การวิเคราะห์ข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศในเขต รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ภาคตะวันตกประเทศไทย

นาย อิสระชัย สพโชค

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2555

ANALYSIS OF AIRBORNE MAGNETIC DATA ALONG THREE PAGODA FAULT ZONE, WESTERN THAILAND

ISARACHAI SOPCHOK

A REPORT IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHERLOR OF SCIENCE DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE CHULALONGKORN UNIVERSITY

2012

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศของกรมทรัพยากรธรณี ในการ วิเคราะห์โครงสร้างทางธรณีวิทยาในบริเวณเขตรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์เพื่อตรวจหาลักษณะการ วางตัวและรายละเอียดของโครงสร้างสำคัญ และเพื่อใช้ในการอธิบายการวิวัฒนาการของ โครงสร้างจากอดีตถึงปัจจุบัน การวิจัยนี้ได้ใช้การปรับปรุงคุณภาพข้อมูลตามวิธีมาตรฐานในการ แปลผล ได้แก่วิธี (1)false-colored composites (2)analytic signal(ANA) (3)reduction to the pole (RTP) (4)upward continuation(UW) (5)Directional filtering(DIR) และ (6)vertical derivative (VD) grid methods.

ผลการศึกษาในเบื้องต้นพบว่าแนวเส้นโครงสร้างในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยแนวรอยเลื่อน สำคัญ 4 แนว โดยใช้ทิศทางการวางตัวเป็นเกณฑ์การแบ่ง ซึ่งรอยเลื่อนที่ชัดที่สุดคือ รอยเลื่อนแนว ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียง โดยพบเป็นแนวเส้นที่เด่นชัดยาวแต่แคบในจากตอนเหนื o อำเภอสังขละบุรีผ่านอำเภอทองผาภูมิไปจนถึงอำเภอเมืองจังหวัดกาญจนบุรี หลังจากนั้นแนวเส้น เริ่มแตกออกเป็นบริเวณกว้างและปรากฏเป็นแนวเส้นย่อยหลายแนว ที่ชัดเจนคือ แนวหนึ่งเข้าไป ทางตะวันตกของปากอ่าวไทย ส่วนอีกแนวผ่านที่ราบภาคกลางเข้ามาทางใต้ของกรุงเทพมหานคร โดยมีนัยการเลื่อนตัวในแนวระดับแบบซ้ายเข้า และมีระยะการเลื่อนประมาณ 15 กิโลเมตร

ส่วนอีก 3 แนวได้แก่ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ -ตะวันตกเฉียงใต้ มีความยาวที่สุด ประมาณ 100 กิโลเมตร, แนวตะวันออก-ตะวันตก มีความยาวที่สุดประมาณ 20 กิโลเมตร และ แนวเหนือ-ใต้ มีความยาวที่สุดป ระมาณ 60 กิโลเมตร โดยที่แนวตะวันออกเฉียงเหนือ -ตะวันตก เฉียงใต้ เป็นรอยเลื่อนแนวระดับแบบขวาเข้าโดยมีระยะเลื่อนตัว 10 กิโลเมตร ส่วนแนวเหนือ -ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก ไม่ปรากฏนัยการเลื่อนตัวที่จัดเจน

ผลของการศึกษาเชื่อว่ารอยเลื่อนในแนวตะวันเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เป็นรอยเลื่อน เก่าและมีความลึกอย่างน้อย 5 กิโลเมตร นอกจากนั้นผลการศึกษานี้สามารถอภิปรายผลในเรื่อง แนวแรงที่มากระทำในอดีตได้ โดยเชื่อว่าน่าจะมีแรงเครียดอัดสูงสุดในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ -ตะวันตกเฉียงใต้

้คำสำคัญ: รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์, การปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศ

Abstract

Airborne magnetic data were used to analyze the geological structures of Three Pagoda Fault Zone (TPF) in order to explain the structural evolution. In this study, the magnetic data were enhanced by (1) false-colored composites (2) analytic signal (ANA) (3) reduction to the pole (RTP) (4) upward continuation (UW) (5) Directional filtering (DIR) and (6) vertical derivative (VD) grid methods.

Preliminary result shows that the study area consists of 4 major lineaments which are divided by direction. The clearly lineament in NW-SE trend have a long line and prominent but narrow, pass through the north of the Sangkhlaburi to Thong Pha Phum and Kanchanaburi. After that the fault begins to spread over a wide area and the obvious one is through the west of Gulf of Thailand. The other is through the central plains to the south of Bangkok. This fault is a sinistral fault and the distance of slip is about 15 km.

The other three lineaments are including the NE-SW, the longest lineament is about 100 km, E-W about 20 kilometers and N-S about 50 kilometers. The NE-SW is a dextral fault and the distance of slip is about 10 km but the N-S and E-W lineaments were not found clearly sense of movement.

The results of the study believe that the lineament in the NW-SE is ancient fault and depth of fault is at least 5 km. According to this result, we can discuss about paleostress analysis. And believe that the maximum compressive stress is in the NE-SW direction

Keyword: Three Pagoda Fault, Airborne magnetic data enhancement.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร .ปัญญา จารุศิริ ที่กรุณาสละเวลา และให้ความรู้ ตลอดจนคาแนะนาในการทางานวิจัยในทุกขั้นตอน

ขอขอบพระคุณกรมทรัพยากรธรณี สำหรับข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ และ โปรแกรมที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพข้อมูล และขอขอบพระคุณ คุณ อภิชาติ ไพยารมณ์(นัก ธรณีวิทยาอาวุโส ของกรมทรัพยากรธรณี) เป็นอย่างมากที่ช่วยจัดหาข้อมูลให้จนจบการศึกษา

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย		
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ବ	
กิตติกรรมประกาศ		
สารบัญ	ป	
สารบัญรูป	ผ	
บทที่ 1 บทน้ำ(Introduction)	1	
1.1 หลักการและเหตุผลและทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง(Literature Review)	1	
1.2 พื้นที่ศึกษา (Location)	3	
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา (Objectives)	4	
1.4 ขอบเขตของการศึกษา (Scope of work)	4	
1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย(Methodology)	4	
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	5	
บทที่ 2 การปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศ	6	
(Magnetic data enhancement)		
2.1 ลักษณะการได้มาของข้อมูล	6	
2.2 วิธีการปรับปรุงข้อมูล	8	
-False color composite	8	
-Reduction to the pole (RTP)	9	
-Vertical derivative (VD)	10	
-Upward continuation (UW)	12	
-Directional cosine filter (DIR)	13	
-Analytic signal (ANA)	14	

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 3 ผลลัพธ์และการแปลความหมาย (Result and interpretation)	15
3.1 ผลของข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศ	15
3.2 การแปลความหมาย	25
-แนวเส้นโครงสร้างและนัยการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน	25
(Lineament and Sense of movement)	
-การเอียงเทของระนาบโครงสร้าง (Dip direction)	31
-ความลึกของรอยเลื่อน (Depth of fault)	33
บทที่ 4 อภิปราย (Discussion)	34
4.1ลักษณะเฉพาะของรอยเลื่อน (Fault characteristic)	34
4.2 การวิเคราะห์แรงเค้นในอดีต (Paleostress analysis)	40
4.3 การแผ่ขยายของรอยเลื่อน (Fault extension)	41
บทที่ 5 สรุปผล (Conclusion)	
อกสารอ้างอิง (Reference)	

 1.1 แผนที่ความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศของประเทศประเทศไทย (ข้อมูลการ 3 สำรวจธรณี ฟิสิกส์ทางอากาศจากกรมทรัพยากรธรณีวิทยา พ.ศ. 2530)

ฐป

- 2.1 แผนที่พื้นที่การบินสำรวจค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (Survey A) โดยพื้นที่ศึกษา 7
 ประกอบไปด้วยข้อมูลจากระดับความสูงหลายระดับ ได้แก่ 1,000 ฟุต, 2,000
 ฟุต, 5,000 ฟุต
- 2.2 ภาพก่อนและหลังการผสมสีเท็จ(False color composite) ซ้ายข้อมูลดิบ(Raw 8 data) ขวาข้อมูลหลังผสมสี(Color raster)
- 2.3 (A)ลักษณะค่าความผิดปกติของวัตถุแม่เหล็กบริเวณขั้วแม่เหล็กโลก (B)ลักษณะ
 9
 ค่าความผิดปกติของวัตถุแม่เหล็กบริเวณระหว่างขั้วแม่เหล็กโลก และศูนย์สูตร
 แม่เหล็กโลก (Gunn et al., 1977)
- ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงข้อมูลด้วยวิธี Reduction to the pole (ซ้าย)ข้อมูล 10
 เดิม (ขวา)ข้อมูลหลังการปรับปรุงด้วยวิธี Reduction to the pole
- 2.5 (A)การรบกวนกันของค่าผิดปกติที่เกิดจากวัตถุแม่เหล็กที่อยู่ใกล้เคียงกัน
 11 (B)เปรียบเทียบค่าความผิดปกติที่เกิดจากวัตถุแม่เหล็กได้แก่ ค่าความเข้ม
 สนามแม่เหล็ก first order และ second order derivative (Paterson et al.,
 1988)
- 2.6 ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงข้อมูลด้วยวิธี Derivative โดยใช้ข้อมูล ที่ผ่านการ 12 ปรับปรุงด้วยวิธี Reduction to the pole เป็นข้อมูลตั้งต้น (ซ้าย)ข้อมูล Reduction to the pole (กลาง)ข้อมูล 1 vertical derivative (ขวา)ข้อมูล 2 vertical derivative

หน้า

รูป		หน้า
2.7	ภาพแสดงลักษณะค่าความผิดปกติที่เกิดจากการปรับปรุงแบบ upward continuation (Paterson et al., 1988)	12
2.8	ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงข้อมูลด้วยวิธี upward continuation โดยใช้ข้อมูล reduction to the pole เป็นข้อมูลตั้งต้น (ซ้าย)ข้อมูล Reduction to the pole (ขวา)ข้อมูลหลังการปรับปรุงด้วยวิธี Upward continuation	13
2.9	รูปก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลด้วยวิธี Directional filtering (ซ้าย) ข้อมูล RTP (กลาง)ข้อมูล RTP ที่ผ่านการกรองสัญญาณในแนว N-S ออก (ขวา) ข้อมูล RTP ที่ผ่านการกรองสัญญาณในแนว E-W ออก	13
2.10	ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงข้อมูลด้วยวิธี Reduction to the pole (ซ้าย)ข้อมูล เดิม (ขวา)ข้อมูลหลังการปรับปรุงด้วยวิธี Analytic signal	14
3.1	แผนที่ residual magnetic ของพื้นที่ศึกษา ลักษณะผิดปกติ (anomaly) จะไม่ ตรงกับวัตถุแม่เหล็กเนื่องจากมุมเอียงเทสนามแม่เหล็กโลกที่กระทำกับพื้นที่	17
3.2	แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี reduction to the pole (Inclination 13 declination -0.38 และ amplitude 79) ลักษณะผิดปกติ (anomaly) จะอยู่ตรงกับวัตถุแม่เหล็ก	18
3.3	แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี reduction to the pole ร่วมกับ Directional filtering โดยตัดสัญญาณในแนว N- S ออกทำให้สังเกตเห็นสัญญาณในแนว E-W ชัดเจนมากยิ่งขึ้น	19

ល្ង

3.4 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี reduction to the pole ร่วมกับ Directional filtering โดยตัดสัญญาณในแนว E-W ออกทำให้สังเกตเห็นสัญญาณในแนว NW-SE และ N-S ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ฐป

- 3.5 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี First 21 vertical derivative แสดงให้เห็นถึงแนวเส้นของวัตถุแม่เหล็กได้มากขึ้นและ ชัดเจนขึ้นกว่า RTP
- 3.6 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี 22 Secondary vertical derivative แสดงให้เห็นถึงแนวเส้นของวัตถุขัดเจนขึ้นกว่า First vertical derivative ในบางส่วน
- 3.7 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี Upward 23 continuation แสดงการเปลี่ยนแปลงความชันของความเข้มสนามแม่เหล็กอย่าง ชัดเจน ซึ่งมีความสำคัญในการแปลความหมายของทิศทางการเอียงเทของวัตถุ แม่เหล็ก
- 3.8 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี Analytic 24 signal แสดงค่าความผิดปกติเป็น สัดส่วนโดยตรงกับค่าความเป็นแม่เหล็ก (magnetic susceptibility) โยไม่ขึ้นอยู่กับทิศทางการวางตัวของวัตถุแม่เหล็ก

หน้า

20

- 3.9 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุง คุณภาพด้วยวิธี reduction to the pole แสดงแนวเส้นในแนว NW-SE ที่มีการแผ่ กระจายเมื่อผ่านจังหวัดกาญจนบุรี (A)โครงสร้างคดโค้งที่มีการเลื่อนตัวแบบซ้าย เข้ามีระยะเลื่อนตัวประมาน 15 กม. อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอ เมืองกาญจนบุรี(B) รอยเลื่อนแนวระดับแบบขวาเข้ามีการเลื่อนตัวประมาน 10 กม.อยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดสุพรรณบุรี (C) รอยเลื่อนแนวระดับแบบซ้ายเข้ามี การเลื่อนตัวประมาน 5 กม. อยู่ทางทิศตะวันออกของอำเภอศรีสวัสดิ์
- 3.10 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุง 28 คุณภาพด้วยวิธี First vertical derivative แสดงแนวเส้นโครงสร้างในแนว N-S ที่ ชัดเจน
- 3.11 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุง 29 คุณภาพด้วยวิธี Secondary vertical derivative แสดงแนวเส้นโครงสร้างในแนว N-S จำนวนมาก
- 3.12 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุง
 30
 คุณภาพด้วยวิธี Analytic signal แสดงแนวของวัตถุแม่เหล็กที่มีความเป็น แม่เหล็กสูงวางตัวในแนว N-S (A) รอยเลื่อนแนวระดับมีการเลื่อนตัวแบบ
- 3.13 แบบจำลองการวางตัวของวัตถุแม่เหล็กกับสัญญาณความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 31
 ได้ (Colin, R., 2005)
- 3.14 แผนที่แนวการวางตัวของโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศที่ 32ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธี upward continuation

หน้า

27

รูป		หน้า
3.15	เปรียบเทียบข้อมูล Upward continuation ที่ระดับการบินสูงกว่าระดับปกติ (A)1,000 เมตร และ (B)5,000 เมตร M	33
4.1	แผนที่แนวเส้นโครงสร้างและการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนจากการแปลผลข้อมูล ความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่างๆ	38
4.2	แผนที่รอยเลื่อนของงานวิจัยที่เคยทำมาแล้วในพื้นที่ศึกษา (A) Nuttalaya and Rau, 1984 (B) ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2547 (C)Won-in, 1999 (D)Morley, 2002	39
4.2	แผนที่รอยเลื่อนของงานวิจัยที่เคยทำมาแล้วในพื้นที่ศึกษา (E)Nutthee,2002	40
4.3	(A)แบบจำลอง Reidel shear (Woodcock and Shubert , 1994) (B)Rose diagram จากข้อมูลแนวเส้นโครงสร้างในการศึกษา ประกอบด้วยแนวรอยเลื่อน หลักในแนว NW-SE คือ Three pagoda fault (TPF)มีนัยการเลื่อนตัวแบบซ้าย เข้า, NNW-SSE คือ Srisawatt fault (SSF) และ NE-SW คือ Tha Khoei Fault (TKF)มีนัยการเลื่อนตัวแบบขวาเข้า	41
4.4	แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากการแปลข้อมูล DEM ไม่พบแนวเส้นโครงสร้างใน บริเวณพื้นที่ราบภาคกลาง	42

บทที่ 1 บทนำ(Introduction)

<u>1.1 หลักการและเหตุผล</u>

จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศทั่วประเทศของกรมทรัพยากรธรณีในระหว่างปี พ.ศ. 2527-2530 ทำให้ได้ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ ซึ่งประกอบไปด้วย ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลก ข้อมูลความเข้มกัมมันตรังสี และได้ข้อมูลความเข้ม สนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำเป็นผลพลอยได้ ในปัจจุบัน ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ เป็นข้อมูล พื้นฐานในการสำรวจธรณีวิทยาและการสำรวจหาแหล่งทรัพยากรแร่ โดยเฉพาะ ข้อมูลความเข้ม สนามแม่เหล็กโลกซึ่งถูกนำมาใช้ในการศึกษาธรณีวิทยาหลายๆด้าน รวมทั้งการศึกษาโครงสร้าง ขนาดใหญ่และธรณีแปรสัญฐานของประเทศ

รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์เป็นรอยเลื่อนขนาดใหญ่อยู่บริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทย มีการวางตัวในทิศ NW-SE พบว่ารอยเลื่อนเจดีย์สามองค์มีความต่อเนื่องมาจากกลุ่มรอยเลื่อนสะ เกียง(วางตัวในแนว N-S)ในประเทศพม่า โดยมีความยาวในพื้นที่ประเทศไทยประมาณ 210 กิโลเมตร ผ่านเข้ามาทางเขตอำเภอสังขละบุรี และทองผาภูมิ ใกล้เขื่อนวชิราลงกรณ์ ผ่านแม่น้ำ แควน้อย แม่น้ำแควใหญ่ จนถึงอำเภอเมืองกาญจนบุรี (Charusiri และคณะ., 2004) พื้นที่นี้จึง เป็นบริเวณที่น่าสนใจในด้านธรณีวิทยาโครงสร้างและธรณีวิทยาแปรสัญฐาน

งานวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาโดยใช้ข้อมูล ความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศที่มีการปรับปรุงคุณภาพ(Enhancement) แล้วและเนื่องจาก การแปลผลข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศสามารถทำได้อย่างรวดเร็วครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณ กว้างทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการสำรวจอย่างคุ้มค่าและสามารถทำได้หลายระดับขั้นสำรวจ ตั้งแต่การสำรวจในระดับไพศาลจนถึงการสำรวจขั้นรายระเอียดทำให้ไดข้อมูลทั้งในระดับพื้นผิว ระดับตื้นและในระดับลึกจึงเป็นประโยชน์มากในงานวิจัยนี้

<u>ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)</u>

แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ (2534) กล่าวถึงรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ว่า เป็นรอยเลื่อนที่วางตัว ขนานกับรอยเลื่อนแม่ปิง ที่วางตัวอยู่ในแนว NW-SE และเป็นรอยเลื่อนที่ยาวต่อเนื่องจากสหภาพ พม่า ผ่านด่านเจดีย์สามองค์ในอำเภอสังขละบุรี ปรากฏเป็นแนวยาวตามแม่น้ำแควน้อย จนถึง จังหวัดราชบุรี และยาวต่อเนื่องถึงอ่าวไทยมีความยาวประมาณ 350 กิโลเมตร โดยตัดผ่านหิน ตั้งแต่มหายุคพาลีโอโซอิก ถึงมหายุคมีโซโซอิก โดยมีการเคลื่อนตัวในแนวราบแบบเหลื่อมขวา

ปัญญา จารุศีริ และคณะ (2547) ศึกษาข้อมูลโทรสัมผัส และพบว่ารอยเลื่อนเจดีย์สาม องค์มีความต่อเนื่องมาจากกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย(วางตัวในแนว N-S)ในประเทศพม่า โดยมีความ ยาวในพื้นที่ประเทศไทยประมาณ 210 กิโลเมตร ผ่านเข้ามาทางเขตอำเภอสังขละบุรี และทองผา ภูมิ ใกล้เชื่อนวชิราลงกรณ์ ผ่านแม่น้ำแควน้อย แม่น้ำแควใหญ่ จนถึงอำเภอเมืองกาญจนบุรี ข้อมูลโทรสัมผัสนี้แสดงว่ารอยเลื่อนเจดีย์สามองค์นี้ ประกอบด้วยรอยเลื่อนย่อยหลายแนววางตัว ต่อเนื่องกัน โดยมีขนาดตั้งแต่ 30 กิโลเมตร จนถึง 115 กิโลเมตร นอกจากข้อมูลโทรสัมผัสแล้วยังมี การศึกษาด้วยวิธีการรังวัดพื้นที่อย่างละเอียดและการศึกษาภาคสนาม พบว่า รอยเลื่อยเจดีย์สาม องค์ในปัจจุบันมีการเลื่อนตัวในแนวราบ แบบเหลื่อมขวา ควบคู่กับการเลื่อนตัวแนวดิ่งแบบย้อน มุมกลับ

Nutalaya and Rau (1984) ได้ศึกษาข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ และ ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน(Seismic data) พบว่ารอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ผ่านเข้ามาในที่ราบภาค กลาง โดยแบ่งออกเป็น 3 รอยเลื่อนได้แก่ แควใหญ่ แควน้อย และเพชรบุรี โดยมีการเลื่อนตัวแบบ ขวาเข้า และ ถูกตัดด้วยรอยเลื่อนในแนว NE-SW ได้แก่ ท่าคลองและแม่คลอง ซึ่งมีการเลื่อนตัว แบบซ้ายเข้า

Won-in (1999) ได้แปลความหมายภาพดาวเทียม Landsat 5 TM และภาพดาวเทียม JERS (SAR) ของกลุ่มรอยเลื่อยเจดีย์สามองค์ สามารถแบ่งรอยเลื่อนได้ 5 รอยเลื่อนย่อย และ จัดเก็บตัวอย่างผงรอยเลื่อน และตะกอนน้ำพัดพาที่สัม พันธ์กับรอยเลื่อน ไปหาอายุด้วยวิธีเรือง แสงด้วยความร้อน พบว่ามีการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนอย่างน้อย 5 ครั้ง คือเมื่อช่วงอายุ 1.00-0.97, 0.58-0.46, 0.18, 0.14-0.145 และ 0.02 ล้านปี จากข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลการ กระจายตัวของศูนย์กลางแผ่นดินไหว ตำแห น่งน้ำพุร้อน และข้อมูลการไหลของความร้อนใต้ผิว โลก จึงประเมินได้ว่าการเลื่อนตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ เป็นการเลื่อนตัวในแนวราบ แบบเหลื่อมขวา

Charusiri และคณะ (1993) ได้ทำการศึกษาอายุหินแกรนิตด้วยวิธี ⁴⁰Ar/³⁹Ar พบว่า หินแกรนิตในแนวตะวันตกมีอายุอยู่ในช่วง Late Cretaceous – Middle Tertiary และเป็น หินแกรนิตแบบ S-type Morley (2001) กล่าวว่าช่วงสุดท้ายของการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้าของรอยเลื่อนเจดีย์สาม องค์และเปลี่ยนเป็นการเลื่อนตัวแบบขวาเข้าอยู่ในช่วง Late Oligocene – Early Miocene ซึ่ง สัมพันธ์กับการเปิดแอ่งตะกอนในแนวเหนือ-ใต้

Sangsompong (2005) ทำการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างและธรณีแปรสัญฐานในเขต รอยเลื่อนแม่ปิงและบริเวณสุดภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ทาง อากาศโดยใช้วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพข้อมูล 3 วิธีคือ the analytical signal(ANA), reduction to the pole (RTP) and vertical derivative (VD) grid methods

Ridd and Morley (2010) ได้ทำการแปลภาพจาก Google earth พบโครงสร้างเส้นของ รอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ส่วนหนึ่งผ่านพื้นที่ภาคกลางไปจนถึงพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศ ไทย

<u>1.2 พื้นที่ศึกษา (Location)</u>

ขอบเขตพื้นที่ที่ศึกษาวางอยู่ตามแนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ อยู่ในบริเวณจังหวัด กาญจนบุรี, ราชบุรี, เพชรบุรี, อุทัยธานี, สุพรรณบุรี, นครปฐม, สมุทรสงคราม, สมุทรสาคร, นนทบุรี, กรุงเทพมหานคร, และสมุทรปราการ โดยมีพื้นที่ศึกษาประมาณ 20,000 ตารางกิโลเมตร พิกัดภูมิศาสตร์

- ละติจูดที่ 12° 30' 00" ถึง 15° 30' 00" N
- ลองติจูดที่ 98° 00' 00" ถึง 100° 45' 00"E



รูป 1.1 แผนที่ความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ ของประเทศประเทศไทย (ข้อมูลการสำรวจธรณี ฟิสิกส์ทางอากาศจากกรมทรัพยากรธรณีวิทยา พ.ศ. 2530) จากแผนที่แสดงถึงบริเวณพื้นที่ศึกษา

<u>1.3 วัตถุประสงค์ (Objectives)</u>

วิเคราะห์โครงสร้างทางธรณีวิทยาในบริเวณเขตรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์เพื่อตรวจหา ลักษณะการวางตัวและรายละเอียดของโครงสร้างสำคัญ เพื่อใช้ในการอธิบายการวิวัฒนาการของ โครงสร้างจากอดีตถึงปัจจุบัน

<u>1.4 ขอบเขตของการศึกษา (Scope of work)</u>

การศึกษานี้เน้นการแปลความหมายจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศเพื่ออธิบาย ถึงโครงสร้างทางธรณีวิทยา โดยไม่ใช้ข้อมูลเข้มกัมมันตรังสีและข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็ก ความถี่ต่ำเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลา

<u>1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย (Methodology)</u>

 1.ศึกษารายงานเก่าและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหัวข้องานวิจัย หลังจากกำหนดรายละเอียดพื้นที่ ขอบเขต วัตถุประสงค์ และแนวคิดเหตุผลในการศึกษา แล้วจะดำเนินการศึกษารวบรวมเอกสาร และรายงานทางวิชาการที่เกี่ยวข้องทางด้านการแปล ความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศข้อมูลธรณีวิทยาข้อมูลธรณีเคมีและข้อมูลธรณีแปร สัณฐาน ที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้วในพื้นที่ศึกษา และพื้นที่ใกล้เคียงที่ได้มีการศึกษามาก่อนจากนั้น ศึกษาทฤษฎีและหลักวิธีในการศึกษาที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร และรายงานทางวิชาการของงานวิจัย ที่ผ่านมา

2.รวบรวมและปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศ

การนำข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศ มาศึกษาทางธรณีวิทยา จำเป็นต้องทำการการ ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลเพื่อเน้นให้เห็นโครงสร้างธรณีวิทยาและขอบเขตหินที่ขัดเจนขึ้น วิธีการการ ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลมีหลายวิธี ในการศึกษาครั้งนี้ทำการการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลโดยใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Oasis montaj v6.1 เป็นเครื่องที่ช่วยใช้ในปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลความ เข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ 3.แปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์

แปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กในลักษณะแนวเส้นโครงสร้าง(Lineament) โดยใช้การแปลจากสายตา(Visual interpretation) ร่วมกับข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) ของ กรมทรัพยากรธรณีโดยใช้โปรแกรม Arcmap 9.3

4.รวบรวม วิจารณ์ สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน

นำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์ สรุป วิจารณ์ผล และอธิบายถึงธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่ และเขียนรายงาน

<u>แผนผังขั้นตอนการวิจัย</u>



<u>1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ</u>

5.1 ทราบถึงโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สำคัญในบริเวณเขตรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

5.2 แผนที่โครงสร้างทางธรณีวิทยาจากการแปลข้อมูลความเข้าสนามแม่เหล็กทางอากาศ

5.3 สามารถอธิบายถึงแนวแรงที่ทำให้เกิดโครงสร้าง

บทที่ 2

การปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ

(Magnetic data enhancement)

2.1 ลักษณะการได้มาของข้อมูล

งานสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศทั่วประเทศ เป็นส่วนหนึ่งของงานภายใต้โครงการพัฒนา ทรัพยากรธรณี โดยกรมทรัพยากรธรณีได้ว่าจ้างให้บริษัท Kenting Earth Science Ltd. จาก ประเทศ แคนาดา (ภายหลังเปลี่ยนชื่อเป็น Kenting Earth Science International Ltd.) เป็น ผู้ดำเนินการโดยเริ่มตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2527 และเสร็จสิ้นในเดือนมีนาคม 2530

การสำรวจประกอบไปด้วย การสำรวจวัดความเข้มสนามแม่เหล็กความละเอียดสูง (Survey A) และการสำรวจความเข้มกัมมันตรังสีความไวสูง (Survey B และ C) ครอบคุลมพื้นที่ ทั่วประเทศ โดยในที่นี้จะเน้นรายละเอียดเฉพาะการสำรวจที่ศึกษาคือ การสำรวจความเข้ม สนามแม่เหล็กความระเอียดสูง(Survey A)

การสำรวจวัดความเข้มสนามแม่เหล็กความระเอียดสูง(Survey A) บินสำรวจด้วย เครื่องบินปีกแข็ง 2 เครื่องยนต์ ชนิด Cessna 404 Titans ติดตั้งเครื่องมือแมกนีโตมิเตอร์ (Magnetometer) บินสำรวจในพื้นที่เกือบทั่วประเทศระดับความสูงต่างๆ กันขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิ ประเทศ โดยในพื้นที่ราบลุ่มบินสำรวจ ณ ระดับความสูง 1,000 ฟุต (300 เมตร) เหนือระดับภูมิ ประเทศเฉลี่ย(MTC) ส่วนในพื้นที่ภูเขาแบ่งออกเป็นบล็อกตามความสูงเฉลี่ยของภูมิประเทศ บิน สำรวจที่ความสูงคงที่เหนือระดับน้ำทะเลเฉลี่ย(ASL) ตั้งแต่ 1,500 ฟุต (450 เมตร), 2,000 ฟุต (600 เมตร), 3,000 ฟุต (900 เมตร), 5,000 ฟุต (1,500 เมตร), 6,000 ฟุต (1800 เมตร) และ 7,500 ฟุต (2,250 เมตร) (รูป 2.1) ในแนวเหนือ-ใต้ โดยมีระยะระหว่างเส้นบินสำรวจประมาณ 1 กิโลเมตร ในการบินสำรวจดังกล่าวได้ทำการบินสำรวจในแนวตะวันออก -ตะวันตก ที่ระดับความ สูงเดียวกันโดยมีระยะห่างระหว่างเส้นบินสำรวจ 14 กิโลเมตร เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการปรับระดับ (levelling) ในการทำแผนที่



รูป 2.1 แผนที่พื้นที่การบินสำรวจค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (Survey A) โดยพื้นที่ศึกษา ประกอบไปด้วยข้อมูลจากระดับความสูงหลายระดับ ได้แก่ 1,000 ฟุต, 2,000 ฟุต, 5,000 ฟุต

คือกระบวนการปรังปรุงเปลี่ยนแปลงข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้มาเฉพาะข้อมูลที่ผู้ แปลความหมายสนใจ

2.2.1 False color composite

เป็นการผสมสีให้กับข้อมูลดิบ(Raw data)โดยอาศัยสเปคตรัมในธรรมชาติได้แก่ แดง เขียว น้ำเงิน มาผสมกันทำให้ได้ข้อมูลสี(Color raster) ซึ่งมีความน่าสนใจ และสังเกตจุดผิดปกติต่างๆ ได้ง่าย ขึ้น



รูป 2.2 ภาพก่อนและหลังการผสมสีเท็จ(False color composite) ซ้ายข้อมูลดิบ(Raw data) ขวาข้อมูลหลังผสมสี(Color raster)

2.2.2 Reduction to the pole

ที่ตำแหน่งขั้วแม่เหล็กโลกเหนือและใต้ มีมุมเอียงสนามแม่เหล็กโลกเท่ากับ 90 องศาค่า ผิดปกติสนามแม่เหล็กที่เป็นบวกจะวางตัวอยู่เหนือวัตถุแม่เหล็ก (รูป 2.3 A)

ที่ตำแหน่งศูนย์สูตรแม่เหล็กโลกมุมเอียงสนามแม่เหล็กโลกเท่ากับ 0 องศาค่าผิดปกติ สนามแม่เหล็กที่เป็นลบจะวางตัวอยู่เหนือวัตถุแม่เหล็ก

ที่ตำแหน่งที่มีมุมเอียงสนามแม่เหล็กโลกเท่ากับ 45 องศาค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กจะ วางตัวพาดผ่าน (cross over) ตรงกึ่งกลางตัววัตถุแม่เหล็ก (รูป 2.3 B)

B

รูป 2.3 (A)ลักษณะค่าความผิดปกติของวัตถุแม่เหล็กบริเวณขั้วแม่เหล็กโลก (B)ลักษณะค่าความ ผิดปกติของวัตถุแม่เหล็กบริเวณระหว่างขั้วแม่เหล็กโลก และศูนย์สูตรแม่เหล็กโลก (Gunn et al., 1977)



รูป 2.4 ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงข้อมูลด้วยวิธี Reduction to the pole (ซ้าย)ข้อมูลเดิม (ขวา)ข้อมูลหลังการปรับปรุงด้วยวิธี Reduction to the pole

ที่ตำแหน่งอื่นๆ ที่ต่างจากตัวอย่างข้างต้น สนามแม่เหล็กจะมีรูปร่างไม่สมมาตร ทำให้แปล ความหมายได้ยาก และไม่สามารถเขียนขอบเขตของวัตถุแม่เหล็กได้อย่างถูกต้องแม่นยำ แก้ไขได้ โดยวิธีการ Reduction to the pole ซึ่งเป็นการบวนการปรับความเข้มสนามแม่เหล็กที่ละติจูด ต่างๆ ที่ทิศทางของสนามแม่เหล็กเอียงตัวทำมุมกับระนาบไปสู่ค่าสนามแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็กโลก

2.2.3 Derivatives

ค่าผิดปกติความเข้มสนามแม่เหล็กรวม มักจะมีลักษณะที่กว้างกว่าตัววัตถุ ทำให้เกิด ปัญหาการรบกวนกันระหว่างค่าผิดปกติที่อยู่ใกล้เคียง(รูป 2.5 A) ยากต่อการแบ่งขอบเขตของวัตตุ แม่เหล็กแต่ละตัว การปรับปรุงข้อมูลด้วยวิธีนี้จะเน้นขอมูลที่มีความถี่สูงให้เด่นชัดขึ้น และลดความเด่นของ ข้อมูลที่มีความยาวคลื่นมาก จึงช่วยแยกค่าความผิดปกติที่เกิดจากการรบกวนชองวัตถุแม่เหล็ กที่ อยู่ใกล้กันออกจากกันได้ชัดเจน โดยข้อมูล second order vertical derivative จะสามารถแยก ขอบเขตของวัตถุแม่เหล็กได้ดีกว่า first order แต่ต้องมั่นใจว่าข้อมูลดิบแรกเริ่มมีคุณภาพดี (รูป 2.5 B)

B

รูปที่ 2.5 (A)การรบกวนกันของค่าผิดปกติทีเกิดจากวัตถุแม่เหล็กที่อยู่ใกล้เคียงกัน (B)เปรียบเทียบค่าความผิดปกติที่เกิดจากวัตถุแม่เหล็กได้แก่ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก first order และ second order derivative (Paterson et al., 1988)



รูป 2.6 ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงข้อมูลด้วยวิธี Derivative โดยใช้ข้อมูล ที่ผ่านการปรับปรุง ด้วยวิธี Reduction to the pole เป็นข้อมูลตั้งต้น (ซ้าย)ข้อมูล Reduction to the pole (กลาง) ข้อมูล 1 vertical derivative (ขวา)ข้อมูล 2 vertical derivative

2.2.4 Upward Continuation

ใช้ในการคำนวณหาค่าความผิดปกติ ณ ระดับที่สูงเหนือกว่าระดับที่วัดค่า โดยเป็นวิธีที่ทำ ให้ค่าผิดปกติความเข้มสนามแม่เหล็กในระดับตื้นดูเรียบและกว้างขึ้นทำให้ลดค่ารบกวนบริเวณ พื้นผิว(surface noise) และเน้นค่าผิดปกติที่อยู่ในระดับลึก และค่าความเข้มแม่เหล็กที่เกิดจาก วัตถุแม่เหล็กระดับไพศาล

การทำ Upward Continuation ยังเป็นการลดระดับความลึกของข้อมูลที่สำรวจได้โดยเมื่อ ทำ Upward continuation ในระดับที่สูงขึ้น ข้อมูลที่ได้ก็จะมีระดับตื้นขึ้นด้วย



รูป 2.7 ภาพแสดงลักษณะค่าความผิดปกติที่เกิดจากการปรับปรุงแบบ upward continuation (Paterson et al., 1988)



รูป 2.8 ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงข้อมูลด้วยวิธี upward continuation โดยใช้ข้อมูล reduction to the pole เป็นข้อมูลตั้งต้น (ซ้าย)ข้อมูล Reduction to the pole (ขวา)ข้อมูล หลังการปรับปรุงด้วยวิธี Upward continuation

2.2.5 Directional Filtering

เป็นการกรองสัญญาณในทิศทางที่เราไม่ต้องการ หรือเน้นสัญญาณในทิศทางใดเป็น พิเศษ เช่น กรองเอาสัญญาณในทิศ N-S ออกเป็นต้น



2.2.6 Analytic signal

เป็นการปรับปรุงข้อมูลที่ทำให้ผลขอค่าความผิดปกติความเข้มสนามแม่เหล็กที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับทิศ ทางการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก แต่ค่า Amplitude ที่ได้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความ เป็นแม่เหล็กของวัตถุแม่เหล็ก



รูป 2.10 ภาพก่อนและหลังการปรับปรุงข้อมูลด้วยวิธี Reduction to the pole (ซ้าย) ข้อมูลเดิม (ขวา)ข้อมูลหลังการปรับปรุงด้วยวิธี Analytic signal

บทที่ 3

ผลลัพธ์และการแปลความหมาย(Result and interpretation)

<u>3.1 ผลลัพธ์ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ</u>

ในการศึกษานี้จะแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศในรูปแผนที่ ซึ่งได้แก่ ข้อมูล Residual magnetic, reduction to the pole, derivative, directional filtering และ analytic signal

ข้อมูล residual magnetic (รูป 3.1) แสดงค่าความเป็นแม่เหล็กต่ำเป็นแนวตั้งแต่อำเภอ เมือง กาญจนบุรี มาจนถึงอำเมือง สมุทรสาคร เนื่องจากการเอียงเทของสนามแม่เหล็กโลก(รูป 2.3 B) ทำให้ความเข้มสนามแม่เหล็กสูดสุดที่ได้ไม่ตรงกับวัตถุแม่เหล็ก

ข้อมูล reduction to the pole(RTP) (รูป 3.2)เป็นข้อมูลที่สำคัญและช่วยในการแปลผล เป็นอย่างมากเพราะทำให้ความเข้มแม่เหล็กสูงสุดอยู่ตรงกับตัววัตถุแม่เหล็ก ทำให้ระบุตำแหน่ง ของวัตถุแม่เหล็กได้ดีกว่าแผนที่ residual magnetic จากข้อมูล RTP แสดงให้เห็นถึงแนววัตถุ แม่เหล็กที่วางตัวในแนว NW-SE ลักษณะเป็นเส้นตั้งแต่อำเภอทองผาภูมิมาจนถึงที่ราบภาคกลาง ซึ่งมีความเข้มแม่เหล็กสูงกว่าบริเวณรอบข้างมาก โดยมีความเข้มแม่เหล็กประมาณ 20 nT และ พบบริเวณที่มีความเข้มแม่เหล็กต่ำอยู่ 2 บริเวณคือ ทางตะวันตกเฉียงให้ของพื้นที่ตามแนวแม่น้ำ แควน้อย และบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของพื้ นที่บริเวณอำเภอเมืองนครปฐม โดยมีความเข้ม แม่เหล็กประมาน -50 nT

ข้อมูล directional filtering (DIR) (รูป 3.3 และ 3.4) เป็นข้อมูลที่กรองสัญญาณใน ทิศทางที่เราไม่ต้องการออก ทำให้เห็นข้อมูลในทิศทางอื่นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างจากข้อมูล ที่ กรองสัญญาณในทิศทาง N-S ออก ทำให้สังเกตเห็นแนวเส้นในทิศทาง ตะวันออก- ตะวันตก ได้ ขัดเจนมากยิ่งขึ้น ข้อมูล first vertical derivative (รูป 3.5) และ secondary vertical derivative (รูป 3.6) เป็นข้อมูลที่สามารถระบุขอบเขตของวัตถุแม่เหล็กได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ทำให้เราสามารถแยกวัตถุ แม่เหล็กที่อยู่ใกล้เคียงกันออกจากกันได้ รวมถึงสามารถเห็นแนวเส้นโครงสร้างได้มากขึ้นอีกด้วย จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าวัตถุแม่เหล็กที่แสดงความเข้มแม่เหล็กสูงในข้อมูล RTP ประกอบไปด้วย วัตถุแม่เหล็กความเข้มต่ำและสูงแทรกสลับกัน

ข้อมูล upward continuation (รูป 3.7) แสดงข้อมูลราบเรียบ เนื่องจากเป็นการกำจัด สัญญาณรบกวนในระดับตื้นออกไปทำให้มองเห็นความชันของสัญญาณแม่เหล็กได้อย่างชัดเจน

ข้อมูล Analytic signal (รูป 3.8) เป็นข้อมูลที่แสดงค่าความเป็นแม่เหล็กของวัตถุ (magnetic susceptibility) อย่างเดียวโดยไม่ได้สนใจทิศทางการวางตัว จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า วัตถุแม่เหล็กที่มีความเข้มแม่เหล็กสูง ในแนว NW-SE เป็นวัตถุแม่เหล็กที่มีค่าว่าเป็นแม่เหล็กสูง อีกทั้งยังพบแนววัตถุแม่เหล็กที่มีค่าความเป็นแม่เหล็กสูงกระจายอยู่เหนือแนว NW-SE ดังกล่าว โดยมีการวางตัวในแนว N-S



รูป 3.1 แผนที่ residual magnetic ของพื้นที่ศึกษา ลักษณะผิดปกติ (anomaly) จะไม่ตรง กับวัตถุแม่เหล็กเนื่องจากมุมเอียงเทสนามแม่เหล็กโลกที่กระทำกับพื้นที่



รูป 3.2 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี reduction to the pole (Inclination 13 declination -0.38 และ amplitude 79)ลักษณะผิดปกติ (anomaly) จะอยู่ตรงกับวัตถุแม่เหล็ก



รูป 3.3 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี reduction to the pole ร่วมกับ Directional filtering โดยตัดสัญญาณในแนว N-S ออกทำให้ สังเกตเห็นสัญญาณในแนว E-W ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



รูป 3.4 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี reduction to the pole ร่วมกับ Directional filtering โดยตัดสัญญาณในแนว E-W ออกทำให้ สังเกตเห็นสัญญาณในแนว NW-SE และ N-S ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



รูป 3.5 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี First vertical derivative แสดงให้เห็นถึงแนวเส้นของวัตถุแม่เหล็กได้มากขึ้นและชัดเจนขึ้นกว่า RTP



รูป 3.6 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี Secondary vertical derivative แสดงให้เห็นถึงแนวเส้นของวัตถุชัดเจนขึ้นกว่า First vertical derivative ในบางส่วน



รูป 3.7 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี Upward continuation แสดงการเปลี่ยนแปลงความชันของความเข้มสนามแม่เหล็กอย่างชัดเจน ซึ่ง มีความสำคัญในการแปลความหมายของทิศทางการเอียงเทของวัตถุแม่เหล็ก



รูป 3.8 แผนที่พื้นที่ศึกษาที่ปรับปรุงคุณภาพข้อมูลความเข้มสนามเหล็กด้วยวิธี Analytic signal แสดงค่าความผิดปกติเป็น สัดส่วนโดยตรงกับค่าความเป็นแม่เหล็ก (magnetic susceptibility) โยไม่ขึ้นอยู่กับทิศทางการวางตัวของวัตถุแม่เหล็ก

3.2.1 แนวเส้นโครงสร้างและนัยการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน (Lineament and sense of movement)

จากข้อมูล Reduction to the pole (รูป 3.9) พบแนวเส้นโครงสร้างหลักอยู่ในแนว NW-SE ซึ่งแนวที่ขัดที่สุดคือ แนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียง โดยพบเป็นแนวเส้นที่เด่นขัดยาว แต่แคบในทางตอนใต้ของอำเภอทองผาภูมิผ่านอำเภอทองผาภูมิไปจนถึงอำเภอเมืองจังหวัด กาญจนบุรีหลังจากนั้นแนวเส้นเริ่มแตกออกเป็นบริเวณกว้างและปรากฏเป็นแนวเส้นย่อยหลาย แนวที่ขัดเจนคือ แนวหนึ่งเข้าไปทางตะวันตกของปากอ่าวไทย ส่วนอีกแนวหนึ่งผ่านที่ราบภาค กลางเข้ามาทางใต้ของกรุงเทพมหานคร นอกจากนี้ยังพบแนวเส้นในแนว E-W และ NE-SW โดย แนวเส้น E-W พบเป็นกลุ่มอยู่ทางตอนเหนือของอำเภอศรีสวัสดิ์ส่วนแนวเส้น NE-SW พบอยู่ บริเวณอำเภอบ่อพลอยและอำเภอเมืองสุพรรณบุรี

ส่วนนัยการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน พบด้วยกัน 3 จุด สำหรับจุดแรก(รูป 3.9 A) อยู่ทางทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอเมืองกาญจนบุรี พบวัตถุแม่เหล็ก วางตัวในแนว NW-SE ลักษณะ คล้ายแนวการคดโค้ง(Fold) โดยมีการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า โดยมีระยะการเลื่อนตัวประมาณ 15 กิโลเมตร สำหรับจุดที่ 2 (รูป3.9 B) อยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดสุพรรณบุรี พบการเลื่อนตัวของรอย เลื่อนแนวระดับที่วางตัวในแนว NE-SW แบบขวาเข้า โดยมีระยะการเลื่อนตัวประมาณ 10 กม และ จุดสุดท้าย(รูป 3.9 C) อยู่ทางทิศตะวันออกของอำเภอศรีสวัสดิ์ พบการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนแนว ระดับในแนว NW-SE แบบซ้ายเข้าโดยมีระยะการเลื่อนตัว ประมาณ 5 กม

จากข้อมูล First vertical derivative(รูป3.10) พบแนวเส้นโครงสร้างในแนว NW-SE ตั้งแต่ ชายแดนประเทศผ่านตอนเหนือของอำภอสังขละบุรี และพบแนวเส้นแตกแขนงไปทางภาคใต้ของ ประเทศไทย โดยแนวเส้นโดยรวมมีความต่อเนื่องมากกว่าข้อมูล RTP นอกจากนี้ยังพบแนวเส้นใน แนว N-S ชัดเจนขึ้นโดยแนวเส้น N-S ส่วนใหญ่พบอยู่บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ จากข้อมูล Secondary vertical derivative (รูป 3.11) พบแนวเส้นในแนว N-S มากขึ้น โดยพบกระจายอยู่ทั่วพื้นทางตอนเหนือของแนวเส้นหลักในแนว NW-SE

จากข้อมูล Analytic signal (รูป3.12) พบแนวของวัตถุแม่เหล็กที่มีความเป็นแม่เหล็กสูง วางตัวอยู่ในแนวเหนือใต้ 6 แนว มีความกว้าง 7-20 กิโลเมตร วางตัวอยู่ห่างกันประมาน 10-30 กิโลเมตร และพบการเลื่อนตัว 1 จุด(รูป3.12 A) อยู่บริเวณ ตะวันตกของเขื่อนศรีนครีนครีนทร์เป็น รอยเลื่อนในแนว NW-SE มีการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า และมี ระยะการเลื่อนตัวประมาน 5 กม ครับ

จากข้อมูลทั้งหมดจะเห็นลักษณะ High magnetic anomaly ตามแนวโครงสร้างหลัก NW-SE บริเวณตั้งแต่จังหวัดกาญจนบุรีลงมาผ่านเข้าไปในที่ราบภาคกลางบริเวณกรุงเทพ โดยมี ความยาวประมาณ 150 กม. มีความกว้างที่สุดประมาณ 40 กม. ซึ่งสามารถแปลผลได้หลายอย่าง แต่เชื่อว่าน่าจะเป็นผลมาจาก Metamorphic core complex ที่ปรากฏตามแนวโครงสร้าง





รูป 3.9 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธี reduction to the pole แสดงแนวเส้นในแนว NW-SE ที่มีการแผ่กระจายเมื่อผ่านจังหวัดกาญจนบุรี (A)โครงสร้างคดโค้งที่มีการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้ามีระยะเลื่อนตัวประมาน 15 กม. อยู่ทางทิศตะวันตก เฉียงเหนือของอำเภอเมืองกาญจนบุรี(B) รอยเลื่อนแนวระดับแบบขวาเข้ามีการเลื่อนตัวประมาน 10 กม.อยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดสุพรรณบุรี (C) รอยเลื่อนแนวระดับแบบซ้ายเข้ามีการเลื่อนตัวประมาน 5 กม. อยู่ทางทิศตะวันอก 5 กม. อยู่ทางทิศตะวันออกของอำเภอศรีสวัสดิ์



รูป 3.10 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุง คุณภาพด้วยวิธี First vertical derivative แสดงแนวเส้นโครงสร้างในแนว N-S ที่ชัดเจน



รูป 3.11 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุง คุณภาพด้วยวิธี Secondary vertical derivative แสดงแนวเส้นโครงสร้างในแนว N-S จำนวนมาก

29





รูป 3.12 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากข้อมูล
 ความเข้มแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุงคุณภาพ
 ด้วยวิธี Analytic signal แสดงแนวของวัตถุ
 แม่เหล็กที่มีความเป็นแม่เหล็กสูงวางตัวในแนว
 N-S (A) รอยเลื่อนแนวระดับมีการเลื่อนตัวแบบ
 ช้ายเข้า ระยะการเลื่อนตัวประมาน 5 กม.

3.2.2 การเอียงเทของระนาบโครงสร้าง (Dip direction)

การเอียงเทของระนาบโครงสร้างสามารถแปลผลได้จากความชันของข้อมูลความเข้า สนามแม่เหล็กโดยการเอียงเทจะมีทิศทางไปในด้านที่มีความชันสนามแม่เหล็กน้อยกว่า(รูป 3.13) โดยในที่นี้จะใช้ข้อมูลที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธี Upward continuation ในการแปลผลเนื่องจาก เป็นข้อมูลที่มีคลื่นรบกวนระดับตื้นน้อยทำให้มองเห็น ความชันของความเข้มสนามแม่เหล็กได้ดี

จากการแปลผล แนวโครงสร้างหลักในแนว NW-SE ในส่วนเหนือจังหวัดกาญจนบุรี มี การเอียงเทในทิศ NE ส่วนตอนล่างของจังหวัดกาญจนบุรีมีการเอียงเทในทิศ SW



รูป 3.13 แบบจำลองการวางตัวของวัตถุแม่เหล็กกับสัญญาณความเข้ม สนามแม่เหล็กที่ได้ (Colin, R., 2005)



รูป 3.14 แผนที่แนวการวางตัวของโครงสร้างจากข้อมูลความเข้มแม่เหล็กทาง อากาศที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธี upward continuation โดยแนวโครงสร้างหลักในแนว NW-SE ในส่วนเหนือจังหวัดกาญจนบุรี มีการเอียงเทในทิศ NE ส่วนตอนล่างของจังหวัด กาญจนบุรีมีการเอียงเทในทิศ SW โดยลักษณะ High anomaly ตามแนวโครงสร้างหลัก เชื่อว่าเกิดจาก Metamorphic core complex

3.2.3 ความลึกของรอยเลื่อน(Depth of fault)

จากข้อมูล Upward continuation พบว่าเมื่อปรับระดับการบินให้สูงกว่าระดับบินปกติ 5 กิโลเมตร พบว่าแนวเส้นโครงสร้าง หลักในแนว NW-SE ได้หายไป จึงประมาณความลึกคร่าวๆ ของแนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กในการศึกษานี้ได้ว่ามีความลึก อย่างน้อย 5 กิโลเมตร



รูป3.15 เปรียบเทียบข้อมูล Upward continuation ที่ระดับการบินสูงกว่าระดับปกติ (A)1,000 เมตร และ (B)5,000 เมตร M

<u>3.3 ลักษณะเฉพาะของรอยเลื่อน (Fault characteristic)</u>

จากข้อมูลแนวเส้นโครงสร้างและการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนทั้งหมดที่แปลผลได้จากข้อมูล ความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุงด้วยวิธีต่างๆ สามารถสรุปได้ดังรูป 3.16 โดยแนว เส้นโครงสร้างที่ได้ประกอบด้วย 4 แนวคือ NW-SE, NE-SW, N-S และ E-W

โดยแนวเส้นโครงสร้างที่พบใหม่ในงานวิจัยนี้ได้แก่ แนวเส้นโครงสร้างสุพรรณบุรี (Suphanburi Lineament), แนวเส้นโครงสร้างราชบุรี-กรุงเทพ (Ratchaburi-Bangkok Lineament), แนวเส้น โครงสร้างสังขละบุรี (Sangkhlaburi Lineament), แนวเส้นโครงสร้างด่านช้าง-บ้านไร่ (Dan Chang-Ban Rai Lineament), แนวเส้นโครงสร้างนครปฐม (Nakornpratom Lineament) และ แนวเส้นโครงสร้างศรีนครินทร์ (Srinakarin Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างในแนว ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้

รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Three Pagoda Fault)

รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์รอยเลื่อนหลักของพื้นที่ศึกษาที่เริ่มตั้งแต่ชายแดนประเทศผ่าน อำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และแตกแขนงเข้าไปในที่ราบภาคกลางผ่าน กรุงเทพมหานคร มีความยาวแนวเส้น ย่อยๆ 20-100 กิโลเมตร โดยมีความยาวรวมทั้งแนว 340 กิโลเมตร มีนัยการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้าระยะเลื่อนตัวประมาณ 15 ในส่วนเหนือจังหวัดกาญจนบุรี มีการเอียงเทในทิศ NE ส่วนตอนล่างของจังหวัดกาญจนบุรีมีการเอียงเทในทิศ SW

แนวเส้นโครงสร้างสุพรรณบุรี (Suphanburi Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างสุพรรณบุรีเป็นแนวเส้นเดี่ยวอยู่ทางใต้จังหวัดสุพรรณบุรี ผ่านอำเภอ บางปลาม้าและอำเภอบางซ้าย มีความยาวแนวเส้น 55 กิโลมเมตร ตัดคลองท่าว้าและแม่น้ำ สุพรรณบุรี

แนวเส้นโครงสร้างราชบุรี-กรุงเทพ (Ratchaburi-Bangkok Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างราชบุรี-กรุงเทพเป็นแนวเส้นเดี่ยวผ่านใต้จังหวัดราชบุรีผ่านอำเภอบ้าน แพ้ว ไปถึง กรุงเทพมหานคร โดยตัดผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีการ Spray ของรอยเลื่อนเจดีย์สาม องค์ มีความยาวเส้น 175 กิโลเมตร

<u>แนวเส้นโครงสร้างในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้</u>

รอยเลื่อนท่าเคย (Tha Khoei Fault)

รอยเลื่อนท่าเคยตั้งชื่อตาม Nuttalaya and Rau(1984) เนื่องจากมีการวางตัวอยู่ในแนว เดียวกัน พบอยู่ทางใต้ของจังหวัดสุพรรณบุรี มีความยาวรอยเลื่อน 65 กิโลเมตร ในการศึกษานี้พบ มีนัยการเลื่อนตัวแบบขวาเข้า ระยะการเลื่อนตัว 10 กิโลเมตร

รอยเลื่อนแม่กลอง(Mae Klong Fault)

รอยเลื่อนแม่กลองตั้งชื่อตาม Nuttalaya and Rau(1984) เนื่องจากมีการวางตัวอยู่ในแนว เดียวกัน พบอยู่ทางตะวันออกของจังหวัดนครปฐม มีความยาวรอยเลื่อน 45 กิโลเมตร โดยใน การศึกษานี้ไม่พบนัยการเลื่อนตัวที่ชัดเจน

แนวเส้นโครงสร้างกาญจนบุรี-สุพรรณบุรี (Kanchanaburi-Suphanburi Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างกาญจนบุรี-สุพรรณบุรี เป็นกลุ่มของแนวเส้นที่วางตัวในแนว NE-SW ที่ วางตัวขนานกัน กระจายตัวอยู่ระหว่างจังหวัด กาญจนบุรีและสุพรรณบุรี มีความยาวแนวเส้น 15-100 กิโลเมตร

แนวเส้นโครงสร้างสังขละบุรี (Sangkhlaburi Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างสังขละบุรี เป็นกลุ่มของแนวเส้นความยาว 20-45 กิโลมเมตร พบอยู่ทาง ตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอสังขละบุรี มีบางส่วนผ่านเข้าไปในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนวชิราลงกรณ์

<u>แนวเส้นโครงสร้างในแนว เหนือ-ใต้</u>

รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ (Srisawatt Fault)

รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ที่พบในการศึกษา พบอยู่ทางตอนเหนือของอำเภอศรีสวัสดิ์ มีความยาว 20-60 กิโลเมตร วางตัวในแนว NNW-SSE ขนานไปกับแม่น้ำแม่จันทร์ แม่น้ำแควใหญ่ และห้วย ขาแข้ง ไปสิ้นสุดบริเวณอ่างเก็บน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์ ในการศึกษานี้ไม่พบนัยการเลื่อนตัวที่ ชัดเจน

แนวเส้นโครงสร้างด่านช้าง-บ้านไร่ (Dan Chang-Ban Rai Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างด่านช้าง-บ้านไร่เป็นกลุ่มของแนวเส้นโครงสร้างที่พบการวางตัวทั้ง N-S, NNE-SSW และ NNW-SSE พบกระจายตัวอยู่ระหว่างอำเภอด่านช้างและอำเภอบ้านไร่ มีความ ยาว 25-40 กิโลเมตร

แนวเส้นโครงสร้างนครปฐม (Nakornpratom Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างนครปฐม พบกระจายตัวอยู่ตอนเหนือของจังหวัดนครปฐม ตะวันออก ของแม่น้ำท่าจีน วางตัวอยู่ในแนว N-S ขนานไม่กับแม่น้ำท่าจีน มีความยาว 20-60 กิโลเมตร ใน การศึกษานี้ไม่พบนัยการเลื่อนตัวที่ชัดเจน

<u>แนวเส้นโครงสร้างในแนวตะวันออก-ตะวันตก</u>

แนวเส้นโครงสร้างศรีนครินทร์ (Srinakarin Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างศรีนครินทร์เป็นกลุ่มแนวเส้นสั้นๆ มีการวางตัวในแนวเกือบ E-W กระจายอยู่ทางตะวันออกของอำเภอศรีสวัสดิ์ มีความยาว 10-20 กิโลมเมตร



รูป 3.16 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างและการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนจากการแปลผลข้อมูลความเข้ม สนามแม่เหล็กทางอากาศที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่างๆ แสดงแนวรอยเลื่อนและแนวเส้น โครงสร้างที่ปรากฏจากการศึกษาในครั้งนี้ โดยรอยเลื่อนหรือแนวเส้นโครงสร้างที่มีชื่อสีดำ หมายถึงรอยเลื่อนหรือแนวเส้นโครงสร้างที่เคยพบมาแล้วจากการศึกษาเก่า ส่วนซื่อสีแดงหมายถึง หมายถึงแนวเส้นโครงสร้างพี่พบใหม่ในการศึกษานี้

บทที่ 4

อภิปราย(Discussion)

<u>4.1 ความสัมพันธ์กับงานวิจัยเก่า</u>

<u>แนวเส้นโครงสร้างในแนว ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้</u> รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Three Pagoda Fault)

แนวเส้นตั้งแต่อำเภอสังขละบุรีถึงจังหวัดกาญจนบุรีส่วนใหญ่สอดคล้องกับการศึกษาของ ปัญญา จารุศีริและคณะ(2547), Won-in(1999), Nutthee (2002) และ Morley (2002)(รูป 4.1 B, C, D และ E) ส่วนรอยเลื่อนหลังผ่านจังหวัดกาญจนบุรีซึ่งมีการแตกแขนงออก (Spray) มีความ สอดคล้องกับการศึกษาของ Morley(2002) ในแนวที่ผ่านไปในที่ราบภาคกลาง แต่ในแนวที่ผ่านไป ทางภาคใต้ในการศึกษานี้พบว่ามีการแตกแขนงออกมาจากจังหวัดกาญจนบุรีเช่นกัน ซึ่งแตกต่าง จากการศึกษาของ Morley(2002) และในการศึกษาของ Nutalaya and Rau(1984)(รูป4.1 A) มี ความสอดคล้องกันในแนวการวางตัวของรอยเลื่อนแต่ไม่พบการแตกแขนงของรอยเลื่อน

แนวเส้นโครงสร้างสุพรรณบุรี (Suphanburi Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างสุพรรณบุรี เป็นแนวเส้นโครงสร้างที่พบใหม่ในการศึกษานี้ และไม่พบมี ความสัมพันธ์กับข้อมูลที่เคยมีการศึกษามาแล้ว

แนวเส้นโครงสร้างราชบุรี-กรุงเทพ (Ratchaburi-Bangkok Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างราชบุรี-กรุงเทพเป็นแนวเส้นโครงสร้างที่พบใหม่ในการศึกษานี้ และไม่ พบมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่เคยมีการศึกษามาแล้ว

แนวเส้นโครงสร้างในแนว ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

รอยเลื่อนท่าเคย (Tha Khoei Fault)

รอยเลื่อนท่าเคยตั้งชื่อตาม Nuttalaya and Rau(1984) เนื่องจากมีการวางตัวอยู่ในแนว เดียวกัน แต่พบนัยการเลื่อนตัวที่แตกต่างกันคือ ในการศึกษานี้พบนัยการเลื่อนตัวแบบ ซึ่งต่างจาก การศึกษาดังกล่าวที่เชื่อว่าเป็นแบบซ้ายเข้า

รอยเลื่อนแม่กลอง(Mae Klong Fault)

รอยเลื่อนแม่กลองตั้งชื่อตาม Nuttalaya and Rau(1984) เนื่องจากมีการวางตัวอยู่ในแนว เดียวกัน โดยในการศึกษานี้ไม่พบนัยการเลื่อนตัวที่ชัดเจน แต่เชื่อว่าน่าจะมีการเลื่อนตัวแบบ เดียวกับ รอยเลื่อนท่าเคย

แนวเส้นโครงสร้างกาญจนบุรี-สุพรรณบุรี (Kanchanaburi-Suphanburi Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างกาญจนบุรี-สุพรรณบุรี เป็นกลุ่มของแนวเส้นที่วางตัวในแนว NE-SW กระจายตัวอยู่ระหว่างจังหวัด กาญจนบุรีแหละสุพรรณบุรี มีความยาวแนวเส้น 15-100 กิโลเมตร

แนวเส้นโครงสร้างสังขละบุรี (Sangkhlaburi Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างสังขละบุรี เป็นแนวเส้นโครงสร้างที่พบใหม่ในการศึกษานี้ และ ไม่พบมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่เคยมีการศึกษามาแล้ว

<u>แนวเส้นโครงสร้างในแนว เหนือ-ใต้</u>

รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ (Srisawatt Fault)

รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ที่พบในการศึกษา วางตัวในแนว NNW-SSE ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา ของปัญญา จารุศิริและคณะ(2547) และ Nutthee (2002) แต่ในการศึกษานี้ไม่พบนัยการเลื่อนตัว ที่ชัดเจน

แนวเส้นโครงสร้างด่านช้าง-บ้านไร่ (Dan Chang-Ban Rai Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างด่านช้าง-บ้านไร่เป็นกลุ่มของแนวเส้นโครงสร้างที่พบการวางตัวทั้ง N-S, NNE-SSW และ NNW-SSE พบอยู่ในบริเวณของหินยุค Lower-paleozoic (Morley., 2002) ซึ่ง เป็นบริเวณที่พบการคดโค้ดของชั้นหินมาก เชื่อว่าอาจจะเป็นเป็นแนวแกนการคดโค้ง (Fold-axis)

แนวเส้นโครงสร้างนครปฐม (Nakornpratom Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างนครปฐม มีการวางตัวอยู่ในแนวเดียวกับ รอยเลื่อนอุทัยธานี (Uthai Thani Fault) ของ Nuttalaya and Rau (1984) ซึ่งระบุว่ามีการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า แต่ใน การศึกษานี้ไม่พบนัยการเลื่อนตัวที่ชัดเจน

<u>แนวเส้นโครงสร้างในแนวตะวันออก-ตะวันตก</u>

แนวเส้นโครงสร้างศรีนครินทร์ (Srinakarin Lineament)

แนวเส้นโครงสร้างศรีนครินทร์เป็นกลุ่มแนวเส้นสั้นๆ เป็นแนวเส้นโครงสร้างที่พบ ใหม่ในการศึกษานี้ และไม่พบมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่เคยมีการศึกษามาแล้ว



รูป 4.1 แผนที่รอยเลื่อนของงานวิจัยที่เคยทำมาแล้วในพื้นที่ศึกษา (A)Nuttalaya and Rau, 1984 (B)ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2547 (C)Won-in, 1999 (D)Morley, 2002



รูป 4.1 แผนที่รอยเลื่อนของงานวิจัยที่เคยทำมาแล้วในพื้นที่ศึกษา (E)Nutthee,2002

<u>4.2 การวิเคราะห์แรงเค้นในอดีต (Paleostress analysis)</u>

จากข้อมูลแนวเส้นโครงสร้าง (Lineament) และนัยการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน (Sense of movement)(รูป4.1) ที่ได้ทำให้สามารถวิเคราะห์หาแนวแรงเค้นที่มากระทำในอดีตได้โดย เปรียบเทียบกับแบบจำลอง Reidel shear ของ Woodcock and Shubert (1994)(รูป4.3 A) ได้ว่า เกิดแรงเค้นอัดสูงสุด(**O**₁)มากระทำในทิศ ENE-WSW ทำให้เกิดแนวการเลื่อนตัวหลักแบบซ้ายเข้า ในแนว NW-SE(Imposed shear) หลังจากนั้นเกิดแนวการเลื่อนตัวในทิศทางเดียวกันในแนว WNW-ESE(R) และเกิดแนวการเลื่อนตัวในทิศตรงกันข้ามแบบขวาเข้าในแนว NE-SW(R') ซึ่ง สอดคล้องกับ Rose diagram (รูป4.3 B) และทำให้เกิดแรงคลาย(**O**₃) ในแนว NW-SE

จากการหาอายุของ S-type granite และ Biotite ด้วยวิธี ⁴⁰Ar/³⁹Ar ในบริเวณรอยเลื่อน เจดีย์สามองค์ได้อายุตั้งแต่ 77-31 ล้านปี (Charusiri *et al.*, 1993 and Lacassin *et al.*, 1997) (รูป 4.4) ทำให้เชื่อว่าในอดีตรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์มีการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้าจนถึงช่วง 31-35 ล้านปี ก่อนจะเปลี่ยนเป็นเลื่อนตัวแบบขวาเข้าเหมือนในปัจจุบัน



รูป4.3 (A)แบบจำลอง Reidel shear (Woodcock and Shubert , 1994) โดย Impose shear หรือ T คือแนวเลื่อนตัวหลัก ซึ่งจะทำให้เกิด R(เลื่อนตัวตามแนวหลัก) และ R'(เลื่อนตัวตรง ข้ามกับแนวหลัก) ส่วน P(เลื่อนตัวตามแนวหลัก) จะเกิดตามมาภายหลัง (B)Rose diagram จากข้อมูลแนวเส้นโครงสร้างในการศึกษา ประกอบด้วยแนวรอยเลื่อนหลักในแนว NW-SE คือ Three pagoda fault (TPF)มีนัยการเลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า เทียบได้กับแนว(Impose shear หรือ T), NNW-SSE คือ Srisawatt fault (SSF), NE-SW คือ Tha Khoei Fault (TKF)มีนัยการ เลื่อนตัวแบบขวาเข้า(เทียบได้กับแนว R') และ WNW-ESE คือ Srinakarin Lineament(SKL) (เทียบได้กับแนว R)



รูป 4.4 แผนที่ Lineament และ Fault เทียบกับข้อมูลอายุจากการหาอายุด้วยวิธี ⁴⁰Ar/³⁹Ar (Charusiri et al., 1993 and Lacassin et al., 1997) และ ข้อมูลอายุจากการหาอายุของ Apatite ด้วยวิธี Fission track (Upton, 1999)

<u>4.3 การแผ่ขยายของรอยเลื่อน (Fault extension)</u>

รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์(รูป 4.1)มีการแผ่ขยายในหลังจากผ่านจังหวัดกาญจนบุรีผ่านเข้า ไปในพื้นที่ราบภาคกลางผ่านจังหวัดกรุงเทพมหานคร และมีการเปลี่ยนทิศทางของการเอียงเทจาก NE บริเวณตอนบนของกาญจนบุรี มาเป็น SW ในบริเวณตอนล่างของกาญจนบุรี (รูป 3.14) จาก การแปลผลข้อมูล Upward continuation ข้อมูลรอยเลื่อนที่แปลผลได้นั้นมีความลึกมากกว่า 5 กิโลเมตร จากพื้นผิว ซึ่งขั้นตะกอนในที่ราบภาคกลางมีความหนาประมาณ 2,000 เมตร ประกอบด้วยตะกอนยุค Quaternary และ Tertiary (Nutalaya and Rau, 1984) โดยขั้นที่สองลง มาจากขั้นบนสุดคือขั้น Bangkok clay มีความหนาประมาน 15-30 เมตร มีอายุ 8-6 พันปี (Saito et al., 2002 and Won-in et al., 2005) จากข้อมูลรายงานของกรมทรัพยากรธรณี (สมชาย รุจาจรัสวงศ์ และคณะ, 2552) พบว่าไม่มีการตัดเข้ามาของรอยเลื่อนในชั้น Bangkok clay แต่พบ รอยเลื่อนตัดเข้ามาในตะกอนช่วงอายุ Pleistocene เท่านั้น และจากข้อมูล Digital elevation model (DEM) (รูป4.5) ไม่พบแนวเส้นโครงสร้างในบริเวณพื้นที่ราบภาคกลางเช่นกัน

จึงเชื่อว่ารอยเลื่อนที่พบไม่ใช่รอยเลื่อนมีพลัง(Active fault) ตามข้อกำหนดของ United States Geological Survey(USGS) ที่กำหนดให้รอยเลื่อนมีพลังคือรอยเลื่อนที่มีการเลื่อนตัว 1 ครั้ง ภายใน 10,000 ปี ซึ่งสอดคล้องกับปัญญา จารุศิริ และคณะ (2547) ที่ระบุว่ารอยเลื่อนมีพลัง ในแนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์เป็นรอยเลื่อนแบบขวาเข้า ซึ่งตรงกันข้ามกับรอยเลื่อนที่พบซึ่งเป็น แบบซ้ายเข้า



รูป4.5 (ซ้าย)แผนที่แนวเส้นโครงสร้างจากการแปลข้อมูล DEM โดยพบแนวโครงสร้างวางตัวในแนว N-S อย่างชัดเจน ไม่พบแนวเส้นโครงสร้างในบริเวณพื้นที่ราบภาคกลาง (ขวา) แผนที่พื้นที่เจาะสำรวจชั้น ตะกอนทางตะวันออกของกรุงเทพ ของกรมทรัพยากรธรณีปี 2552

4.4 ลักษณะความเข้มแม่เหล็กสูงผิดปกติ (High magnetic anomaly)

ลักษณะความเข้มแม่เหล็กสูงผิดปกติ (High magnetic anomaly) ตามแนวโครงสร้างหลัก NW-SE บริเวณตั้งแต่จังหวัดกาญจนบุรีลงมาผ่านเข้าไปในที่ราบภาคกลางบริเวณกรุงเทพ เชื่อว่าน่าจะ เป็นผลมาจาก Metamorphic core complex ที่ปรากฏตามแนวโครงสร้าง



รูป 4.6 แผนที่ Suture และ Fault ในประเทศไทย แสดง Chaing Mai Suture ที่เข้ามาต่อกับรอย เลื่อนเจดีย์สามองค์และผ่านไม่ยังภาคตะวันออก โดยพบ Metamorphic core complex ตามแนว Suture (Charusiri et al, 2002)

บทที่ 5

สรุปผล(Conclusion)

1.พบนัยการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนในการศึกษาข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ 2 ได้แก่ NW-SE และ NE-SW

- NW-SE แนวหลักกระจากตัวเป็นแนวยาวแต่แคบตั้งแต่ชายแดนประเทศพม่าผ่านตอน เหนือของอำเภอสังขละบุรี อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี หลังจากนั้นมีลักษณะ Spray ออก ผ่านเข้าไปในที่ทางกรุงเทพและภาคใต้ โดยมีการเอียงเท 2 ทิศทางคือ NE ในช่วงก่อนที่จะมีการ Spray (เหนือจังหวัดกาญจนบุรี) และ SW ในช่วงที่มีการ Spray (ใต้จังหวัดกาญจนบุรี) พบนัยการ เลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า และมีการเลื่อนตัว 15 กม. ได้แก่รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

- NE-SW ซึ่งไม่ใช่แนวหลักพบนัยการเลื่อนตัวแบบขวาเข้า และมีระยะการเลื่อนตัว 10 กม.

2. เกิดจากในอดีตมีแรงอัดสูงสุดในแนว ENE-WSW มากระทำ

 3.ในการศึกษานี้พบแนวเส้นโครงสร้างซึ่งยังไม่ได้มีการกล่าวถึงในงานศึกษาอื่น 6 แนวได้แก่ แนว เส้นโครงสร้างสุพรรณบุรี (Suphanburi Lineament), แนวเส้นโครงสร้างราชบุรี-กรุงเทพ (Ratchaburi-Bangkok Lineament), แนวเส้นโครงสร้างสังขละบุรี (Sangkhlaburi Lineament), แนวเส้นโครงสร้างด่านช้าง-บ้านไร่ (Dan Chang-Ban Rai Lineament), แนวเส้นโครงสร้าง นครปฐม (Nakornpratom Lineament) และ แนวเส้นโครงสร้างศรีนครินทร์ (Srinakarin Lineament)

 4.แนวโครงสร้างที่พาดผ่านเข้ามาในกรุงเทพไม่ใช่แนวรอยเลื่อนที่มีพลัง เนื่องจากเป็นรอยเลื่อนที่ อยู่ในระดับลึก พบสัมพันธ์กับ Metamorphic core complex และไม่พบว่าตัดเข้ามาในตะกอนชั้น Bangkok clay 5.รอยเลื่อนจากการศึกษาข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศพบว่าเป็นรอยเลื่อนเก่า ซึ่งนัย การเลื่อนตัวตรงกันข้ามกับรอยเลื่อนปัจจุบันที่ทำการศึกษาด้วย Remote sensing โดยในแนว NW-SE จากข้อมูลที่ได้มีการเลื่อนตัวประมาณ 15 กม แบบซ้ายเข้า ส่วนจากข้อมูล Remote sensing มรการเลื่อนตัวประมาณ 80-110 กม (Won-in, 1999)

เอกสารอ้างอิง(References)

จรินทร์ ตุลยาทิตย์, 2544, การสำรวจและแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่ เหล็ก, รายงานวิชาการฉบับที่กศ 6/2544 ,กรมทรัพยากรธรณี

- ปัญญา จารุศิริ, วิโรจน์ ดาวฤกษ์, มนตรี ชูวงศ์, กฤษณ์ วันอิทร์, อภิชาต ลำจวน, สุวิทย์ โคสุวรรณ, ปรีชา สายทอง ปิยธิดา โทนรัตน์ และภาสกร ปนานนท์ , 2547, การสำรวจรอยเลื่อนมี พลัง (active fault) ในเขตพื้นที่กาญจนบุรี, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เล่ม 2, 118 หน้า.
- แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์ , 2534, ธรณีแปรสัญฐานของประเทศไทย, กรมทรัพยากรธรณี กอง ธรณีวิทยา ฝ่ายแปลภาพถ่ายทางอากาศและดาวเทียม, 58 หน้า.
- สมชาย รุจาจรัสวงศ์, ศักดา ธรรมวิทวัส, สุวิทย์ โคสุวรรณ, กัมปนาท แหลมพูลทรัพย์, ศุภวิชญ์ ยอแสงรัตน์, วชิราชัย ศักดิ์อาภา, ปรีชา สายทอง, กฤตภพ อัครวินทวงศ์,ภควัต ศรีวัง พล, นุชิต ศีริทองคำ, อำพร ปัญจะศรี, วิไลวรรณ เวชกามา และ Mr.Akira Kitazumi. 2552. การสำรวจรอยเลื่อนฝั่งตะวันออกในรัศมี 100 กิโลเมตร จากกรุงเทพมหานคร, รายงานวิชาการ ฉบับที่ กธส 2/2553, กรมทรัพยากรธรณี, 109 หน้า.
- Charusiri, P. Clark, A.H. Farrar, E. Archibald, D. and Charusiri, B. 1993. Granite belts in Thailand: evidence from the ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronological and geological syntheses: Journal of Southeast Asian Earth Science, Vol. 8, No. 1-4: p. 127-136.
- Lacassin, R., Hinthong, C.K. et al., 1997. Tertiary diachronic extrusion and deformation of western Indochina; structure and ⁴⁰Ar/³⁹Ar evidence from NW Thailand. Journal of Geophysical Research, 102 B5. 10013-10037.
- Morley, C. K. 2001. Combined escape tectonics and subduction rollback back arc extension: a model for the evolution of Cenozoic rift basin in Thailand, Malaysia and Laos. *Journal of the Geological Society*, London, 158, 461-474
- Nutalaya, P. Rau, J.L. 1984. Structural Framework of the Chao Phraya Basin Thailand. Proceedings of the Symposium on Cenozoic Basins Thailand, 106 – 129.
- Nutthee, R. 2002. Young fault along The southern segment of Sri Sawat Fault, Amphoe Sri Sawat, Changwat Kanchanaburi; and their TL-DATING result. M.Sc. Thesis, Chulalongkorn University, Thailand, 205 p.
- Ridd, M.F. Morley, C.K. 2010. The KhaoYai Fault on the southern margin of the Khorat Plateau, and the pattern of faulting in Southeast Thailand. Proceedings of the Geologists' Association122, p. 143-156.

- Sangsompong, A. 2005. Preliminary investigations on geological structure and rock units using airborne geophysical data along the Mae Ping fault zone, and neibouring province, eastern Thailand. Senior project, Chulalongkorn University, Thailand, 48 p.
- Won-in, K. 1999. Neo Evidences Along The Three Pagoda Fault Zone. M.Sc. Thesis, Chulalongkorn University, Thailand, 143 p.
- Won-in, K. Isao, T. Tateo, S. and Charusiri, P. 2005. Application of Thermoluminescence Dating Techniques to Middle to Upper Pleistocene Tephras and Sediments from Oga Peninsula, Northeast Honshu, Japan, Journal of the Geological Society of Thailand 1(1), 101-112.
- Yoshiki, S. Susumu, T. Yoshio, S. and Yuichiro, S. 2002. Holocene evolution of the lower central plain of Thailand. The symposium on geology of Thailand.