซึ่งตัวอย่างหินที่นำกลับมาจะต้องบันทึกค่าระนาบการวางตัวอย่างน้อยหนึ่งระนาบ ลงบนหินตัวอย่าง (oriented Sample) เพื่อใช้เป็นระนาบอ้างอิง (รูป 2.4) ทำให้ทราบถึงการวางตัวของระนาบการ

บิตเบี้ยวเดิมของหินในหินโผล่ที่เราเก็บมาจากการสำรวจภาคสนามเมื่อเรานำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ



รูป 2.4 แสดงการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (Passchier and Trouw, 2005)

2.3 ศึกษาในห้องปฏิบัติการ

2.3.1 กำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิก (equal-area stereographic net) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram)

ข้อมูลสำหรับการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลขหนึ่งสามแยกพู่แค จังหวัดสระบุรีนั้น ข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ การวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding) แนวแตก (joint) แนวชั้นหินคดโค้ง (fold) หรือ โครงสร้างอื่น ๆ ที่พบในภาคสนาม เพื่อดูลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ และการเปลี่ยนแปลงในระดับกลาง (mesoscopic scale) ที่ปรากฏของแต่ละจุดศึกษา แล้วนำมาวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างภาพรวมของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพู่แค จังหวัดสระบุรี จากนั้นทำการถ่ายรูปลักษณะหินโผล่ และ ธรณีวิทยาโครงสร้างที่ปรากฏชัดเจน

ข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิก (equal-area stereographic Net) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) เพื่อใช้วิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างซึ่งจะนำมาใช้ตีความหาความสัมพันธ์ระหว่างธรณีวิทยาโครงสร้างแต่ละชนิดที่พบ และ ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพู่แค จังหวัดสระบุรีได้

2.3.2 ศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาค (microstructure) จากแผ่นหินขัดบางด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope)

แผ่นหินขัดบางจากหินตัวอย่างระบุตำแหน่ง สามารถนำมาศึกษาโครงสร้างจุลภาค (microstructure) ที่ปรากฏของแต่ละจุด โดยใช้ประกอบกับข้อมูลการวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding) แนวแตก (joint) แนวชั้นหินคดโค้ง (fold) หรือ โครงสร้างอื่น ๆ ที่พบในภาคสนามนำมาวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ และการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินใฝ่ลุ่มบริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี) ซึ่งในขั้นตอนการทำแผ่นหินบาง (thin section) เพื่อให้แสดงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค (microstructure) ที่ชัดเจนและถูกต้องมากที่สุด มีลำดับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังนี้

1) นำตัวอย่างระบุตำแหน่ง (oriented sample) มาพิจารณาแนวการวางตัวของริ้วขนาน (foliation) โครงสร้างแนวเส้น (lineation) จากนั้นวางแนวการตัดให้ตั้งฉากกับริ้วขนานและตั้งฉากกับแนวเส้นเพื่อดูลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่เกิดจากแนวความเค้นมากที่สุด (maximum stress) ที่กระทำต่อหินในพื้นที่

2) พิจารณาแบ่งลักษณะเนื้อหินเลือกบริเวณที่ต้องการโดยอาศัยลักษณะเนื้อหินแนวรอยต่อระหว่างเนื้อหิน และลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้าง ตัดแผ่นหินให้ได้ขนาดเหมาะสมกับแผ่นกระจกใส โดยให้ทำสัญลักษณ์ที่ด้านบน (top)

3) นำด้านล่าง (bottom) ของแผ่นหินที่พร้อมติดสไลด์มาติดกับสไลด์ (ระวังอย่าติดสไลด์ที่ด้านบนของแผ่นหิน มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ได้ (รูป 2.5)

4) ดำเนินการทำแผ่นหินบางตามขั้นตอนปกติ



รูป 2.5 แสดงตัวอย่างแผ่นหินที่ยึดติดกับแผ่นสไลด์ สำหรับนำไปขัดเพื่อทำแผ่นหินบาง

2.4 รวบรวม และ วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตีความผลการศึกษา

โดยข้อมูลที่รวบรวมมาจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

2.4.1 ข้อมูลลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างระดับกลาง

2.4.2 ข้อมูลลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม และจากการกำหนดตำแหน่งใน equal-area stereographic net และ rose diagrams เพื่อวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างทั้งในระดับกลาง (mesoscopic scale) และระดับจุลภาค (microscopic scale) โดยวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (deformation) ทิศทางของการเฉือน (sense of shear) แนวหลักของริ้วขนาน (foliation) โครงสร้างแนวเส้น (lineation) แนวแตก (joint) ของหินในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด เป็นต้น

2.5 สรุปผลการศึกษา และ นำเสนอ

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการศึกษา มาอภิปรายลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี และ อภิปรายลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี โดยวิเคราะห์ร่วมกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้สนับสนุนข้อมูลผลการศึกษาที่มีความสอดคล้องกัน และ สรุปผลการศึกษาจากผลการศึกษาทั้งหมด และ นำข้อมูลทั้งหมดในงานวิจัยครั้งนี้ เช่น ผลการศึกษา อภิปราย และ สรุปผลการศึกษาไปนำเสนอในรูปแบบสัมมนา และ จัดทำรูปเล่มรายงาน

บทที่ 3

เนื้อหาในบทนี้ จะเป็นการแสดงผลลัพธ์ทั้งหมดจากการศึกษาระดับกลางระดับกลาง (mesoscopic scale) โดยการออกภาคสนาม และ จาการศึกษาในระดับจุลภาค (microscopic scale) โดยการศึกษากายใต้แผ่นหินขัดบาง (thin section) ของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ธรณีวิทยา (Geology)

ธรณีวิทยาของของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี จากการศึกษาแผนที่ธรณีวิทยา จัดอยู่ในหมวดหินชั้นบอน กลุ่มหินสระบุรี ประกอบด้วย เป็นหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน หินดินดานเนื้อเชิร์ต และ หินเชิร์ตแทรกสลับด้วยหินปูนสีเทา มีหินฟิลไลต์ และ หินซีสต์บ้าง หินเชิร์ตมีสีเทา และ สีน้ำตาลแสดงลักษณะเป็นชั้นบาง (Hinthong, 1981) และ จากการศึกษาหินโผล่จากการสำรวจภาคสนามโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรีจัดเป็น หินดินดาน หินเชิร์ต และ หินตะกอนที่ถูกแทนที่ด้วยซิลิกา แทรกสลับกับชั้นบางของหินทรายแป้ง (รูป 3.1)



รูป 3.1 แสดงหินดินดาน หินเชิร์ต และ หินตะกอนที่ถูกแทนที่ด้วยซิลิกาแทรกสลับกับชั้นบางของหินทรายแป้ง

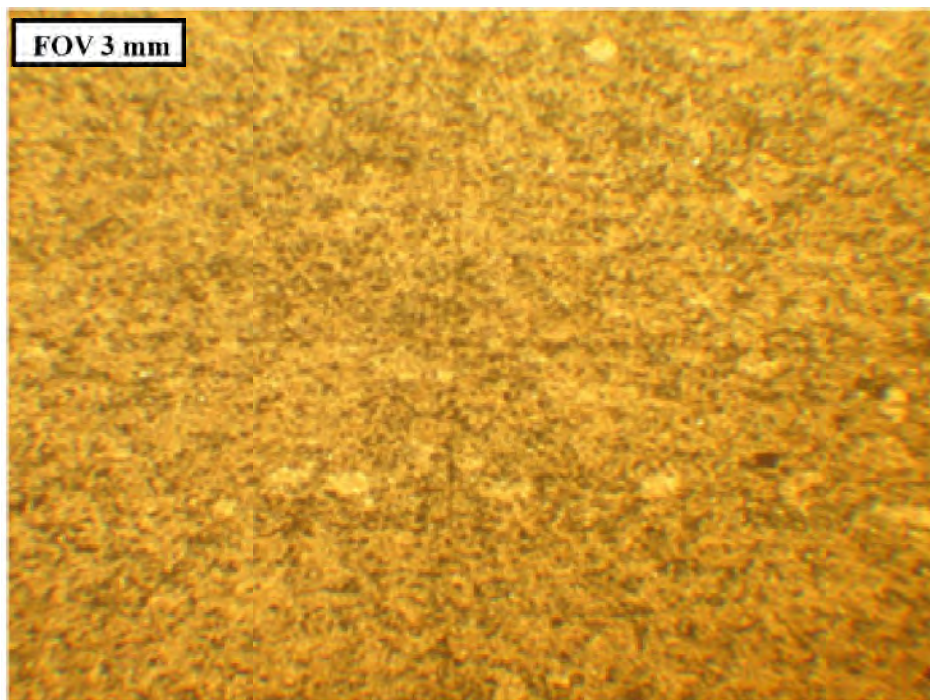
หินดินดาน หินเชิร์ต และ หินตะกอนที่ถูกแทนที่ด้วยซิลิกา

หินดินดาน หินเชิร์ต และ หินตะกอนที่ถูกแทนที่ด้วยซิลิกาที่พบมีลักษณะ สีสดสีน้ำตาลเข้ม สีฝุ่นเป็นสีน้ำตาลแดง เนื้อหินมีลักษณะเนื้อละเอียด เนื้อหินแสดงการเปลี่ยนแปลงแบบแตกเปราะให้เห็น โดยมีแนวรอยแตกวางตัวขนานและตั้งฉากกับแนวการวางตัวของชั้นหิน และ แนวรอยแตกมีการแทรกของสายแร่ควอตซ์ตัดผ่าน (รูป 3.2)

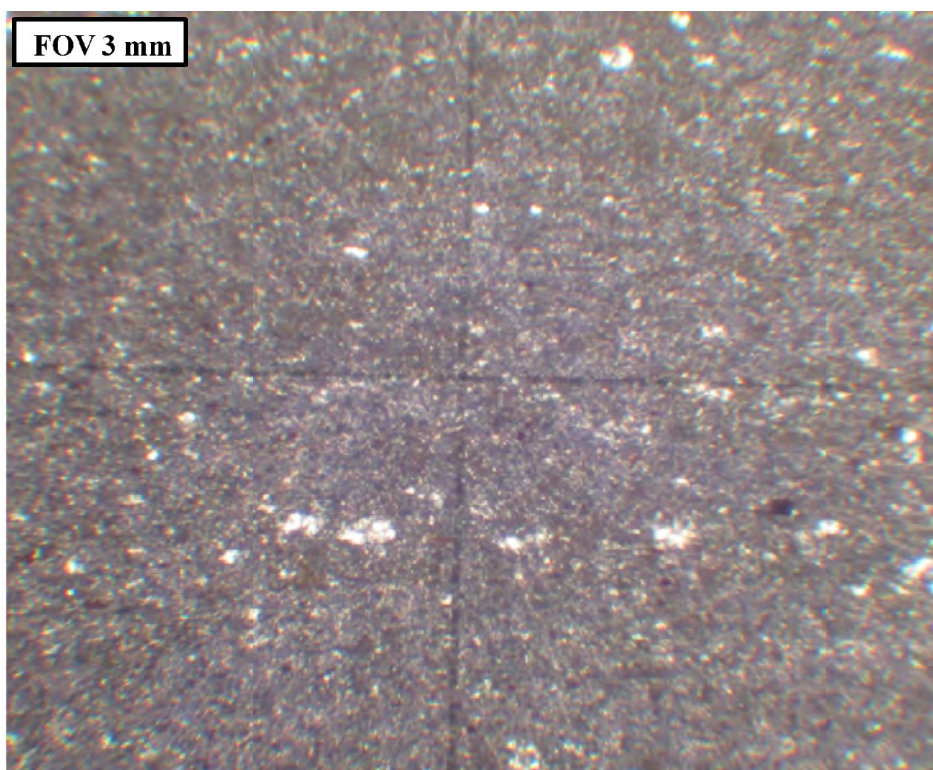


รูป 3.2 แสดงรายละเอียดของเนื้อหินเนื้อหินที่เปลี่ยนแปลงแบบแตกเปราะ โดยมีแนวรอยแตกวางตัวขนานและตั้งฉากกับแนวการวางตัวของชั้นหิน และ แนวรอยแตกมีการแทรกของสายแร่ควอตซ์ตัดผ่าน

โดยการศึกษารายละเอียดแผ่นหินขัดบาง (thin section) พบลักษณะเนื้อหินเนื้อละเอียด มีการแทนที่ของแร่ซิลิกา อาจเรียกว่าหิน porcelanite (หินตะกอนเนื้อละเอียดที่มีการแทนที่องซิลิกา มีลักษณะเนื้อหินและการแตกคล้ายเครื่องปั้นดินเผาที่ไม่ได้เคลือบ) หรือ โดยทั่วไปอาจเรียกว่าหิน เชิร์ต (รูป 3.3 และ 3.4)



รูป 3.3 แสดงรายละเอียดของเนื้อหินเนื้อละเอียดที่มีการแทนของแร่ซิลิกา ประกอบด้วยเม็ดแร่สัณฐานของควอตซ์บนเนื้อพื้นซึ่งเป็นเม็ดตะกอนเนื้อละเอียด (PPL)



รูป 3.4 แสดงรายละเอียดของเนื้อหินเนื้อละเอียดที่มีการแทนของแร่ซิลิกา ประกอบด้วยเม็ดแร่สัณฐานของควอตซ์บนเนื้อพื้นซึ่งเป็นเม็ดตะกอนเนื้อละเอียด (CPL)

3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural Geology)

การวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี แบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ ได้แก่

1. ระดับกลาง (mesoscopic scale) จากการสำรวจภาคสนาม
2. ระดับจุลภาค (microscopic scale) จากการศึกษแผ่นหินขัดบาง (thin section) จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาค (microstructure)

3.2.1 ระดับกลาง (Mesoscopic scale)

ข้อมูลพื้นที่จากการสำรวจภาคสนามโดย (รูป 3.5 และ 3.6) ใช้เข็มทิศธรณีวิทยา ได้แก่ strike/dip angle และ trend/plunge ของริ้วขนาน (foliation) การวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding) โครงสร้างแนวเส้น (lineation) แกนชั้นหินคดโค้ง (fold axis) แนวแตก (joint) ผิวรอยคูด (slickenside) และ แนวรอยเลื่อน (fault) ซึ่งข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิก (equal-area stereographic net) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ และ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี



รูป 3.5 แสดงหินโผล่ที่ชัดที่สุด บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี ชั้นหินมีมุมการเอียงเทสูง โดยความหนาของชั้นหินมีความหนาใกล้เคียงกันในแต่ละชั้น พบการตัดปลายของแนวการวางตัวของชั้นหินเป็นตัวบ่งชี้ของแนวรอยเลื่อน



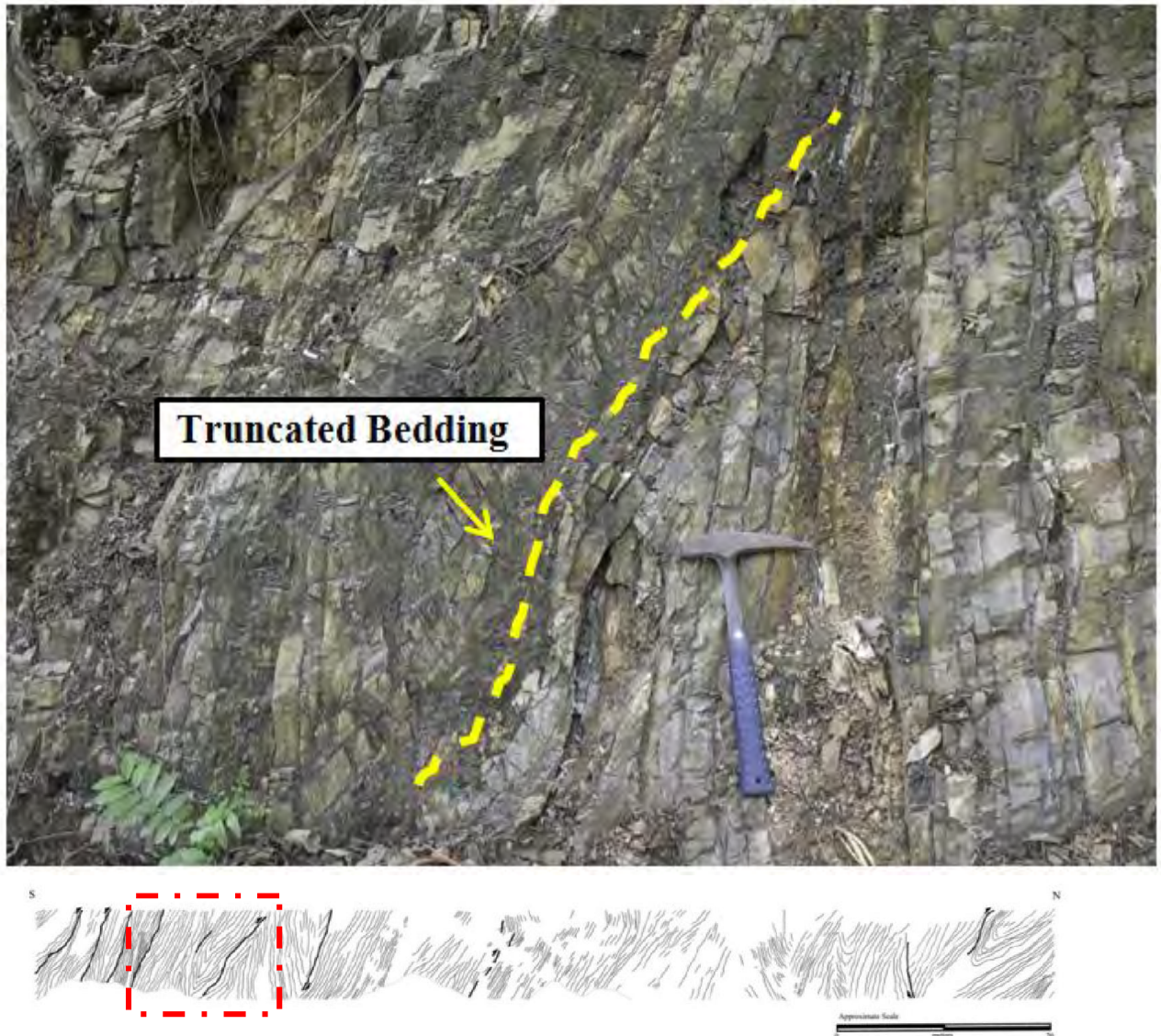
รูป 3.6 แสดงภาพวาดแสดงลักษณะการวางตัวของแนวชั้นหิน และ ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี มีลักษณะคดโค้งแบบหน้าจั่ว มีการวางตัวของแนวรอยเลื่อนกึ่งขนาน และหรือ ขนานกับแนวการวางตัวของชั้นหิน

ทางทิศใต้สุดของหินโผล่ (รูป 3.7) บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุแค จังหวัดสระบุรี ชั้นหินมีมุมการเอียงเทสูง โดยความหนาของชั้นหินมีความหนาใกล้เคียงกันในแต่ละชั้น มีชั้นหินทรายแป้งบางเทรแกสลับ พบการตัดปลายของแนวการวางตัวของชั้นหินเป็นตัวบ่งชี้ของแนวรอยเลื่อน หรือ การแปรสภาพแบบแตกเปราะ



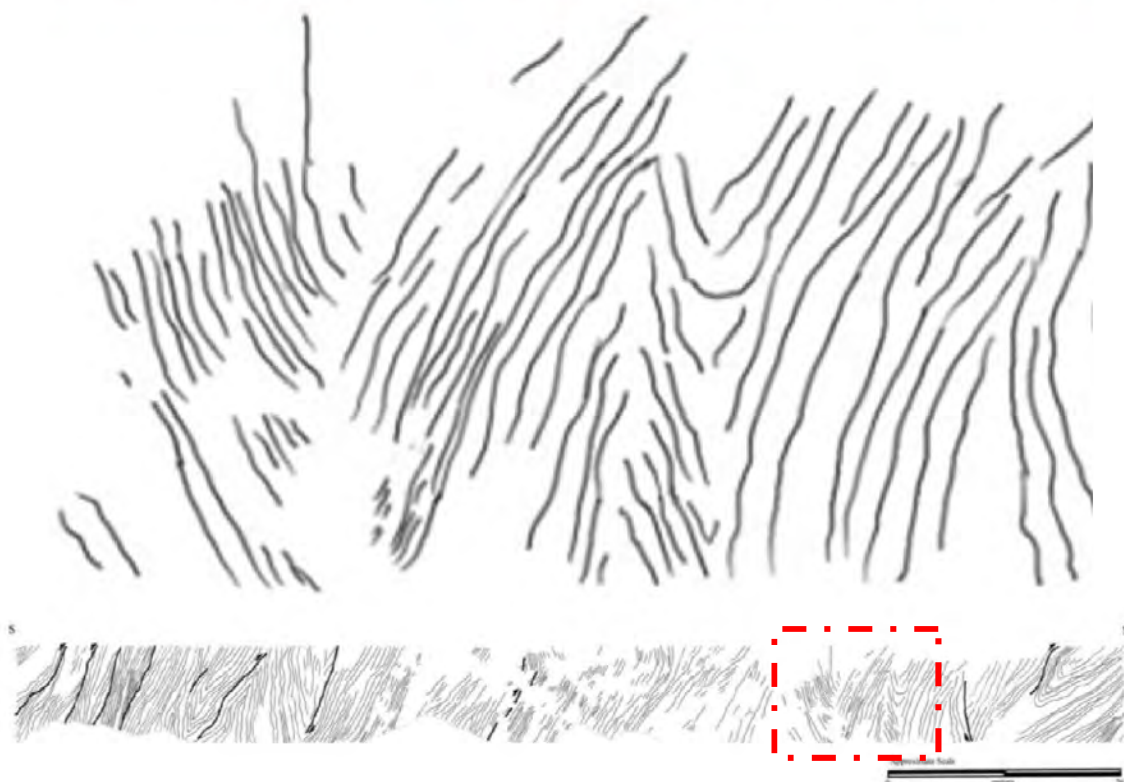
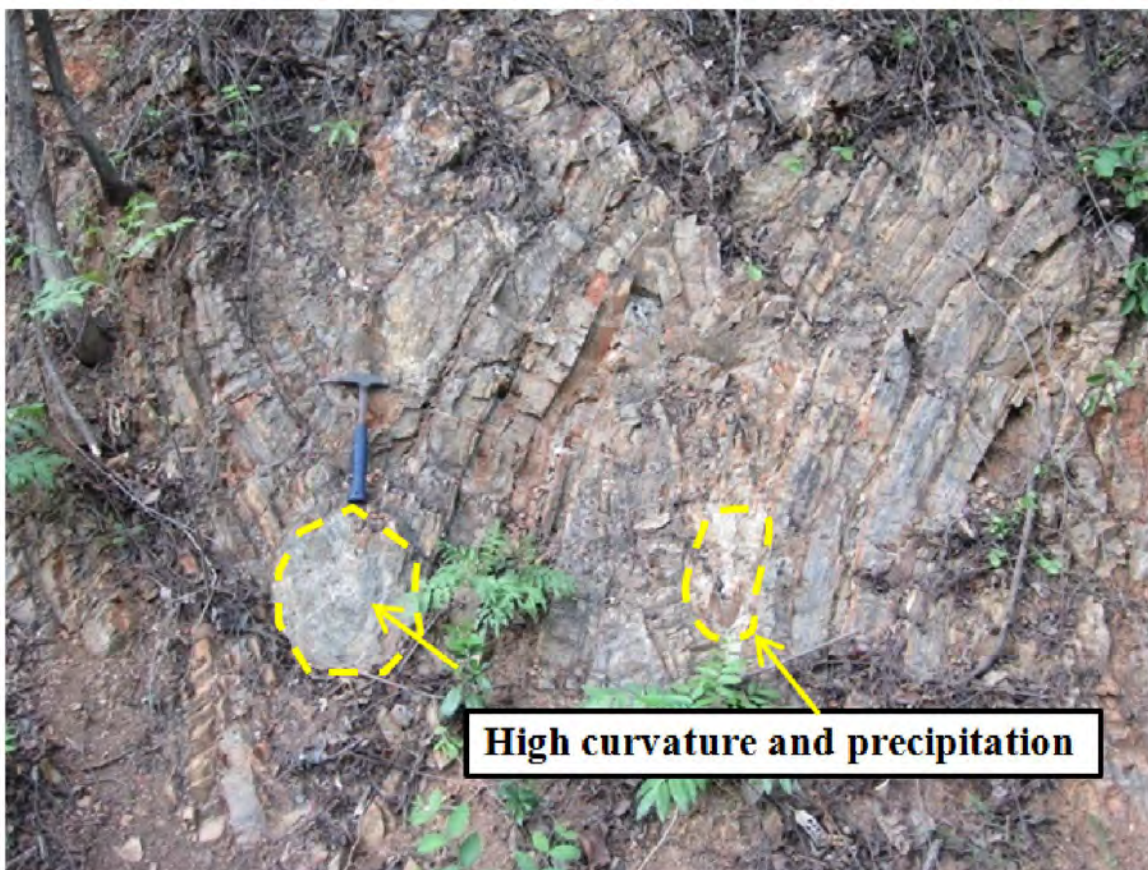
รูป 3.7 แสดงหินโผล่ทิศใต้สุด บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุแค จังหวัดสระบุรี

ถัดจากทิศใต้สุดของหินโผล่ (รูป 3.8) ชั้นหินยังคงมีมุมการเอียงเทสูง โดยความหนาของชั้นหินมีความหนาใกล้เคียงกันในแต่ละชั้นมีชั้นหินทรายแป้งบางเทรแกสลับ แต่มีความไม่ราบเรียบของชั้นหินมากกว่าบริเวณทิศใต้สุด พบการตัดปลายของแนวการวางตัวของชั้นหินเป็นตัวบ่งชี้ของแนวรอยเลื่อน หรือ การแปรสภาพแบบแตกเปราะ โดยพบลักษณะการคดโค้งหน้าจั่วของหินร่วมกับบริเวณที่มีการตัดปลายของแนวการวางตัวของชั้นหิน ชั้นหินบริเวณบานพับของชั้นหินคดโค้งมีความไม่ต่อเนื่อง มีการตีบเข้าหากันของปลายของชั้นหิน



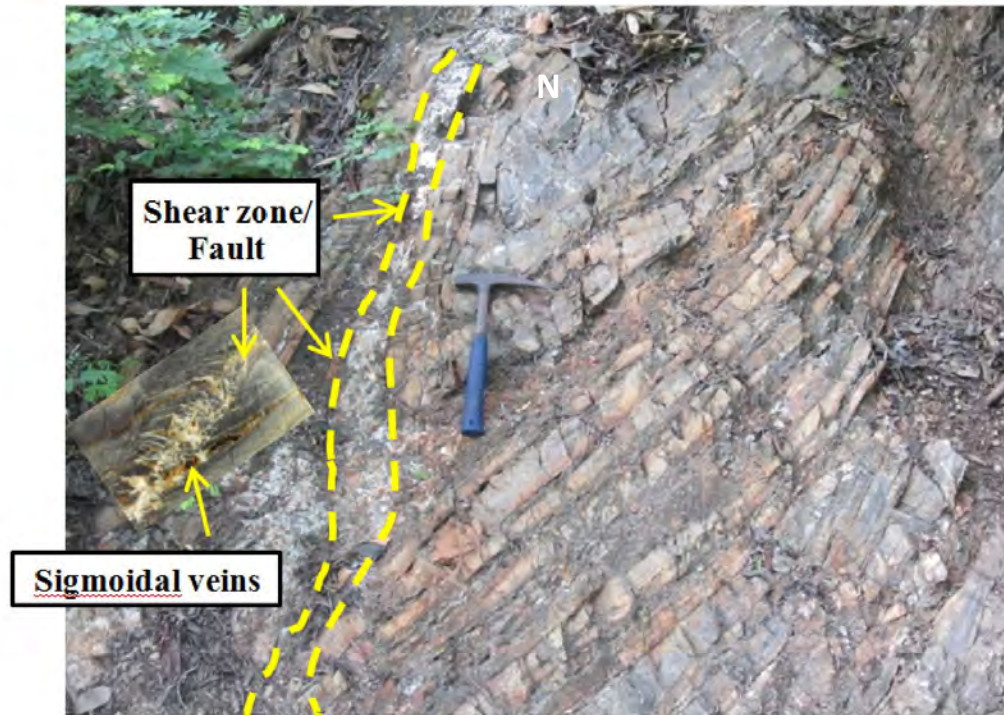
รูป 3.8 แสดงหินโคลงต่อเนื่องจากทิศใต้สุด บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี

หินโคลงทิศเหนือสุด (รูป 3.9) บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี ชั้นหินมีมุมการเอียงเทสูง โดยความหนาของชั้นหินมีความหนาใกล้เคียงกันในแต่ละชั้น พบลักษณะชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว บริเวณโชนบานพับที่มีรัศมีความโค้งสูงจะมีการแทนที่ของซิลิกามากกว่าบริเวณแขนของชั้นหินคดโค้งที่ไม่แสดงการโค้งงอของชั้นหิน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นหินตลอดแนวการคดโค้งของชั้นหิน พบการปนของชั้นหินทรายแป้งที่แทรกสลับระหว่างชั้นหินเชิร์ต ดินดาน หรือ หินตะกอนที่ถูกแทนที่ด้วยซิลิกา



รูป 3.9 แสดงหินไฟล์ทิสเหนือสุด และ รูปวาดแนวการวางตัวของชั้นหิน บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยก
พุดแค จังหวัดสระบุรี

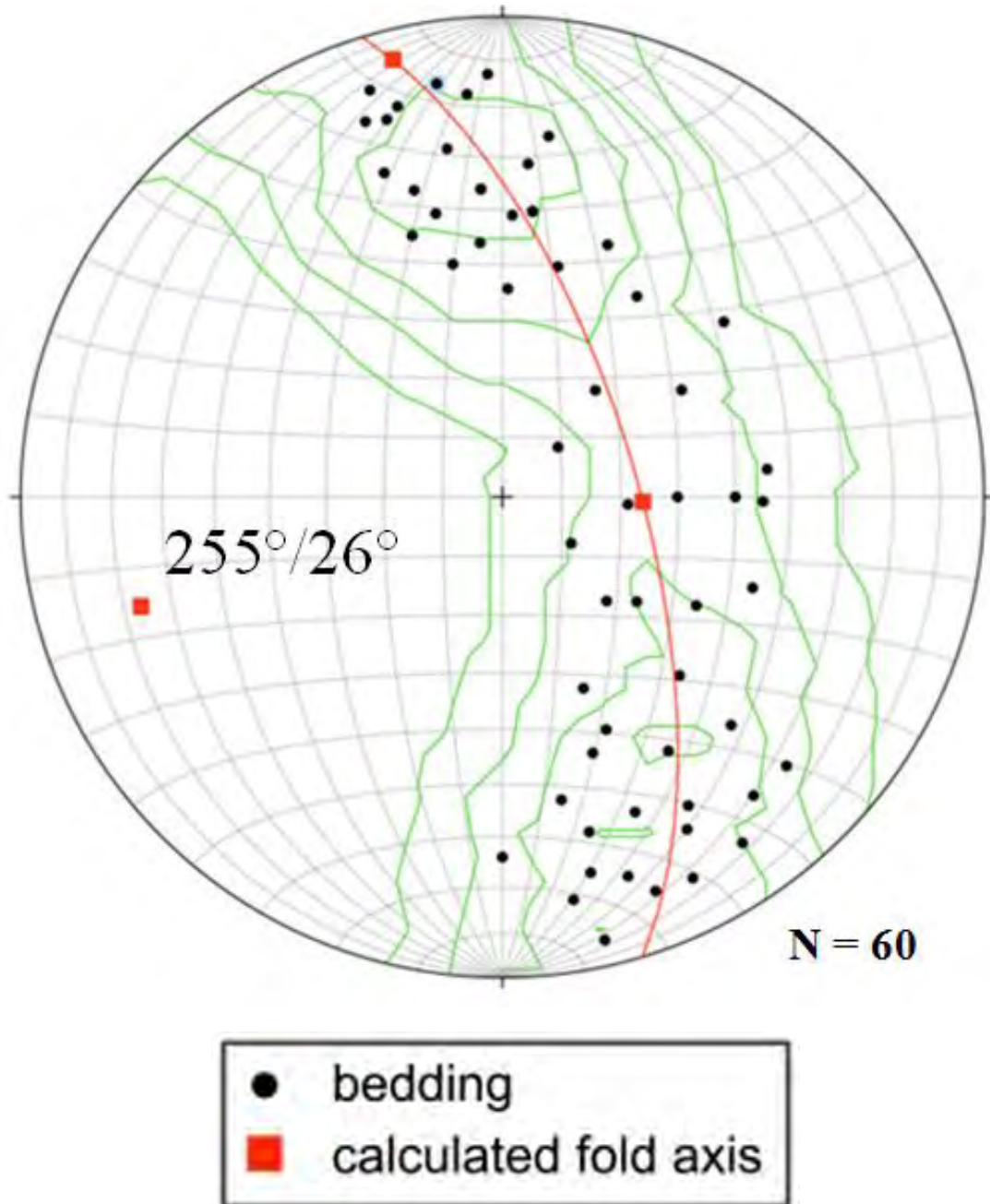
หินโคลิตีคเหนือสุดของพื้นที่ศึกษา (รูป 3.10) ชั้นหินมีมุมการเอียงเทสูง และมีทิศทางการเอียงเทเข้าหากัน โดยความหนาของชั้นหินมีความหนาใกล้เคียงกันในแต่ละชั้น พบลักษณะชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว และ เขตรอยเฉือน หรือ แนวรอยเลื่อน โดยมีแนวสายแร่ลักษณะ sigmoid และ พบการป็นของชั้นหินทรายเป็นที่แทรกสลับ



รูป 3.10 แสดงหินโคลิตีคเหนือสุด และ รูปวาดแนวการวางตัวของชั้นหิน บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี

การวางตัวของชั้นหิน (Bedding)

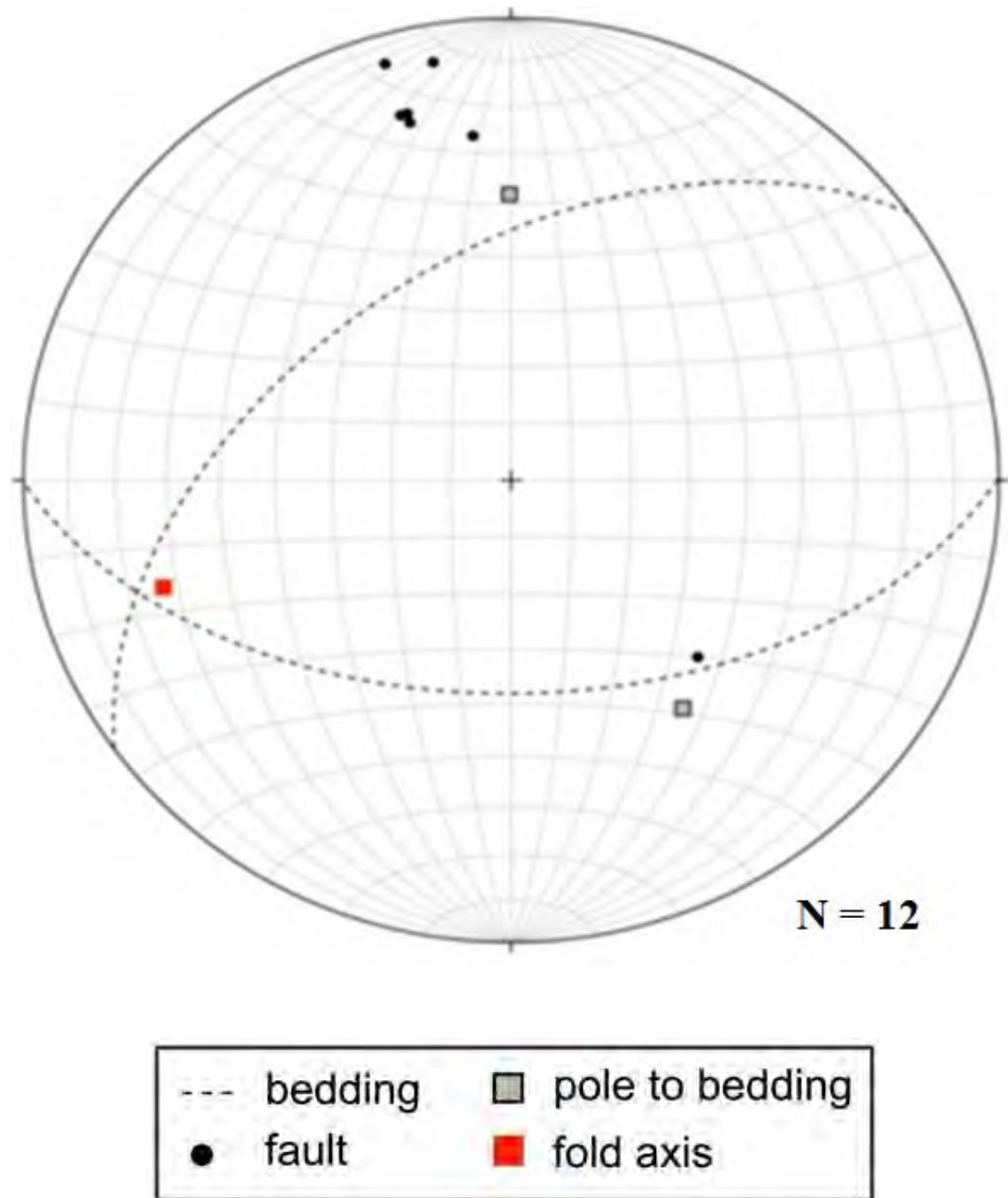
การวางตัวของชั้นหินแบ่งเป็น สองกลุ่ม คือ กลุ่มที่มีแนวการเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และ กลุ่มที่มีแนวการเอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ และ จากการกำหนดเส้นชั้น และ คำนวณ แผนภาพบีตา (β -diagram) แกนของชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ววางตัวในแนว ตะวันตกเฉียงใต้ มีมุมพลันจ์ 26 องศา (รูป 3.11)



รูป 3.11 แสดงการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของชั้นหินในตาข่ายมิติลเตอร์อิโกราฟิค (equal-area stereographic net) การคำนวณเส้นชั้น และ แผนภาพเบตา จำนวน 60 ข้อมูล

การวางตัวของชั้นหิน และ แนวรอยเลื่อน (Bedding and Fault)

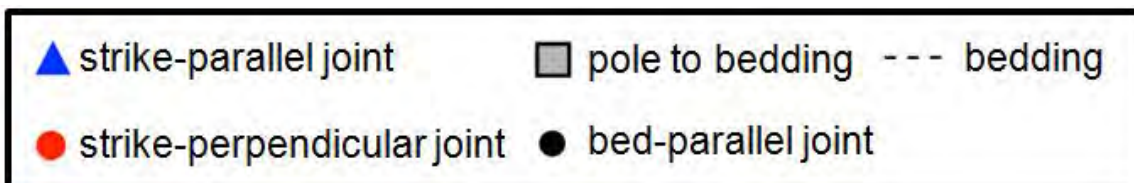
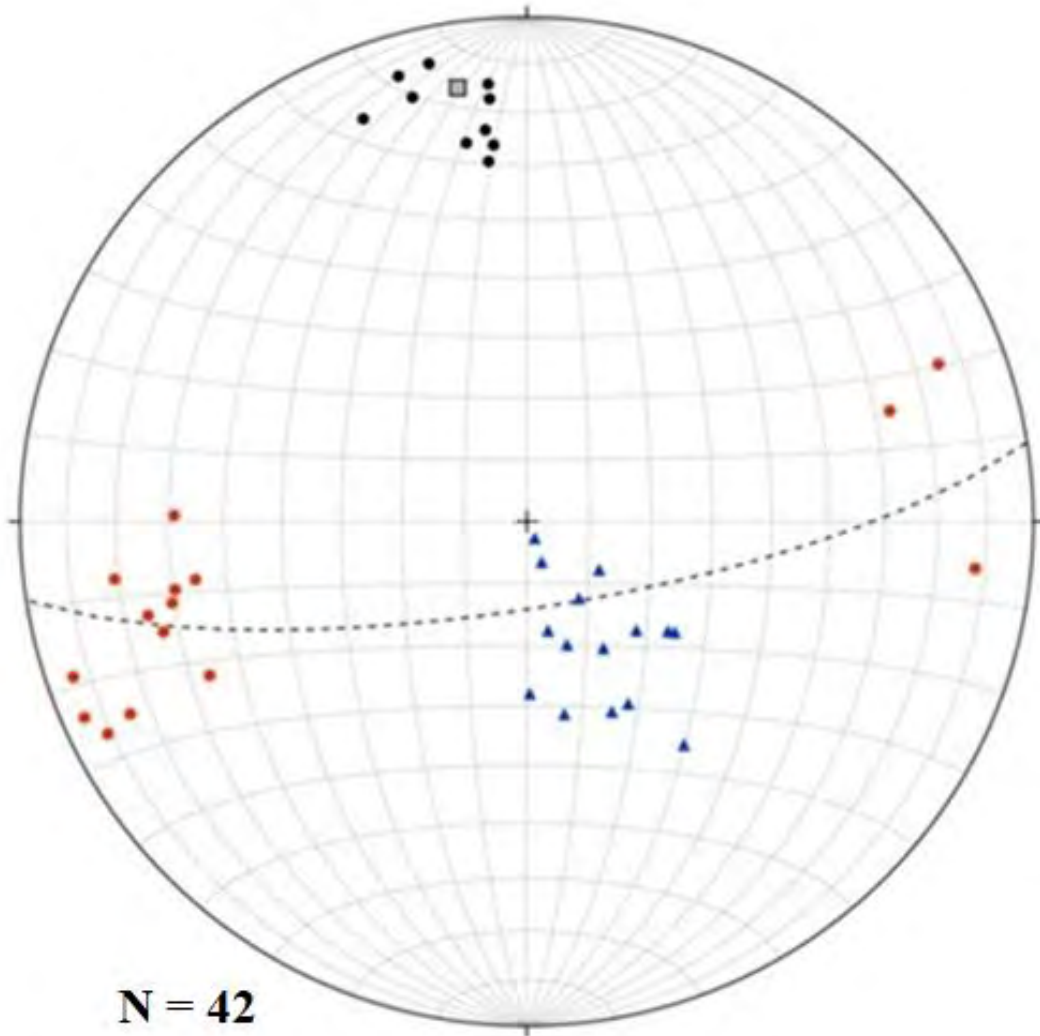
การวางตัวของแนวรอยเลื่อนมีการวางตัวกึ่งขนาน และหรือ ขนานกับแนวการวางตัวของแนวการวางตัวของชั้นหิน โดยมีการวางตัวเป็นสองกลุ่มเช่นเดียวกับการวางตัวของชั้นหิน คือ กลุ่มที่มีแนวการเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และ กลุ่มที่มีแนวการเอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (รูป 3.12)



รูป 3.12 แสดงการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของแนวรอยเลื่อนในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิก (equal-area stereographic net) โดยมีค่าเฉลี่ยของแนวรอยเลื่อนทั้งสองแนว เป็นแนวอ้างอิง จำนวน 12 ข้อมูล

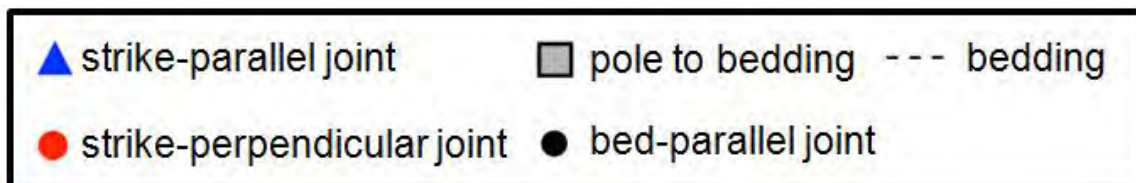
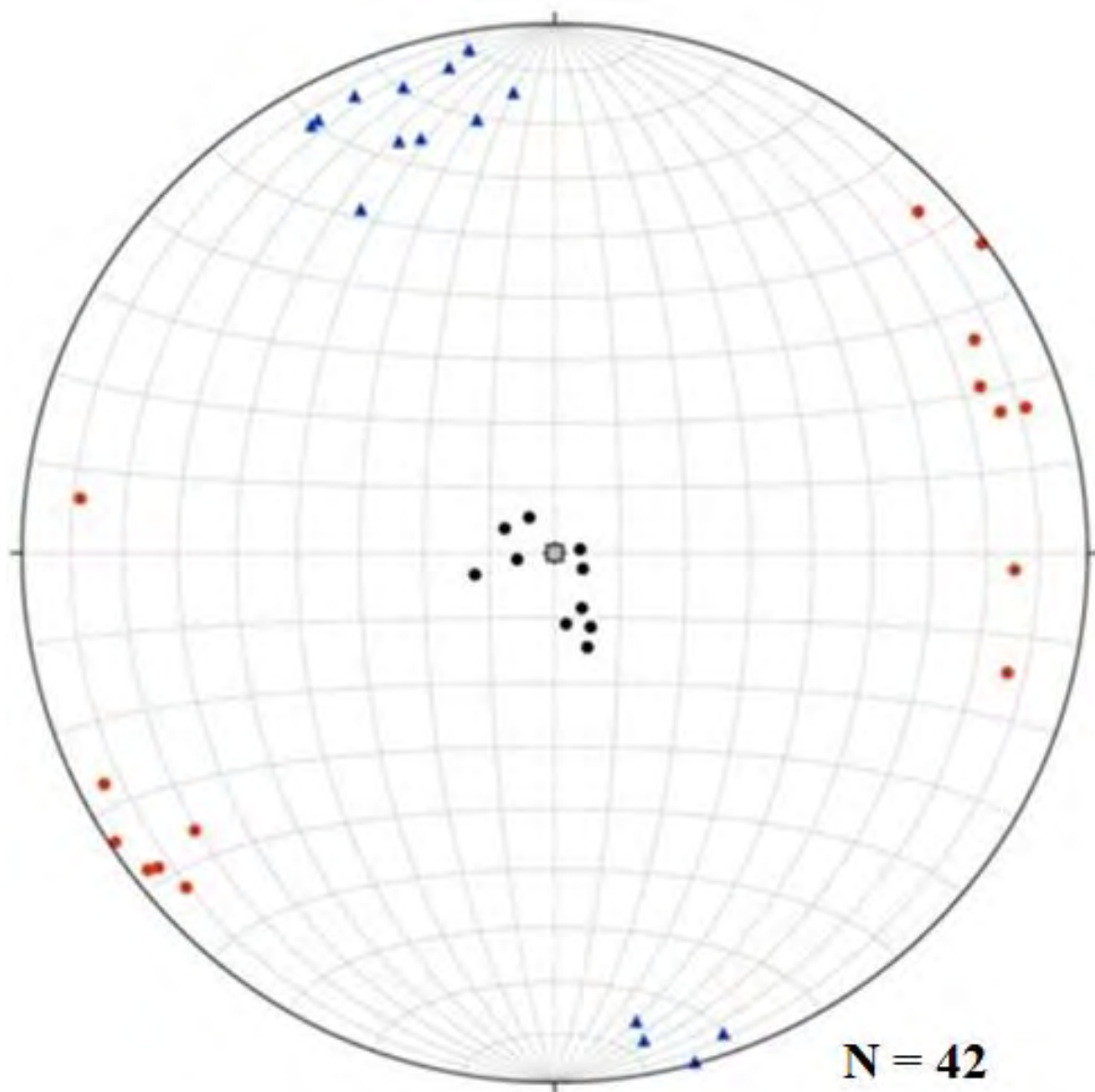
การวางตัวของชั้นหิน และ โครงสร้างแนวแตก (Bedding and Joint)

การวางตัวของโครงสร้างรอยแตก มีการวางตัวกระจัดกระจาย สามารถจัดจำแนกเป็น สามกลุ่ม คือ กลุ่มที่มีการวางตัวแนวเดียวกับการวางตัวของชั้นหิน กลุ่มที่มีการวางตัวขนานกับแนวระดับ และ กลุ่มที่มีการวางตัวตั้งฉากกับแนวระดับ โดยมีจำนวนของโครงสร้างแนวแตกในแต่ละกลุ่มเท่า ๆ กัน (รูป 3.13)



รูป 3.13 แสดงการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของโครงสร้างรอยแตกในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิก (equal-area stereographic net) โดยมีค่าเฉลี่ยของการวางตัวของชั้นหินที่ทำการเก็บข้อมูลโครงสร้างรอยแตก เป็นแนวอ้างอิง จำนวน 42 ข้อมูล

โดยเมื่อทำการหมุนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟิคตามค่าเฉลี่ยของการวางตัวของชั้นหินจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มโครงสร้างรอยแตกทั้งสามกลุ่มมีลักษณะการวางตัวทำมุมตั้งฉากกัน (รูป 3.14)

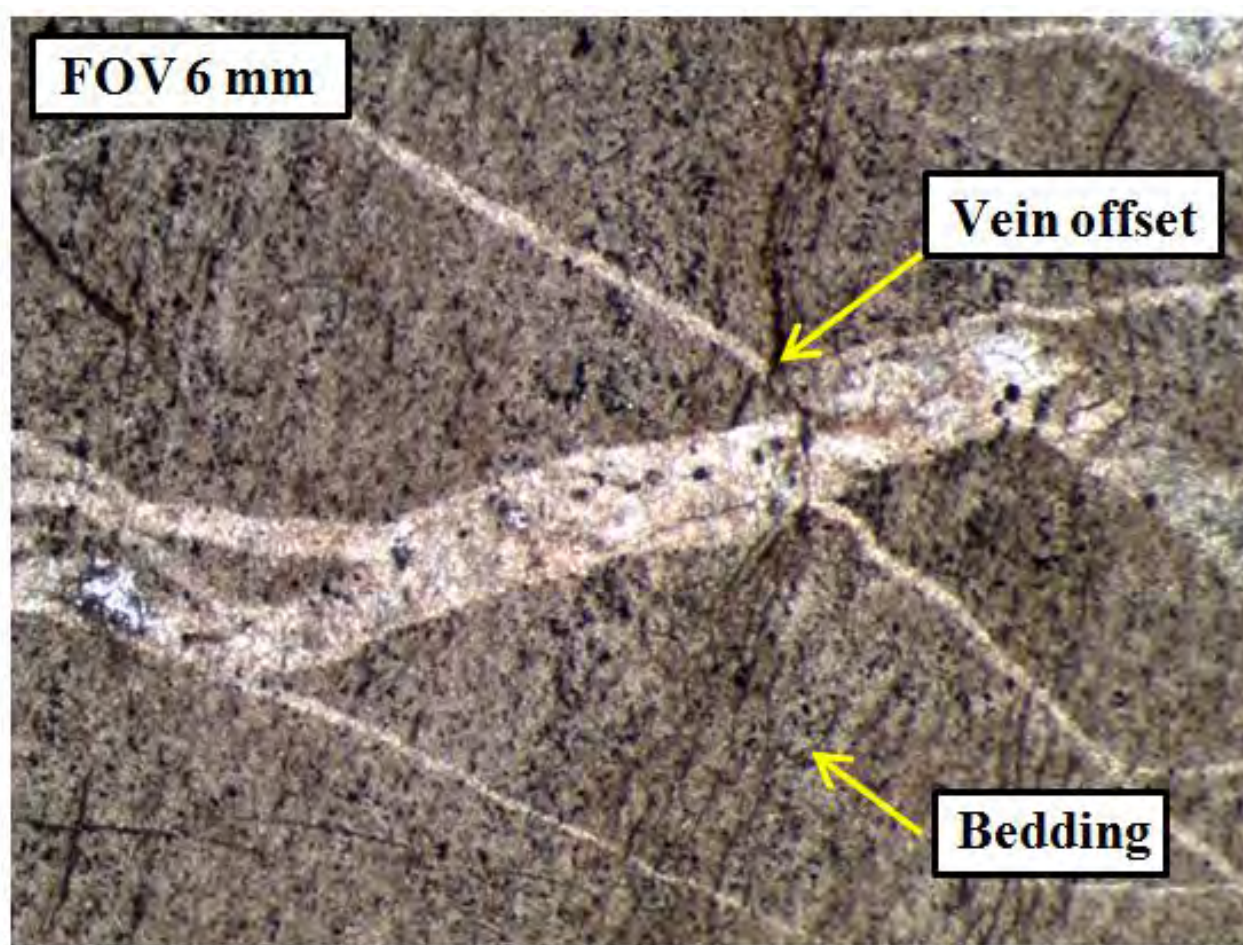


รูป 3.14 แสดงการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของโครงสร้างรอยแตกในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกร้าฟิค (equal-area stereographic net) จำนวน 42 ข้อมูล

3.2.2 ระดับจุลภาค (Microscopic scale)

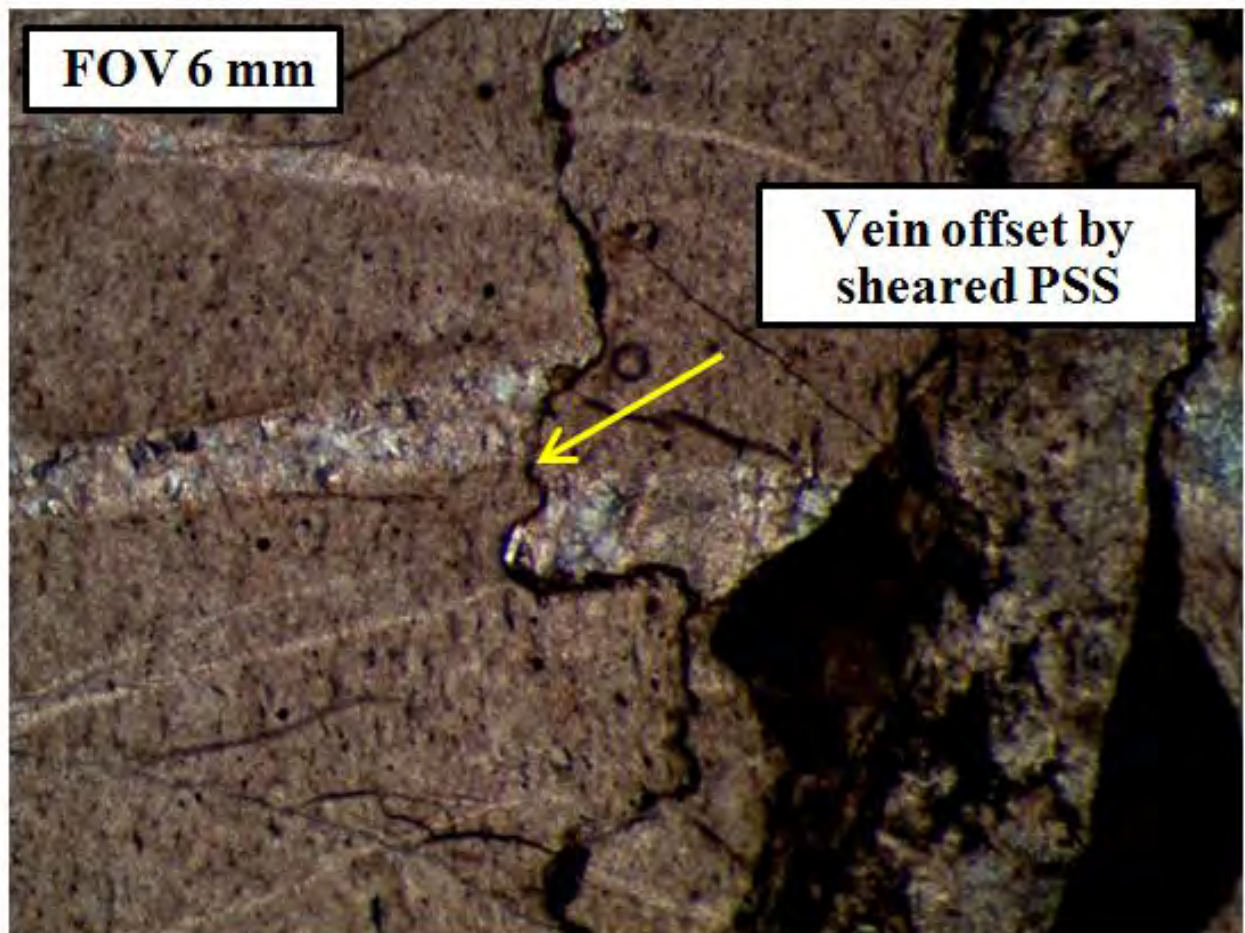
โครงสร้างระดับจุลภาคจะทำการศึกษาจากแผ่นหินขัดบาง (thin section) จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope) โดยจะทำให้ทราบถึงกลไกการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินในพื้นที่ ซึ่งโครงสร้างระดับจุลภาคนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์ร่วมกับโครงสร้างในระดับกลาง เพื่อสรุปลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ และ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินใล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุดแค จังหวัดสระบุรี

ตัวอย่างหินระบุตำแหน่งที่นำมาทำแผ่นหินขัดบาง มีลักษณะการวางตัวของชั้นหินตามแนวตรง โดยมีการวางตัวของแนวการเลื่อนตำแหน่งของสายแร่ตามแนวการวางตัวของชั้นหินโดยสายแร่มีการวางตัวสองแนวโดยอาจเป็นแนวสายแร่ที่รวมเป็นคู่ (conjugate set) (รูป 3.15)

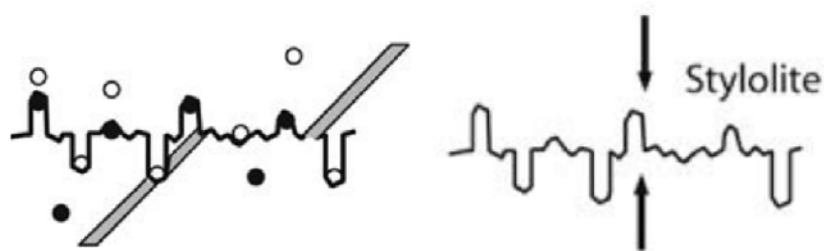


รูป 3.15 แสดงแผ่นหินขัดบางของตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง มีลักษณะการวางตัวของชั้นหินตามแนวตรง โดยมีการวางตัวของแนวการเลื่อนตำแหน่งของสายแร่ตามแนวการวางตัวของชั้นหินโดยสายแร่มีการวางตัวสองแนวโดยอาจเป็นแนวสายแร่ที่รวมเป็นคู่ (conjugate set)

ตัวอย่างหินระบุตำแหน่งที่นำมาทำแผ่นแผ่นหินขัดบาง มีลักษณะการวางตัวของชั้นหินตามแนวตรงโดยมีการวางตัวของแนวการเลื่อนตำแหน่งของสายแร่ตามแนวการวางตัวของชั้นหิน และ ตามแนวการวางตัวของแนวรอยฟันในหินซึ่งเกิดจากการละลายของแร่ประกอบหินเนื่องจากได้รับความเค้นทำให้แร่ที่มีความสามารถในการละลายได้ ละลายและเคลื่อนที่ไปยังบริเวณอื่น ทำให้แร่ที่มีความสามารถในการละลายต่ำคงเหลืออยู่บริเวณเดิม เป็นแนวแร่สีเข้ม) (รูป 3.16 และ 3.17)

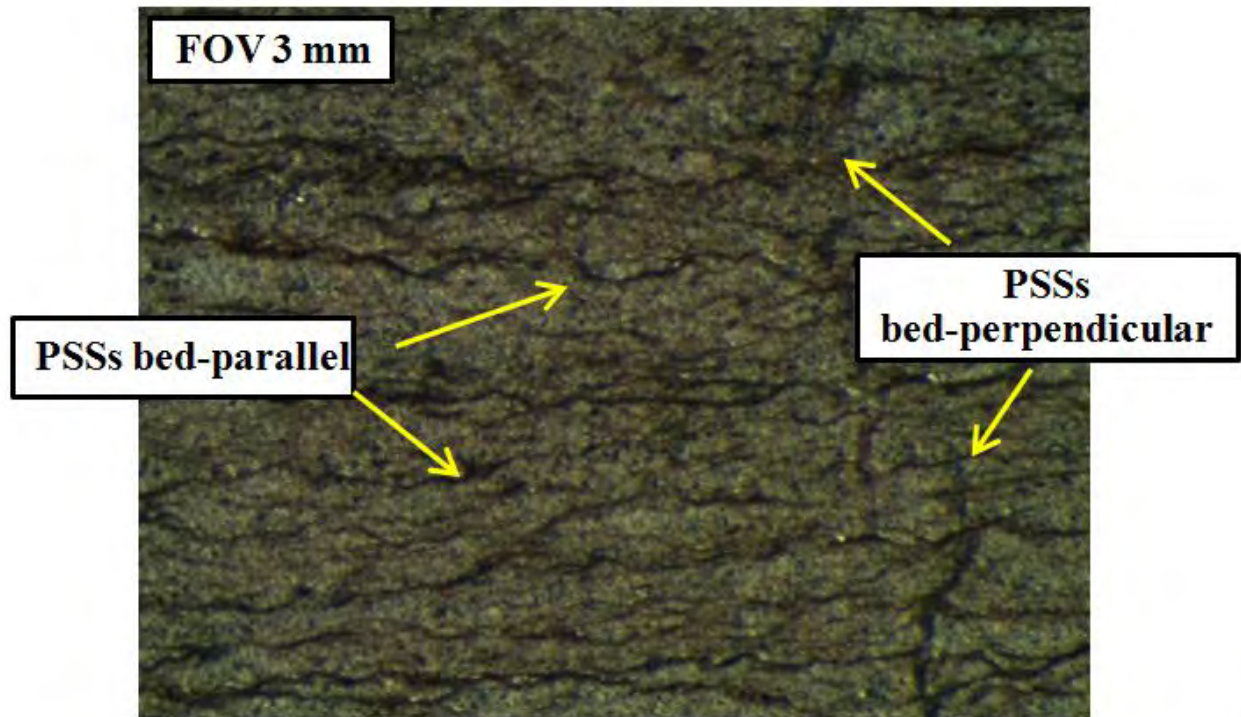


รูป 3.16 แสดงแผ่นหินขัดบางของตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง แสดงรอยฟันในหิน และการเลื่อนตำแหน่งของสายแร่ตามแนวการวางตัวของชั้นหิน และ แนวรอยฟันในหิน



รูป 3.17 รูปแสดงลักษณะการเกิดแนวรอยฟันในหินเนื่องจากการละลายจากกาได้รับแรงเค้นในหิน

ตัวอย่างหินระบุตำแหน่งที่นำมาทำแผ่นแผ่นหินขัดบาง มีลักษณะการวางตัวของชั้นหินตามแนวระนาบ โดยพบรอยฟันในหินสองแนว มีการวางตัวในแนวตั้งฉากกับแนววางตัวของชั้นหินและ แนวขนานกับการวางตัวของชั้นหิน (รูป 3.18)



รูป 3.18 แสดงแผ่นหินขัดบางของตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง แสดงรอยฟันในหิน

บทที่ 4

อภิปรายผล (Discussion)

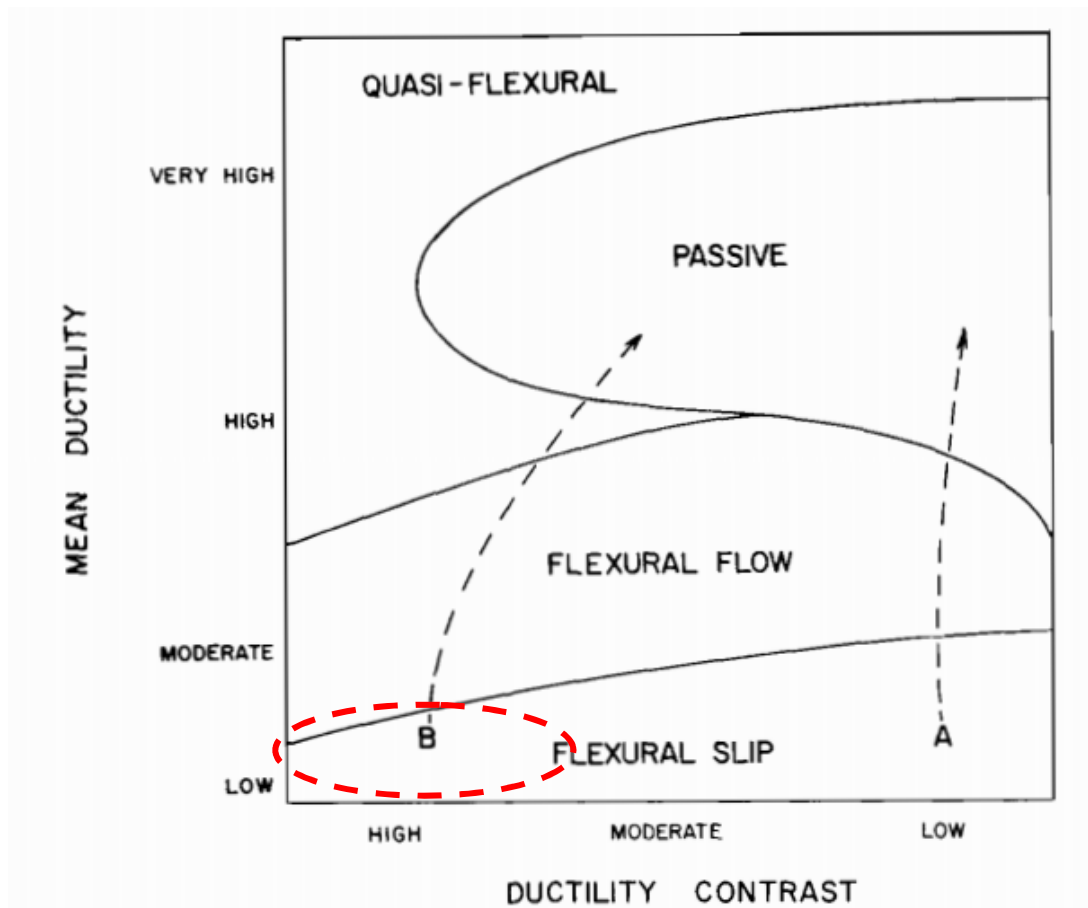
จากการศึกษาในสองระดับ คือ ระดับกลาง (mesoscopic scale) และ ระดับจุลภาค (microscopic scale) ซึ่งผลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม และ การศึกษาโครงสร้างจุลภาค ได้นำมา รวบรวม และ อภิปรายได้เป็นลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ และ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหิน โผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี

4.1 ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ (Structural characterization)

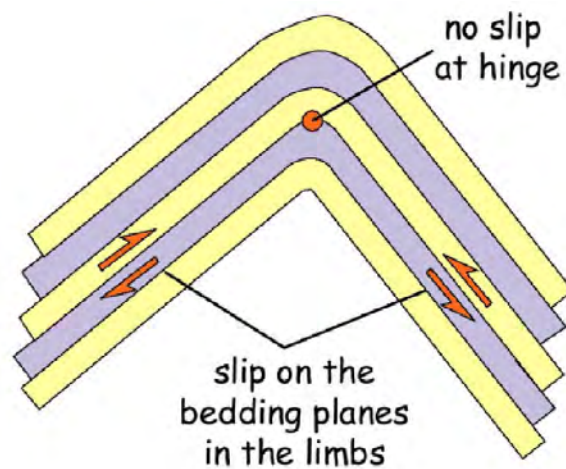
จากหลักฐานที่พบจากการสำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษา ดังที่แสดงในการบรรยายโครงสร้าง เฉพาะ และ การกำหนดตำแหน่งการวางตัวของโครงสร้างรอยแตกในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิก (equal-area stereographic net) ในบทที่สามประกอบกับลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคจากแผ่นหินขัด บาง (Thin section) จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope) พบว่า หินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี แสดง ลักษณะโครงสร้างเฉพาะ ชั้นหินคดโค้ง ชนิดชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว โดยมีลักษณะจำเพาะ โดยวิวัฒนาการ ของชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว จะพัฒนาขึ้นในชั้นหินที่มีการแทรกสลับกั้นของหินที่มีความแตกต่างของความ คงทน หรือ ชั้นหินที่มีคุณสมบัติแตกเปราะแทรกสลักกับชั้นหินที่มีคุณสมบัติอ่อนนุ่ม โดยอัตราส่วนระหว่าง ชั้นหินสองชนิดดังกล่าว จะเป็นปัจจัยที่ควบคุมการวิวัฒนาการลักษณะทางเรขาคณิตของชั้นหินคดโค้ง หน้าจั่ว

โครงสร้างของสายแร่ลักษณะ sigmoid ที่พบในบริเวณ เขตรอยเลื่อน หรือ แนวรอยเลื่อน บ่งชี้ถึง การเปลี่ยนแปลงแบบแตกเปราะที่เกิดจากการไถลตามชั้นหิน (flexural slip) ตามแนวการวางตัวของชั้นหิน สอดคล้องกับโครงสร้างระดับจุลภาคจากแผ่นหินขัดบาง ที่แสดงลักษณะรอยฟันในหินที่มีการเลื่อน ตำแหน่งของแนวสายแร่ตามแนวการวางตัวของชั้นหิน

โดยหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี มีความหนาของชั้นที่มี คุณสมบัติแตกเปราะ นั่นคือ ชั้นหินเชิร์ต หรือ ชั้นหินตะกอนที่ถูกแทนที่ด้วยซิลิกา ที่หนากว่าชั้นหินที่มี คุณสมบัติแบบอ่อนนุ่ม นั่นคือ ชั้นหินทรายแป้ง ทำให้ค่าเฉลี่ยในการโค้งงอของหินโดยรวมมีค่าต่ำ และ มี ค่าความแตกต่างของการโค้งงอของหินสูง (รูป 4.1 และ 4.2)

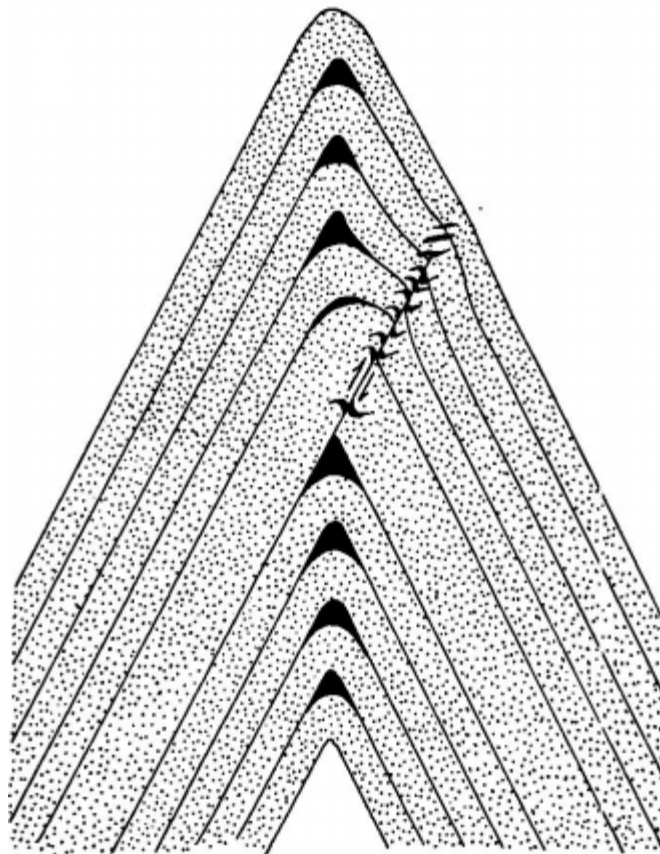


รูป 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการคดโค้งของชั้นหิน กับค่าเฉลี่ยการคดโค้งของชั้นหิน และค่าความแตกต่างของการคดโค้งของชั้นหิน (Donath, 1963) โดยหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรี มีค่าเฉลี่ยในการโค้งของหินโดยรวมมีค่าต่ำ และมีค่าความแตกต่างของการโค้งของหินสูง จึงมีการวิวัฒนาการของการคดโค้งของชั้นหินแบบการไถลตามชั้นหิน (Flexural slip) เป็นกระบวนการหลักในการเกิดการคดโค้ง



รูป 4.2 รูปแสดงการไถลตามแนวชั้นหิน (Flexural slip) ในชั้นหินคดโค้งแบบหน้าจั่ว

การพัฒนาโครงสร้างแนวแตกทั้งสามแนวมีความสัมพันธ์กับการวิวัฒนาการของชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว โดยแนวโครงสร้างแนวแตกที่ตั้งฉากกับแนววางตัวของชั้นหิน ยังคงแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวในชั้นหินคดโค้งบ่งชี้ถึงแนวรอยแตกดังกล่าวมีการพัฒนามาก่อนการเกิดชั้นหินคดโค้ง เมื่อมีการคดโค้งของชั้นหินชั้นนั้น การคดโค้งดังกล่าวจะคดโค้งชั้นหินไปพร้อมกับแนวรอยแตก โดยแนวรอยแตกอีกสองแนวที่มีความสัมพันธ์กับแนวระดับของชั้นหิน เกิดจากอิทธิพลของการคดโค้งของชั้นหิน โดยเมื่อชั้นหินคดโค้งจนถึงระดับกั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพแบบอ่อนน้อม ชั้นหินจะเริ่มเปลี่ยนแปลงสภาพแบบแตกเปราะ โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงตามแนวระนาบที่อ่อน คือ แนวรอยต่อระหว่างชั้นหินที่มีความแตกต่างของความสามารถในการคดโค้ง และ เปลี่ยนแปลงสภาพน้อยลงในแนวระนาบที่แข็งแรง เช่น ในเนื้อชั้นหิน มีตัวบ่งชี้ คือ การวางตัวของเขตรอยเฉือน หรือ แนวรอยเลื่อน ที่กึ่งขนาน และหรือ ขนานกับแนวการวางตัวของชั้นหิน (รูป 4.3)



รูป 4.3 รูปแสดงการพัฒนาเขตรอยเฉือน หรือ แนวรอยเลื่อน ที่มีการวางตัวกึ่งขนาน และหรือ ขนานกับแนวการวางตัวของชั้นหิน เมื่อชั้นหินคดโค้งเกิดการเปลี่ยนแปลงจนเกิดแนวระดับกั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพแบบอ่อนน้อม (threshold strength)

4.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (Evolution of progressive deformation)

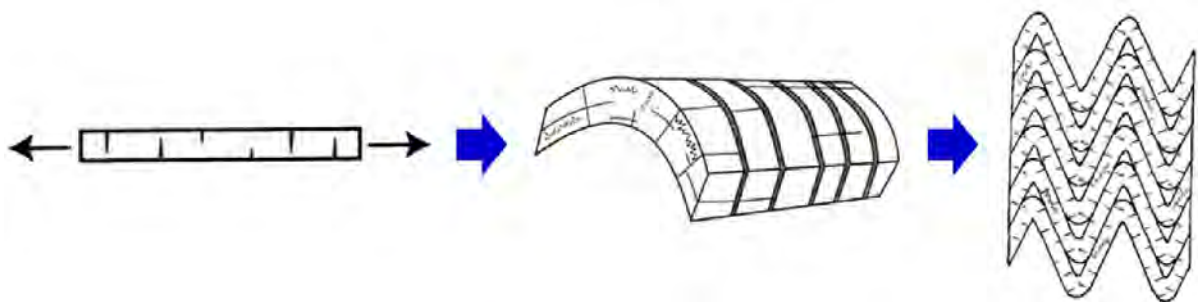
จากหลักฐานที่พบจากการสำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษา ดังที่แสดงในการบรรยายโครงสร้างเฉพาะ และการกำหนดตำแหน่งการวางตัวของโครงสร้างรอยแตกในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิก (equal-area stereographic net) ในบทที่สามประกอบกับลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคจากแผ่นหินขัดบาง (Thin section) จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope) สามารถสรุปลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุกแค จังหวัดสระบุรีได้ดังนี้ โดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะโดยเทียบอายุแบบสัมพันธ์

กระบวนการสะสมตัวของหินตะกอนใต้อันที่ศึกษา หินตะกอนในพื้นที่ศึกษาจะมีลักษณะการวางตัวของชั้นหินขนานกับพื้นโลก หลังจากนั้นมีการพัฒนาแนวโครงสร้างรอยแตกที่ตั้งฉากกับแนวการวางตัวของชั้นหิน เป็นผลมาจากแรงยึด (รูป 4.4)



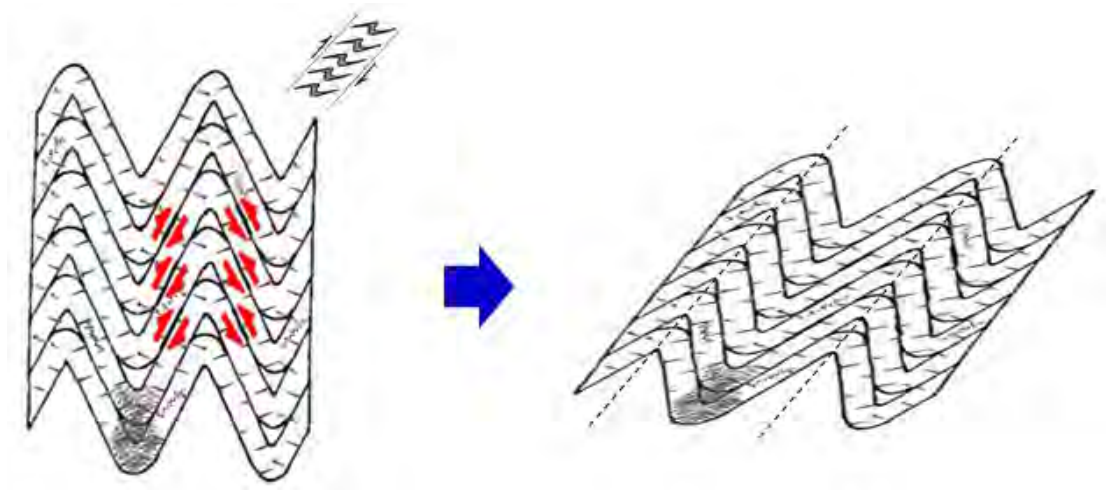
รูป 4.4 รูปแสดงการวิวัฒนาการของแนวโครงสร้างรอยแตกที่ตั้งฉากกับแนวการวางตัวของชั้นหิน

เกิดการคดโค้งของชั้นหินที่มีความแตกต่างระหว่างความคงทนของชั้นหิน เป็นลักษณะชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว และ เกิดการพัฒนาโครงสร้างรอยแตกสองแนว คือ ตั้งฉากกับแนวระดับของชั้นหิน และ ขนานกับแนวระดับของชั้นหิน โดยโครงสร้างรอยแตกสองแนวสัมพันธ์กับการเกิดชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว (รูป 4.5)

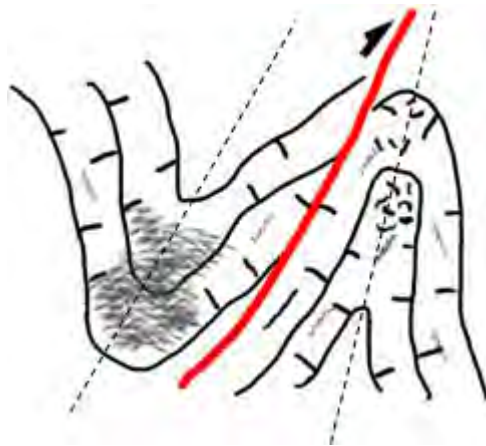


รูป 4.5 รูปแสดงการวิวัฒนาการของชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว และแนวโครงสร้างรอยแตกสองแนว ที่ตั้งฉากและ ขนานกับแนวระดับของชั้นหิน

เมื่อชั้นหินคดโค้งเกิดการเปลี่ยนแปลงจนเกินแนวระดับกั้นการเปลี่ยนสภาพแบบอ่อนนิ่ม (threshold strength) จะเริ่มมีการไถลตามแนวชั้นหินเกิดการพัฒนาเขตรอยเฉือน หรือ แนวรอยเส้นตัดแนวชั้นหิน ทำให้ชั้นหินไม่ต่อเนื่อง (รูป 4.6 และ 4.7)

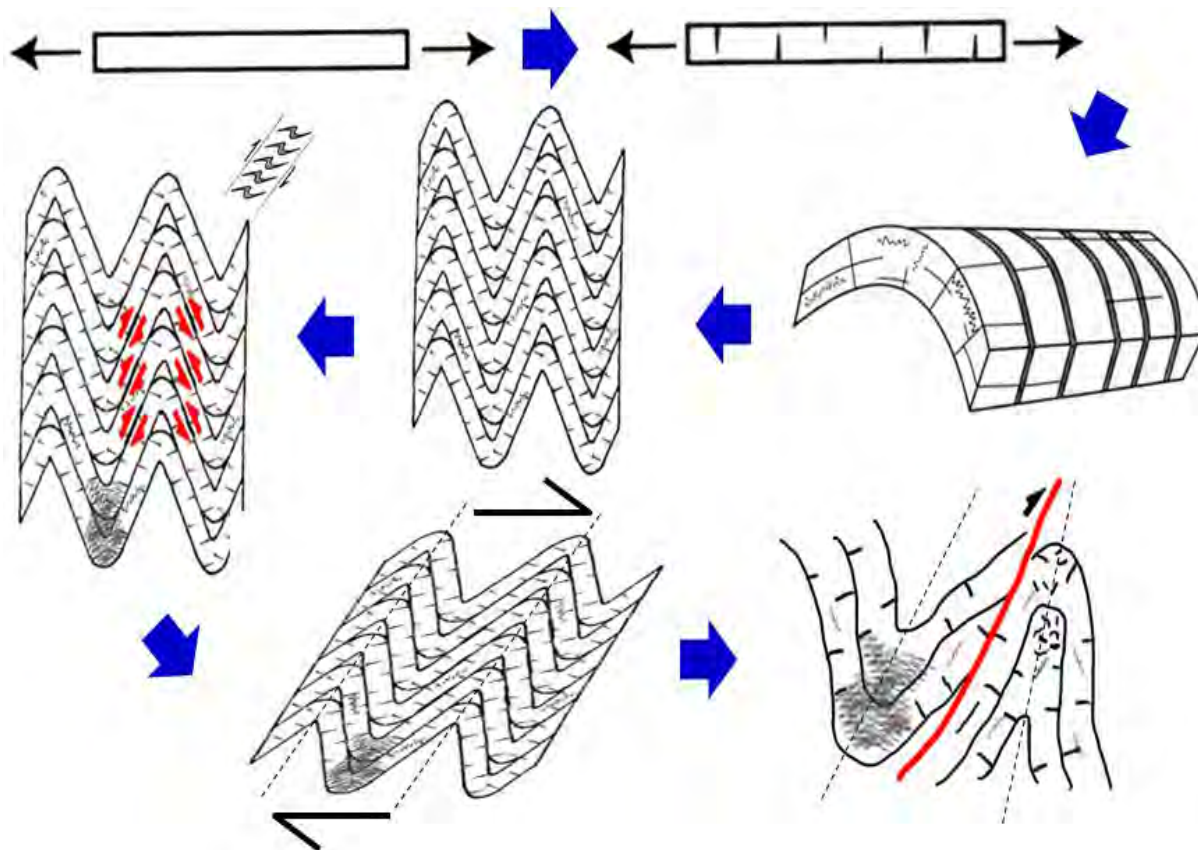


รูป 4.6 รูปแสดงการไถลตามชั้นหิน และการเอียงเทของการวางตัวโดยรวมของชั้นหินคดโค้ง



รูป 4.7 รูปแสดงการพัฒนาเขตรอยเฉือน หรือ แนวรอยเส้นตัดที่มีการวางตัวกึ่งขนาน และหรือ ขนานกับแนวการวางตัวของชั้นหิน

โดยสามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะโดยเทียบอายุแบบสัมพันธ์ตามลำดับดังรูป (รูป 4.8)



รูป 4.8 รูปแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุดแค

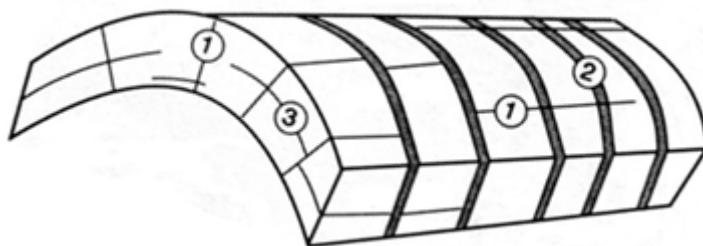
จังหวัดสระบุรี

บทที่ 5

สรุปผล (Conclusion)

จากการสำรวจภาคสนาม และ ศึกษาโครงสร้างจุลภาค นำมารวบรวม, วิเคราะห์ และ อภิปรายผล ในด้านของลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ และ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินโผล่บริเวณทางหลวงหมายเลข 1 สามแยกพุดแค จังหวัดสระบุรี สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเฉพาะ (structural characterization) เป็นชั้นหินคดโค้งน้ำจั่ว ชั้นหินมีมุมการเอียงเทสูงรอยแตกวางตัว 3 ระนาบ คือ ขนานกับแนวระดับ ตั้งฉากกับแนวระดับ และ ขนานกับแนวการวางตัวของชั้นหิน (รูป 5.1) พบแนวพื่นในหินวางตัวขนานและตั้งฉากกับแนวการวางตัวของชั้นหิน เขตรอยเฉือน หรือ รอยเลื่อนหลักเป็นรอยเลื่อนย้อน วางตัวเกือบขนานกับแกนชั้นหินคดโค้ง และ ชั้นหิน เขตรอยเฉือน หรือ รอยเลื่อนรองเกิดจากแนวรอยแตก, ทางแร่ และ ชั้นแนวพื่นในหิน มีการวางตัวทำมุมสูงกับชั้นหิน



รูป 5.1 รูปแสดงแนวโครงสร้างรอยแตกทั้ง 3 แนว

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (evolution of progressive deformation) เกิดจากกระบวนการไหลตามแนวชั้นหิน (flexural slip) เป็นกระบวนการหลัก และ การเปลี่ยนแปลงแบบแตกเปราะที่พบ คือ เขตรอยเฉือน หรือ รอยเลื่อนพัฒนาจากการเปลี่ยนแปลงจนเกินแนวระดับกั้นการเปลี่ยนสภาพแบบอ่อนนิ่ม (threshold strength)

เอกสารอ้างอิง

- Chonglakmani, C., Helmcke, D., 2001. Geodynamic Evolution of Loei and Phetchabun regions - does the discovery of detrital chromian spinels from the Nam Duk Formation (Permian, north-central Thailand) provide new constraint? *Gondwana Research*, 4, 437-442.
- Donath, Fred A., 1961, Experimental study of shear failure in anisotropic rocks: *Geol.Soc. America Bull.*,v.72,p.985-990 1962,Role of layering in geologic deformation: *N.Y.Acad.Sci.Trans.*,v.24,p.236-249 1963a,Fundamental problems in dynamic structural geology,p.83-103 in Donnelly,T.W.,Editor,The earth sciences: problems and progress in current research: Chicago, Univ.Chicago Press 1963b,Strength variation and deformational behavior in anisotropic rock:*Internat.Conf.State of Stress in Earth'sCrust Proc.*,Rand Corp.,Santa Monica
- Donath, Fred A., and Faill, Rodger T., 1963, Ductile faulting in experimentally deformed rocks (Abstract):*Am.Geophys.UnionTrans.* v.44, p.102-103
- Donath, Fred A., and Parker, Ronald B., 1961, Folds and folding (Abstract):*Geol.Soc.America Special Paper 68, Abstracts for 1961*, p.87 - 88
- Gross, M. R., 1995, Fracture partitioning: failure mode as a function of lithology in the Monterey Formation of coastal California: *Geological Society of America Bulletin*, vol. 107, p. 779-799.
- Gross, M.R., Fischer, M.P., Engelder, T., and Greenfield, R., 1995, Factors controlling joint spacing in interbedded sedimentary rocks: integrating numerical models with field observations from the Monterey Formation, USA in Ameen, M.S. ed., *Fractography fracture topography as a tool in fracture mechanics and stress analysis*, Geological Society Special Publication No. 92, p. 215-233.

- Hinthong, C., Chuaviroj, S., Kaewyana, W., Srisukh, S., Oholprasit, C., Polachan, S., 1985. Geologic Map of Changwat Pranakhon Si Ayutthaya (Sheet ND 47–8, Scale 1:250,000). Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok.
- Tapponnier, P., Peltzer, G., Armijo, R., 1986, On the mechanism of collision between India and Asia. In, Coward, M.P., Ries, A.C., Eds., Collision Tectonics, Journal of the Geological Society, London, Special Publications, 19, 115-157.
- Twiss, Robert J. and Moores, Eldridge M., 1992, Structural Geology W. H. Freeman and Company, 37-126.
- Ueno, K., Miyahigashi, A., Kamata, Y., Kato, M., Charoentitirat, T. and Limruk, S., 2011, Geotectonic subdivision of the Central Plain of Thailand: A perspective from Permian and Triassic successions, Japan Geoscience Union Meeting 2011, 37
- Ueno, K., Miyahigashi, A., Kamata, Y., Kato, M., Charoentitirat, T., Limruk, S., Geotectonic implications of Permian and Triassic carbonate successions in the Central Plain of Thailand Journal of Asian Earth Sciences, Volume 61, 15 November 2012, Pages 33–50.
- Wielchowsky, C.C., Young, J.D., 1985. Regional facies variations in Permian rocks of the Phetchabun fold and thrust belt, Thailand. Proceedings of the Conference on Geology and Mineral Resources Development of Northern Thailand. Khon Kaen University, 26– 29 November 1985, 41-55.