

รูปแบบสัญญาณคลื่นไหวสะเทือนจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี เอวีไอ
ของกลุ่มความผิดปกติระดับต้นต่างชนิด
บริเวณพื้นที่ศึกษาเขตสัมปทานการสำรวจและผลิตปิโตรเลียมอุบลในอ่าวไทย

นายนิรุตย์ ทองพันธุ์

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาธรณีวิทยา ภาควิชาธรณีวิทยา
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.ฐานบ ธิติมากร อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาสละเวลา ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณลอน ลาร์สัน ผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีฟิสิกส์ บริษัทเซพรอนประเทศไทย ในฐานะที่ปรึกษาร่วม ซึ่งกรุณาสละเวลา ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดการทำงานวิจัยเช่นกัน

ขอขอบพระคุณ บริษัทเซพรอนประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อ ข้อมูลและโปรแกรมประมวลผล สำหรับใช้ศึกษาในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ การสนับสนุน และเงินทุนสำหรับการวิจัย

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาส การศึกษาอันมีค่ายิ่ง

ชื่อโครงการวิจัย	รูปแบบสัญญาณคลื่นไหวสะเทือนจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี เอวีโอ ของกลุ่มความผิดปกติระดับตื้นต่างชนิด บริเวณพื้นที่ศึกษาเขตสัมปทานการสำรวจและผลิตปิโตรเลียมอุบลในอ่าวไทย
นิสิตผู้เสนอโครงการ	นายนิรุตย์ ทองพันธุ์ รหัสนิสิต 4932716023
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร.ฐานบ ธิติมากร
ภาควิชา	ธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา	2552

บทคัดย่อ

ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน นับเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการสำรวจปิโตรเลียมในปัจจุบัน การศึกษากลุ่มความผิดปกติ (Anomaly body) ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนในรูปคลื่นแอมพลิจูดสูงค่าลบ เป็นวิธีหนึ่งในรูปแบบสัญญาณบ่งชี้ถึงการมีอยู่ของปิโตรเลียมในชั้นหิน แต่เนื่องจากกลุ่มความผิดปกติดังกล่าว สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งจากชั้นหินที่มีปิโตรเลียมและชั้นหินที่มีน้ำ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาลักษณะเฉพาะที่แตกต่างของการตอบสนองของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างกลุ่มความผิดปกติทั้ง 2 รูปแบบ โดยกำหนดขอบเขตของการศึกษาในกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น (ณ ตำแหน่งความลึก น้อยกว่า 1 กิโลเมตร) และเลือกตัวอย่างศึกษาจากหลุมผลิตปิโตรเลียมบริเวณพื้นที่เขตสัมปทานการสำรวจและผลิตปิโตรเลียมอุบลในอ่าวไทย

ในการศึกษา ได้เลือกรูปแบบการประมวลผลข้อมูลด้วยวิธี เอวีโอ (AVO – Amplitude Versus Offset) ใน 3 ลักษณะ คือ Intercept time – Gradient cross plotting, Incident angle – Reflection coefficient cross plotting, และ Near angle stack – Far angle stack cross plotting โดยวิเคราะห์ระนาบรอยต่อของชั้นหิน 2 ระนาบ คือ ระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส ได้ผลการวิเคราะห์การตอบสนองของข้อมูลตามมาตรฐานการจำแนกเป็นประเภทที่ 4 และในการวิเคราะห์ Intercept time – Gradient cross plotting ปรากฏผลลัพธ์ในบริเวณ Hydrocarbon zone ซึ่งแสดงถึงการมีอยู่ของปิโตรเลียมในชั้นหิน และสำหรับระนาบรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน ได้ผลการวิเคราะห์เป็นประเภทที่ 4 เช่นเดียวกัน แต่ในการวิเคราะห์ Intercept time – Gradient cross plotting ปรากฏผลลัพธ์ในบริเวณ Background trend ซึ่งแสดงถึงการมีอยู่ของน้ำในชั้นหิน

จากผลการวิเคราะห์ Intercept time – Gradient cross plotting ทำให้ได้ข้อสรุปถึงลักษณะเฉพาะที่แตกต่างของการตอบสนองของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างกลุ่มความผิดปกติทั้ง 2 รูปแบบ จากตำแหน่งปรากฏของผลลัพธ์ที่ต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังได้ข้อสรุปถึงประเภทการตอบสนองของข้อมูลได้เป็นประเภทที่ 4 ซึ่งมีลักษณะเด่น คือ เป็นชั้นหินที่มีค่าความ

พจนสูง สอดคล้องกับลักษณะทางธรณีวิทยาของลำดับชั้นหิน ณ ตำแหน่งความลึกที่ศึกษาซึ่งเป็น
ระดับต้น กล่าวคือ ผลจากการอัดแน่นที่น้อยกว่า ทำให้ปริมาณช่องว่างในชั้นหินยังคงอยู่มาก คื ำ
ความพจนจึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับชั้นหินที่อยู่ลึกลงไป

Title	SEISMIC SIGNATURES IN AVO ANALYSIS OF VARIOUS SHALLOW ANOMALY BODY TYPES; UBON FIELD AREA, GULF OF THAILAND
Researcher	Mr Nirut Tongpan ID 4932716023
Advisor	Dr Thanop Thitimakorn
Department	Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic year	2009

Abstract

Seismic data is an essential tool in petroleum exploration especially when using as the hydrocarbon indicator. Anomaly body (group of high negative amplitude wavelet in seismic data) is an interesting signal for hydrocarbon indicators. However these anomalies can be generated from both hydrocarbon sand and water sand. This research aims to study the different signature from these various types of anomalies. The scope of the study is focused on the shallow zone (less than 1 kilometer) in Ubon petroleum field, Gulf of Thailand.

Three techniques of AVO analysis (Amplitude Versus Offset) has been used in the analysis namely 1) Intercept time – gradient cross plotting (fluid study), 2) Incident angle – Reflection coefficient cross plotting, and 3) near angle stack – Far angle stack cross plotting. Data was selected from 2 interfaces; shale-gas sand contact and water sand-shale contact. As the result, shale-gas sand contact has been classified into class IV AVO response and plotted in hydrocarbon zone for fluid study. Water sand-shale contact resulted in class IV AVO response and plotted in water zone for fluid study.

The difference result in fluid study of 2 interfaces gives the conclusion for the distinguish signature in each anomaly body type. In addition, class IV AVO response, which normally represent high porous rock, resulted in both interfaces that related to the geological setting in case of the variation in porosity caused by compaction which decrease porosity in deeper zone.

สารบัญ

บทที่ 1 : บทนำ

1.1 บทนำ	1
1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 ทฤษฎี	3
1.4 นิยามศัพท์	4
1.5 วัตถุประสงค์	5
1.6 ขอบเขตงานวิจัย	5
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5

บทที่ 2 : ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

2.1 ธรณีวิทยาของอ่าวไทย	6
2.2 ลำดับชั้นหินของแอ่งปัตตานีในอ่าวไทย	8

บทที่ 3 : วิธีดำเนินการวิจัย การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
3.2 การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง	12
3.3 การแปลผลข้อมูลหิ้งธรณีหลุมเจาะ ณ บริเวณกลุ่มความผิดปกติระดับต้น	15
3.4 การเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี เอวีไอ	17
3.5 การประมวลผลข้อมูล	18
3.6 การแปลผลที่ได้จากการวิเคราะห์เทียบกับมาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนอง ของการวิเคราะห์ด้วยวิธี เอวีไอ ในแต่ละลักษณะ	19

บทที่ 4 : ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ระบายรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส	23
4.2 ระบายรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน	25

บทที่ 5 : สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย	29
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	29
5.3 ข้อเสนอแนะ	30

สารบัญรูปภาพ

บทที่ 1 : บทนำ

รูปที่ 1.1 บริเวณพื้นที่ศึกษาในเขตสัมปทานการสำรวจและผลิตปิโตรเลียมอุบล	2
รูปที่ 1.2 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลค่าแอมพลิจูดที่ได้จากตัวรับสัญญาณ ณ ระยะห่างของแหล่งกำเนิดคลื่นและตัวรับสัญญาณที่ใกล้-ไกลออกไป	3
รูปที่ 1.3 กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่าง Gradient และ Intercept	4
รูปที่ 1.4 มาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ (AVO response)	4

บทที่ 2 : ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

รูปที่ 2.1 แอ่งสะสมตะกอนยุคเทอร์เชียรีในอ่าวไทยและโครงสร้างรอยเลื่อนที่สำคัญในประเทศไทย	7
รูปที่ 2.2 โครงสร้างแอ่งสะสมตะกอนรูปแบบต่างๆ ที่เกิดจากรอยเลื่อนปกติในอ่าวไทย	8
รูปที่ 2.3 ข้อมูลลำดับชั้นหินของแอ่งปัตตานีในอ่าวไทย	9
รูปที่ 2.4 ภาพตัดขวางของลำดับหินยุคเทอร์เชียรีในแนวตะวันตก-ตะวันออกของอ่าวไทย	10

บทที่ 3 : วิธีดำเนินการวิจัย การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ตัวอย่าง

รูปที่ 3.1 ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแสดงภาพตัดขวางในทิศตะวันออก-ทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีหลุมผลิตปิโตรเลียมเจาะผ่านบริเวณที่เป็นกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น	13
รูปที่ 3.2 ภาพขยายของหลุมผลิตปิโตรเลียมซึ่งเจาะผ่านบริเวณที่เป็นกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น	13
รูปที่ 3.3 ภาพสามมิติแสดงกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น ณ บริเวณศึกษา	14
รูปที่ 3.4 ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ณ ตำแหน่งเวลาขณะหนึ่งของพื้นที่ (Time slice) แสดงลักษณะภูมิศาสตร์ของชั้นหินทราย (กลุ่มความผิดปกติระดับตื้นที่ศึกษา)	14
รูปที่ 3.5 ข้อมูลหยั่งธรณีหลุมเจาะ ณ บริเวณกลุ่มความผิดปกติระดับตื้นที่ศึกษา	15
รูปที่ 3.6 แบบจำลองลักษณะชั้นหินของบริเวณกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น	16
รูปที่ 3.7 ตำแหน่งระนาบรอยต่อของชั้นหินที่สนใจเพื่อนำไปศึกษา	17
รูปที่ 3.8 ข้อมูลหยั่งธรณีหลุมเจาะซึ่งแสดงผลและอ่านค่าผ่านโปรแกรม Syntool	18
รูปที่ 3.9 ตำแหน่งของชั้นหินซึ่งจะเก็บข้อมูลทุกๆ 0.61 เมตร (2 ฟุต) จำนวน 5 ตำแหน่งจากระนาบรอยต่อ โดยเทียบตำแหน่งจากการแปลข้อมูลหยั่งธรณีหลุมเจาะ	18
รูปที่ 3.10 การประมวลผลข้อมูลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel	19

รูปที่ 3.11 รูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ Intercept time – Gradient cross plotting	20
รูปที่ 3.12 รูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ Incident angle – Reflection coefficient cross plotting	21
รูปที่ 3.13 รูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ Near angle stack – Far angle stack cross plotting	22

บทที่ 4 : ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Intercept time – Gradient cross plotting ของระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส	24
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Incident angle – Reflection coefficient cross plotting ของระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส	24
รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Near angle stack – Far angle stack cross plotting ของระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส	25
รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Intercept time – Gradient cross plotting ของระนาบรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน	26
รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Incident angle – Reflection coefficient cross plotting ของระนาบรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน	27
รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Near angle stack – Far angle stack cross plotting ของระนาบรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน	28

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก : ตารางแสดงผลการคำนวณในการวิเคราะห์ข้อมูลของระนาบรอยต่อของ
ชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

ภาคผนวก ข : ตารางแสดงผลการคำนวณในการวิเคราะห์ข้อมูลของระนาบรอยต่อของ
ชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

บทที่ 1 : บทนำ

การสำรวจแหล่งปิโตรเลียมในปัจจุบัน ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนนับเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ศึกษาโครงสร้างของพื้นที่ รวมถึงลักษณะชั้นหินและของไหลซึ่งอยู่ภายใน โดยอาศัยรูปแบบการประมวลผลข้อมูลในหลายลักษณะซึ่งได้ทำการศึกษามาแล้วว่า สามารถใช้เป็นสัญญาณบ่งชี้ถึงการมีอยู่ของ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในชั้นหินได้ ในที่นี้ การกล่าวถึงกลุ่มความผิดปกติ (Anomaly body) ในการศึกษา นี้ นิยามถึงลักษณะปรากฏของคลื่นไหวสะเทือนในรูปของคลื่นแอมพลิจูดสูงค่าลบ (Highly negative amplitude wavelet) ซึ่งเป็นหนึ่งในรูปแบบสัญญาณบ่งชี้ดังกล่าว

ลักษณะปรากฏของสัญญาณคลื่นไหวสะเทือน เกิดขึ้นจากความต่างของสมบัติชั้นหิน ซึ่งแสดงออกมาในรูปของ seismic wavelet ในลักษณะที่ค่าเป็นบวก ค่าลบ หรือศูนย์ ซึ่งนอกจากสมบัติของชั้นหินแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลข้อมูลด้วย เช่น การเกิดการแทรกสอดของคลื่นที่มีความละเอียดต่างๆ

แต่อย่างไรก็ตาม กลุ่มความผิดปกติก็ไม่ได้แสดงถึงการมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเสมอไป ข้อมูลอ้างอิงจากหลุมผลิตปิโตรเลียมในอ่าวไทย บริเวณพื้นที่สัมปทานอุบล พบว่า พื้นที่บริเวณระดับตื้น ณ ระดับความลึกไม่เกิน 1,000 มิลลิวินาที (ประมาณ 1 กิโลเมตร) ปรากฏการมีอยู่ของกลุ่มความผิดปกติในข้อมูลภาพคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งหลุมผลิตปิโตรเลียมได้เจาะผ่านแต่ให้ผลที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม โดยปรากฏเป็นทั้งลักษณะของชั้นหินทรายที่มีน้ำ และชั้นหินทรายที่มีแก๊ส

จากข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าว จึงนำเข้าสู่ประเด็นของการหาคำตอบใน เรื่องของรูปแบบสัญญาณคลื่นไหวสะเทือนที่แตกต่างกันตามสมบัติของลักษณะหินและของไหลซึ่งอยู่ภายในทั้งที่ปรากฏเป็นน้ำและสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่ต่างก็แสดงลักษณะของคลื่นแอมพลิจูดสูงค่าลบ เช่นเดียวกัน

โดยการศึกษาครั้งนี้ ได้เลือกนำข้อมูล Seismic stacking 3D data และ Angle stack data ของบริเวณกลุ่มความผิดปกติที่ปรากฏลักษณะแตกต่างกัน มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ เอวีโอ (AVO – Amplitude Versus Offset) โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างลักษณะของออฟเซต ระยะใกล้และระยะไกล (near and far offset) และรูปคลื่น (waveform) เพื่อแสดงลักษณะจำเพาะของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนหลังการประมวลผลด้วยขั้นตอนดังกล่าว ที่จะสามารถแยกแยะสมบัติของชั้นหินที่แตกต่างกันของชั้นหินทรายที่มีน้ำและแก๊สได้

สุดท้ายแล้ว ผลที่ได้จากการศึกษาโครงการนี้ จะเป็นประโยชน์ในการศึกษากลุ่มความผิดปกติสำหรับบริเวณระดับตื้นของพื้นที่ ซึ่งในปัจจุบันบริเวณระดับตื้นเป็นบริเวณที่ไม่ได้ถูก

คำนึงถึงในการเป็นชั้นหินที่ให้ปิโตรเลียม แต่ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น อาจเป็นไปได้ว่า ในอนาคต จะสามารถผลิตปิโตรเลียมได้จากบริเวณดังกล่าว ซึ่งหากเราสามารถแยกแยะชนิดของรูปแบบ กลุ่มความผิดปกติที่ปรากฏได้ ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการสำรวจปิโตรเลียมต่อไป

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บริเวณพื้นที่ศึกษาในเขตสัมปทานการสำรวจและผลิตปิโตรเลียมอูบล ตั้งอยู่ในอ่าวไทย ตอนล่างในบริเวณแอ่งปัตตานี (รูปที่ 1.1) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาแบบแอ่งที่มีการ ขยายตัว (Extensional graben) โดยวางตัวในแนวทิศทางหลักเหนือ-ใต้ รูปแบบการสะสมตัวของ ตะกอนในชั้นหินเป็นไปในลักษณะของ ธารน้ำ-ดินดอนสามเหลี่ยม (Fluvial-Deltaic deposit) ใน ลำดับที่ต่างกันในแต่ละระดับความลึก (Chen-Hui and Tung-Yi, 1990)



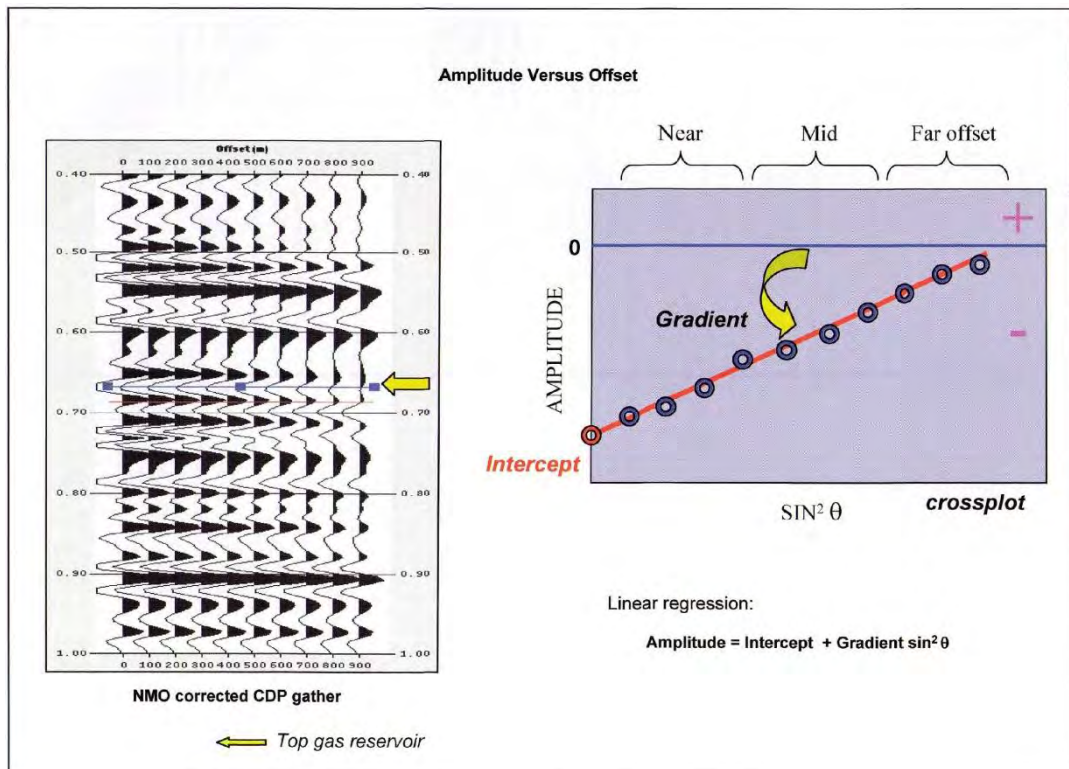
รูปที่ 1.1 บริเวณพื้นที่ศึกษาในเขตสัมปทานการสำรวจ และผลิตปิโตรเลียมอูบล (Chen-Hui and Tung-Yi, 1990)

ในการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์โดยอาศัยคลื่นไหวสะเทือน การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการ เอ วิโอ ถูกนำมาใช้ในลักษณะของการบ่งชี้ถึงชนิดของของไหลที่อยู่ภายในชั้นหิน จากการศึกษา พบว่า พฤติกรรมของแอมพลิจูดที่ปรากฏจะแตกต่างตามระยะทางของแหล่งกำเนิดคลื่นและตัวรับ สัญญาณ (offset) และมีรูปแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของของไหลซึ่งอยู่ภายในช่องว่างของ เนื้อหิน กล่าวคือ ชั้นหินที่มีน้ำอยู่ภายในจะแสดงการลดลงอย่างช้าๆ ของแอมพลิจูดเมื่อเทียบกับ ระยะทางของแหล่งกำเนิด คลื่นและตัวรับสัญญาณที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ชั้นหินที่มีสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอนอยู่ภายในจะแสดงการลดลงอย่างรวดเร็วของแอมพลิจูด (Veeken, 2007)

1.3 ทฤษฎี

รูปแบบการวิเคราะห์ เอวีโอ ด้วยวิธี Intercept time – Gradient cross plotting method มีพื้นฐานมาจากรูปสมการการสร้างกราฟเปรียบเทียบข้อมูลค่าแอมพลิจูดที่ได้จากตัวรับสัญญาณ ณ ระยะห่างของแหล่งกำเนิดคลื่นและตัวรับสัญญาณที่ใกล้-ไกลออกไป (รูปที่ 1.2) ระยะห่างดังกล่าวแสดงอยู่ในรูปของ $\sin^2\theta$ ซึ่งเป็นมุมตกกระทบของคลื่นโดยที่ขนาดของมุมจะแปรผันตรงกับระยะทาง รูปสมการที่ได้ คือ

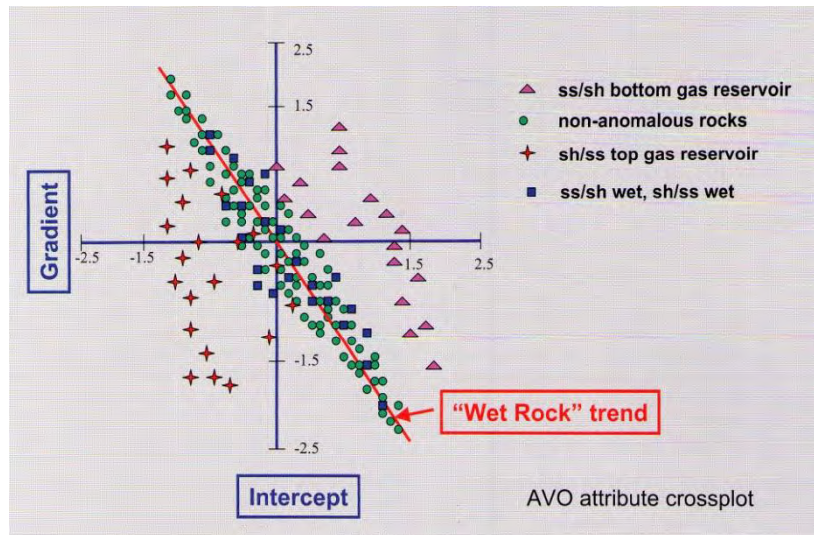
$$\text{Amplitude} = \text{Intercept} + \text{Gradient} * \sin^2\theta \dots \dots \dots (1.3.1)$$



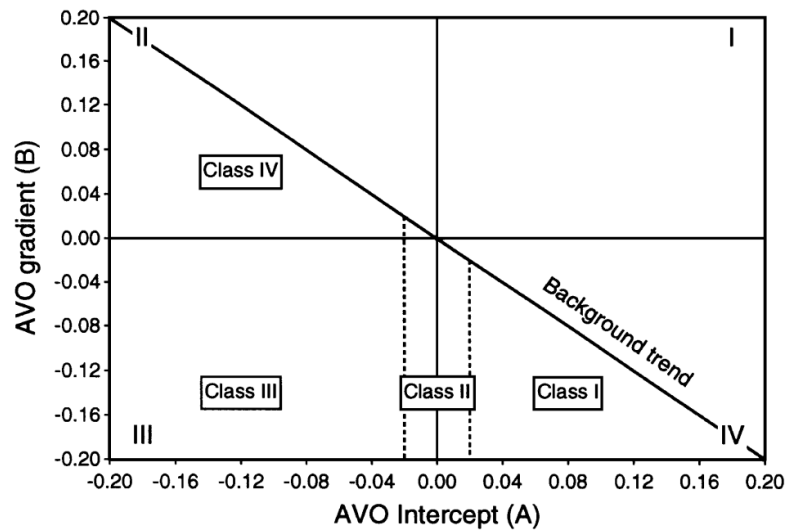
รูปที่ 1.2 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลค่าแอมพลิจูดที่ได้จากตัวรับสัญญาณ ณ ระยะห่างของแหล่งกำเนิดคลื่นและตัวรับสัญญาณที่ใกล้-ไกลออกไป (Veeken, 2007)

จากนั้น ผลของการสร้างกราฟก่อนหน้า จะนำเข้าสู่การสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าระหว่าง Gradient และ Intercept (รูปที่ 1.3) ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่สามารถระบุได้ถึงกรณีอยู่ของน้ำหรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในชั้นหิน และยังสามารถระบุมาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ (AVO response) จากลักษณะชั้นหินดังกล่าวได้ (รูปที่ 1.4) ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังนี้ (Castagna, 1997)

- Class 1: Hard sand with hydrocarbon
- Class 2: Transparent sand with hydrocarbon
- Class 3: Soft sand with high fluid sensitivity
- Class 4: Soft sand with gas capped by stiff cap rock



รูปที่ 1.3 กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่าง Gradient และ Intercept (Veeken, 2007)



รูปที่ 1.4 มาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ (AVO response) (Castagna, 1998)

1.4 นิยามศัพท์

กลุ่มความผิดปกติ (Anomaly body)

กลุ่มความผิด ปกติของสัญญาณที่ได้จากการสำรวจโดยอาศัยคลื่นไหวสะเทือน ในที่นี้กล่าวถึงลักษณะของการพบบริเวณที่กลุ่มสัญญาณแสดงออกมาในรูปของคลื่นแอมพลิจูดสูงค่าลบ (Highly negative amplitude wavelet)

เอวีโอ (AVO - Amplitude Versus Offset)

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนรูปแบบหนึ่ง ซึ่งอาศัยลักษณะของสัญญาณที่ได้จากความต่างของชั้นหินที่มีสมบัติต่างกัน แสดงออกมาในลักษณะของรูปแบบการเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูด เมื่อเก็บข้อมูลที่ระยะของตัวรับสัญญาณกับแหล่งกำเนิดคลื่นแตกต่างกัน

1.5 วัตถุประสงค์

เพื่อหาลักษณะเฉพาะของข้อมูลสัญญาณคลื่นไหวสะเทือน ที่สามารถแยกแยะความต่างระหว่างชั้นหินทรายที่มีน้ำ และชั้นหินทรายที่มีแก๊ส ซึ่งต่างก็แสดงลักษณะของกลุ่มความผิดปกติเช่นเดียวกัน

1.6 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาพฤติกรรมของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนด้วยวิธี เอวีโอ ของชั้นหินระดับตื้น ณ ระดับความลึกไม่เกิน 1,000 มิลลิวินาที (ประมาณ 1 กิโลเมตร) ในบริเวณพื้นที่ศึกษาเขตสัมปทานการสำรวจและผลิตปิโตรเลียมอุบลในอ่าวไทย จากบริเวณที่แสดงกลุ่มความผิดปกติใน 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มความผิดปกติ ที่เกิดขึ้นจากชั้นหินทรายที่มีน้ำ และกลุ่มความผิดปกติ ที่เกิดขึ้นจากชั้นหินทรายที่มีแก๊ส โดยสรุปผลลักษณะตามการจำแนกประเภทของมาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบถึงแนวคิดในการศึกษา ลักษณะจำเพาะของข้อมูลสัญญาณคลื่นไหวสะเทือนในแต่ละกลุ่มความผิดปกติระดับตื้นที่ทำการศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการ แยกแยะความต่างของชั้นหินทรายที่มีน้ำ และชั้นหินทรายที่มี แก๊ส ซึ่งต่างก็แสดงลักษณะของ กลุ่มความผิดปกติเช่นเดียวกัน โดยที่กลุ่มกลุ่มความผิดปกติระดับตื้นดังกล่าว อาจเป็นแหล่งชั้นหินที่สามารถผลิตปิโตรเลียมได้ในอนาคต

บทที่ 2 : ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

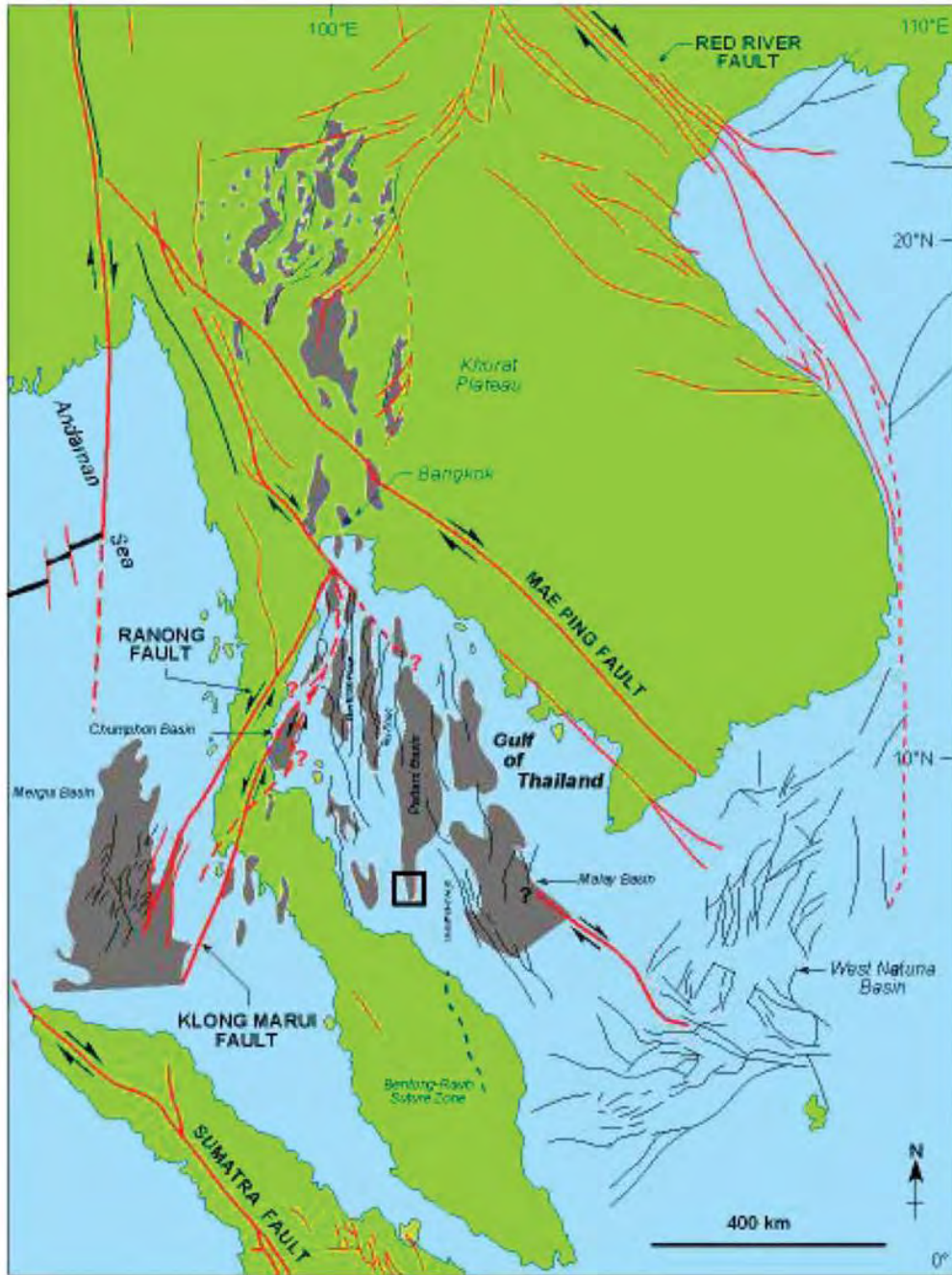
2.1 ธรณีวิทยาของอ่าวไทย

อ่าวไทย เป็นอ่าวที่อยู่ในทะเลจีนใต้ของ มหาสมุทรแปซิฟิก ล้อมรอบด้วยประเทศไทย มาเลเซีย กัมพูชา และเวียดนาม ตั้งอยู่ที่ประมาณละติจูดที่ 6-14 องศาเหนือและ ลองจิจูด 94-103 องศาตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 202,000 ตารางกิโลเมตร ท้องทะเลอ่าวไทยมีลักษณะเป็นพื้นที่ค่อนข้างเรียบ วางตัวลาดเอียงจากชายฝั่งทะเลไปยังกลางอ่าวซึ่ง มีระดับความลึกของน้ำทะเลมากที่สุดประมาณ 80 เมตร

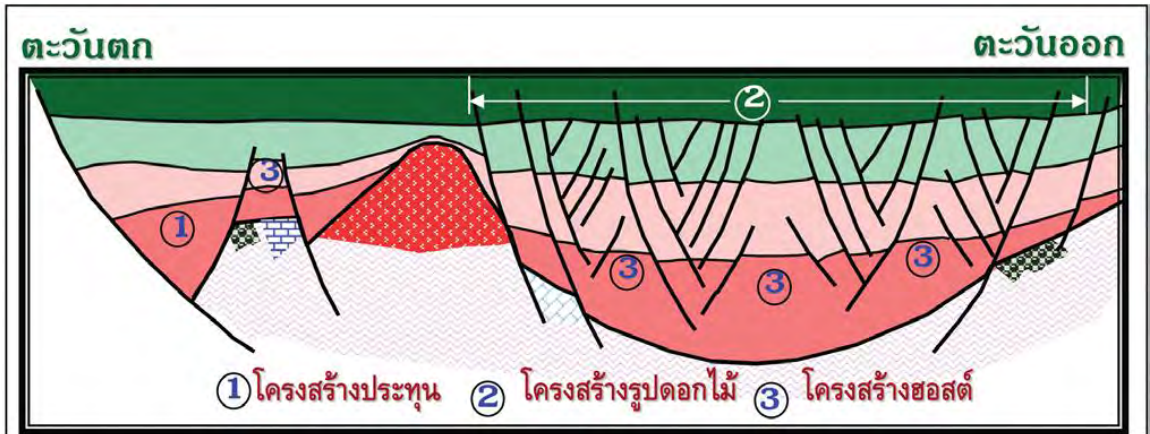
บริเวณพื้นที่ศึกษาในเขตสัมปทานการสำรวจและผลิตปิโตรเลียมอ่าวไทย ตอนล่างบริเวณแอ่งปัตตานี ซึ่งเป็นแอ่งสะสมตะกอนขนาดใหญ่ในฝั่งตะวันตก โดยอ่าวไทย ประกอบด้วยแอ่งสะสมตะกอนทั้งประเภทกราเบนและการเบนครึ่งด้าน การวางตัวของแอ่งขนานกันในแนวเหนือ-ใต้ พื้นที่ทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 2 ฝั่งโดยแนวสันเกาะกระ ซึ่งทำให้ได้อ่าวไทย ตะวันออกกับอ่าวไทยตะวันตก โดยอ่าวไทยตะวันออกประกอบด้วยแอ่งสะสมตะกอนขนาดใหญ่ 2 แอ่ง คือ

แอ่งปัตตานี และแอ่งมาเลย์ ในขณะที่อ่าวไทยตะวันตกประกอบด้วย แอ่งย่อย 10 แอ่ง คือ แอ่งสาคร แอ่งปากน้ำ แอ่งหัวหิน แอ่งประจวบ แอ่งตะวันตก แอ่งตะวันตกเหนือ แอ่งกระ แอ่งชุมพร แอ่งนคร และแอ่งสงขลา

ธรณีโครงสร้างของอ่าวไทย สามารถอธิบายได้ กล่าวคือ พื้นที่ทางตอนเหนือของอ่าวไทย จะถูกตัดผ่านโดยรอยเลื่อนใหญ่ 2 แนว ตอนบนจะถูกตัดผ่านโดย รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ซึ่งมีแนวการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ- ตะวันออกเฉียงใต้ และทางด้านตะวันตกของอ่าวไทยถูกตัดผ่านด้วย รอยเลื่อนระนอง- คลองมะรุ่ยซึ่งมีแนวการวางตัว ในทิศตะวันออก ก.เฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ โดยการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนทั้งสองเป็นลักษณะ ของการเลื่อนในแนวระดับ แต่อย่างไรก็ตาม แนวคิดในเรื่องทิศทางของการเคลื่อนยั้งคงประเด็นศึกษาถึงข้อสรุปอยู่ โดยอ้างอิงจาก Polachan and Sattayarak (1989) ที่เสนอว่า ในช่วงที่มีการเกิดอ่าวไทยนั้น รอยเลื่อนที่มีการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ- ตะวันออกเฉียงใต้จะเป็นรอยเลื่อนที่เคลื่อนตัวไปทางขวา ในขณะที่รอยเลื่อนในอีกแนวหนึ่งนั้น เป็นรอยเลื่อนชนิดที่เคลื่อนตัวไปทางซ้าย การเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนทั้งหมดนี้ ทำให้เกิดกลุ่มรอยเลื่อนปกติที่วางตัวในแนวทิศเหนือ- ใต้ รอยเลื่อนปกตินี้ทำให้เกิดลุ่มแอ่งและลักษณะโครงสร้างรูปแบบต่างๆ ซึ่งพบโดยทั่วไปในอ่าวไทย เช่น โครงสร้างประทุน โครงสร้างรูปดอกไม้ และโครงสร้างฮอสต์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)



รูปที่ 2.1 แอ่งสะสมตะกอนยุคเทอร์เชียรีในอ่าวไทยและโครงสร้างรอยเลื่อนที่สำคัญในประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างแอ่งสะสมตะกอนรูปแบบต่างๆ ที่เกิดจากรอยเลื่อนปกติในอ่าวไทย
(กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

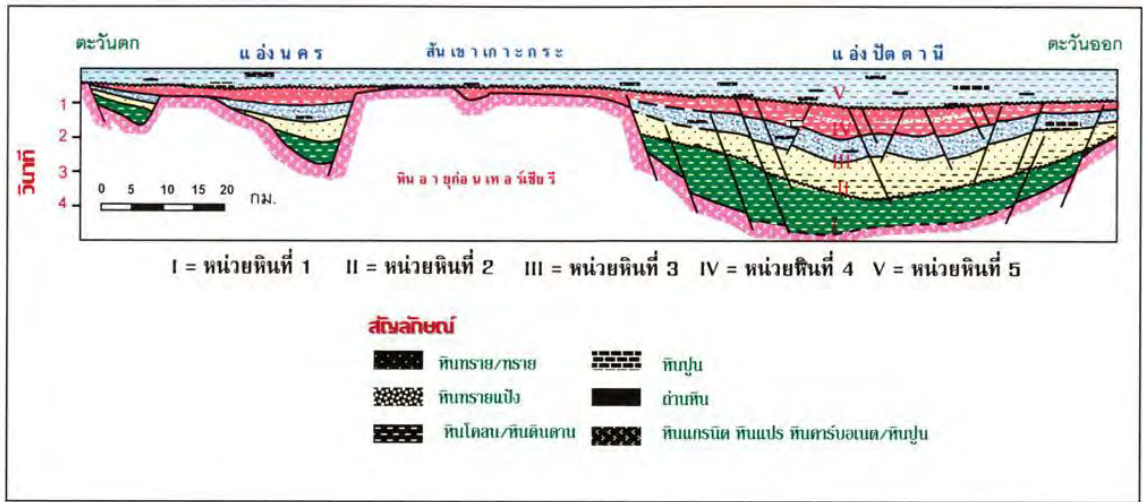
2.2 ลำดับชั้นหินของแอ่งปัตตานีในอ่าวไทย

ในการศึกษาการเรียงลำดับชั้นหินของแอ่งปัตตานี สามารถแบ่งชั้นหินออกเป็น 5 หน่วย หิน เรียงลำดับจากหน่วยหินที่ 1 ซึ่งวางตัวอยู่ด้านล่างสุดของแอ่งในช่วงอายุก่อนยุคเทอร์เชียรี จนถึงหน่วยหินที่ 5 ซึ่งวางตัวอยู่ด้านบนสุดของแอ่ง มีอายุในช่วงตั้งแต่สมัยไมโอซีนตอนปลาย จนถึงปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดของแต่ละหน่วยหิน และการวางตัวแสดงตามแนวภาพตัดขวางของอ่าวไทย โดยอ้างอิงข้อมูลประกอบจากรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4 ตามลำดับ

ในการศึกษากลุ่มความผิดปกติระดับต้นของงานวิจัยนี้ กำหนดระดับความลึกของชั้นหินที่สนใจ ณ ระดับความลึกไม่เกิน 1,000 มิลลิวินาที (ประมาณ 1 กิโลเมตร) ซึ่งจัดอยู่ในหน่วยหินที่ 5 โดยที่ชั้นหินบริเวณนี้ เป็นกลุ่มหินตะกอนที่ซึ่งสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง และ ในทะเล ชั้นหินหน่วยนี้วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องกับชั้นหินหน่วยที่ 4 (Mid-Miocene Unconformity, MMU) ส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินโคลน หินดินดานที่มีสีเทาและสีดำ พบแร่ไพไรต์ ถ่านหินและหินปูนกระจายตัวอยู่ทั่วไป และอาจพบหินทรายในบางบริเวณ

หน่วยหิน	คลื่นไหวสะเทือนแนว JFG 87-650	ลักษณะหิน	สภาวะแวดล้อม	อายุ	การแปรสัณฐาน
5		หินโคลน หินดินดาน ถ่านหิน พบหินทราย บ้าง	ที่ราบดินดอนสามเหลี่ยม-ทะเล	ยุคควอเตอร์นารี	การดัดแปลงเร็วมา
				ไพลวีน	
4		หินทรายสีแดง แทรกสลับกับ หินดินดาน หินทรายแข็ง	ที่ราบน้ำ พัดพา ท่วมถึง	ไพลวีนตอนกลาง	เกิดการผูก ร่อน
3		หินดินดาน หินโคลน ถ่านหิน	ทะเลเปิด ทะเลสาบ น้ำเค็ม	ไพลวีนตอนต้น	
2		หินโคลน หินดินดาน สลับกับหินทราย หินทรายแข็ง หลากสี	ที่ราบน้ำท่วมถึง และ ที่ราบดินดอน สามเหลี่ยม	ไพลวีนตอนต้น	เกิดแรงดึง รอยเลื่อน และ การดัด
1				หินดินดานและพบ ตะกอนรูปพัดที่เกิดจาก การถล่มในทะเล บริเวณส่วนล่าง	
		หินอายุก่อนยุคเทอร์เชียรี		ก่อนเทอริเออร์	ก่อนแตกปริ

รูปที่ 2.3 ข้อมูลลำดับชั้นหินของแอ่งปัตตานีในอ่าวไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)



รูปที่ 2.4 ภาพตัดขวางของลำดับหินยุคเทอร์เชียรีในแนวตะวันตก-ตะวันออกของอ่าวไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

บทที่ 3 : วิธีดำเนินการวิจัย การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากข้อสมมติฐานในเรื่องความแตกต่างของผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มความผิดปกติระดับต้นต่างชนิดด้วยวิธี เอวีโอ การวิจัยนี้ได้อาศัยทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบการวิเคราะห์ใน 3 ลักษณะ โดยข้อมูลแต่ละชนิดที่ได้จากตัวอย่าง จะนำเข้าสู่การคำนวณตามรูปแบบสมการเพื่อการสร้างกราฟผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ความสัมพันธ์ของค่า Reflection coefficient ณ ค่ามุมที่แตกต่างเป็นไปในรูปสมการ (Castagna, 1998) ดังนี้

$$R(\theta) \cong A + B\sin^2(\theta) + C\sin^2(\theta)\tan^2(\theta) \dots \dots \dots (3.1.1)$$

$$A = \frac{1}{2}[(\Delta V_p/V_p) + (\Delta \rho/\rho)] \dots \dots \dots (3.1.2)$$

$$B = \frac{1}{2}(\Delta V_p/V_p) - 2(V_s/V_p)^2 [2(\Delta V_s/V_s) + (\Delta \rho/\rho)] \dots \dots \dots (3.1.3)$$

$$C = \frac{1}{2}(\Delta V_p/V_p) \dots \dots \dots (3.1.4)$$

- โดยที่ $R(\theta)$ หมายถึง ค่า Reflection coefficient ณ ค่ามุม θ
 V_p หมายถึง ค่าความเร็วคลื่นอัดของชั้นหิน (Compressional wave velocity)
 V_s หมายถึง ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของชั้นหิน (Shear wave velocity)
 ρ หมายถึง ค่าความหนาแน่นของชั้นหิน
 Δ หมายถึง ความแตกต่างของค่าโดยเทียบจากชั้นหิน ณ ระยะเวลารอยต่อ ซึ่งคำนวณจากค่าของชั้นหินที่อยู่ด้านล่างลบด้วยค่าของชั้นหินที่อยู่ด้านบน

จากนั้น ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณในแต่ละตัวแปร จะนำเข้าสู่การสร้างกราฟในรูปแบบความสัมพันธ์ของคู่ลำดับ (X,Y) ในลักษณะดังนี้

Intercept time – Gradient cross plotting

แกน X กำหนดค่า A

แกน Y กำหนดค่า B

Incident angle – Reflection coefficient cross plotting

แกน X กำหนดค่า θ ซึ่งคำนวณที่ 0, 15, 25, 35 องศา

แกน Y กำหนดค่า $R(\theta)$

Near angle stack – Far angle stack cross plotting

แกน X กำหนดค่า $R(\theta)$ ซึ่งคำนวณที่ $\theta = 0$ องศา

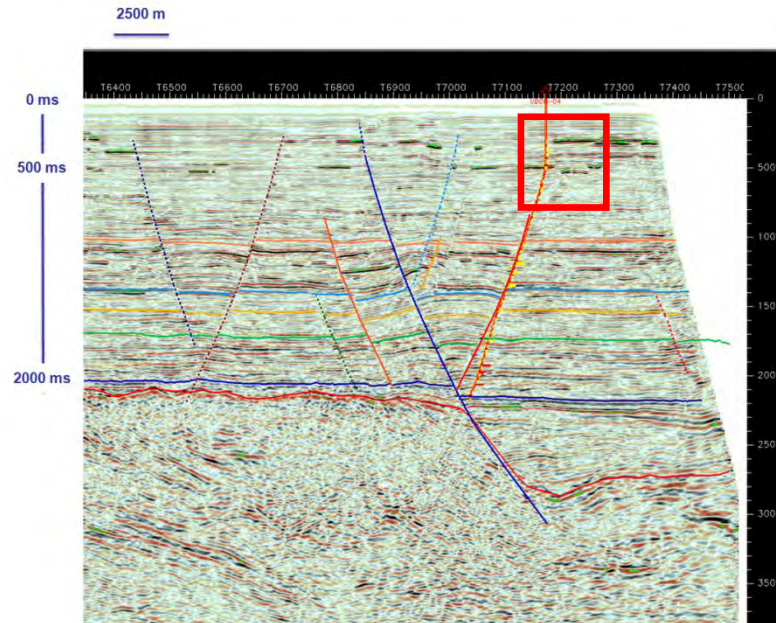
แกน Y กำหนดค่า $R(\theta)$ ซึ่งคำนวณที่ $\theta = 35$ องศา

3.2 การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

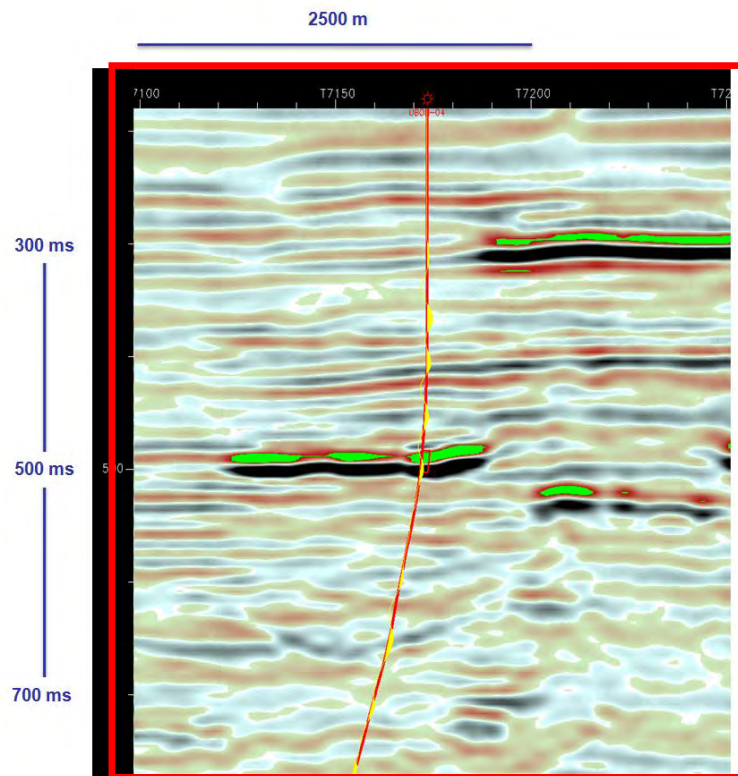
หลุมผลิตปิโตรเลียมที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา จะต้องมีลักษณะซึ่งประกอบด้วย

1. เป็นหลุมผลิตปิโตรเลียมซึ่งเจาะผ่านบริเวณที่เป็นกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น โดยสังเกตได้จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน
2. ตำแหน่งของกลุ่มความผิดปกติระดับตื้นที่ปรากฏ เป็นชั้นหินทรายซึ่งมีปิโตรเลียมและน้ำอยู่ภายในช่องว่างของเนื้อหิน
3. มีข้อมูลหยั่งธรณีหลุมหลุมเจาะของตำแหน่งที่ศึกษา

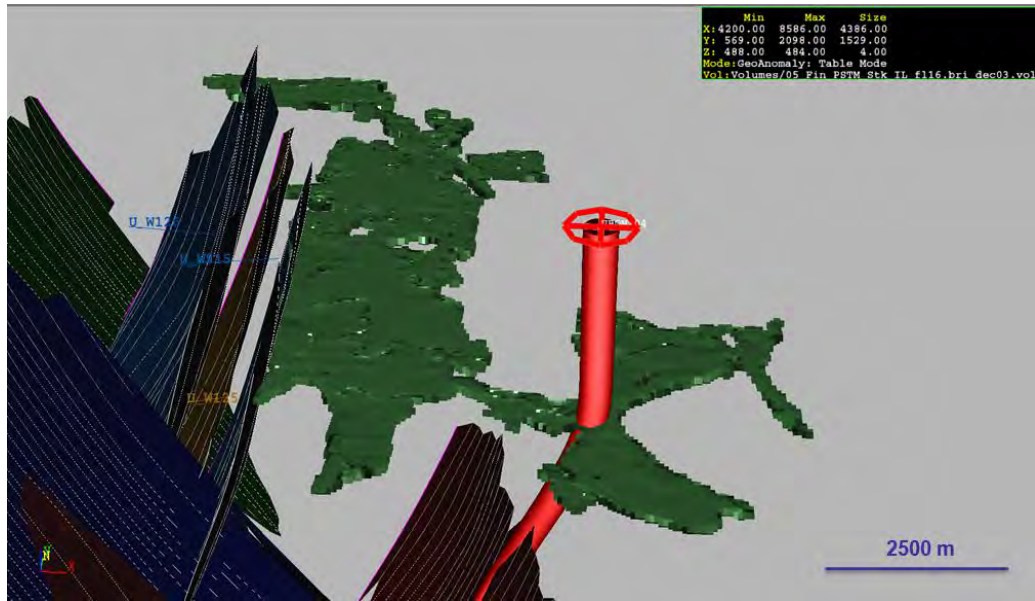
ซึ่งในการวิจัยนี้ได้เลือกตัวอย่างหลุมผลิตปิโตรเลียมหลุมหนึ่งในแอ่งปัตตานี เขตพื้นที่สัมปทานการสำรวจและผลิตปิโตรเลียมอุบลในอ่าวไทย (ได้รับการสนับสนุนด้านข้อมูลจากบริษัทเชvronประเทศไทย) (รูปที่ 3.1, 3.2, และ 3.3) โดยมีการปรากฏของกลุ่มความผิดปกติเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งความลึก 471 มิลลิวินาที เทียบเท่ากับ 404.77 เมตร โดยวัดจากระดับน้ำทะเลในแนวตั้ง (True vertical depth sub sea) ซึ่งเป็นชั้นหินทรายที่มีแก๊สและน้ำแยกชั้นกันอยู่ในช่องว่างของเนื้อหิน รูปแบบการสะสมตัวของตะกอนซึ่งสังเกตได้จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ณ ตำแหน่งเวลาขณะหนึ่งของพื้นที่ (Time slice) ในมุมมองจากพื้นผิวด้านบน ทำให้เห็นภาพลักษณะภูมิศาสตร์ของชั้นหินทรายปรากฏเป็นลักษณะของการสะสมตัวของตะกอนที่เกิดจากทางน้ำ (รูปที่ 3.4)



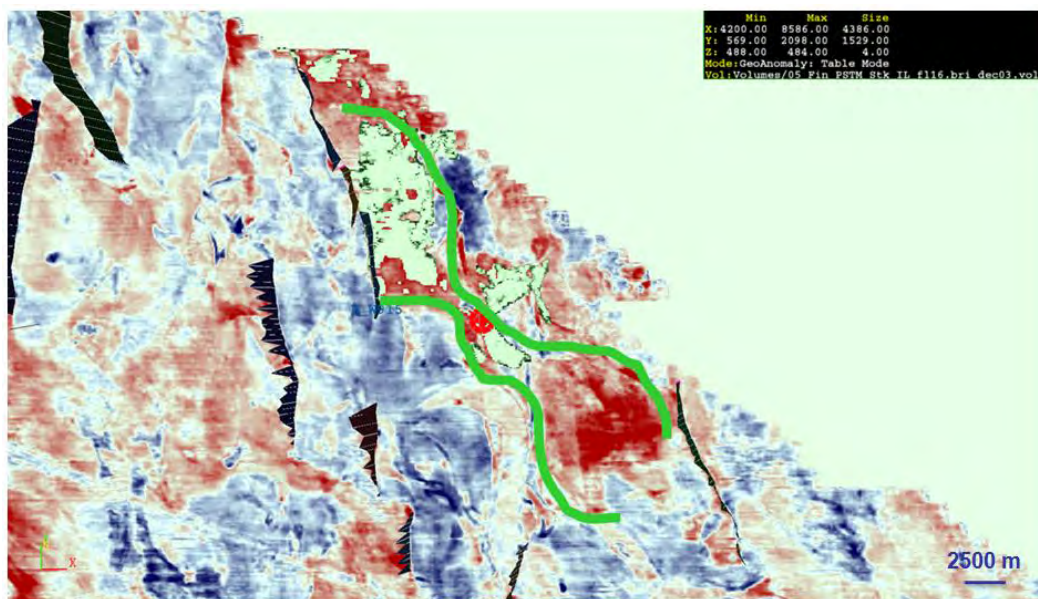
รูปที่ 3.1 ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแสดงภาพตัดขวางในทิศตะวันออก-ทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีหลุมผลิตปิโตรเลียมเจาะผ่านบริเวณที่เป็นกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น (กรอบสี่เหลี่ยมสีแดง)



รูปที่ 3.2 ภาพขยายของหลุมผลิตปิโตรเลียมซึ่งเจาะผ่านบริเวณที่เป็นกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น (พื้นที่สี่เหลี่ยมสีแดง)



รูปที่ 3.3 ภาพสามมิติแสดงกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น (พื้นที่สีเขียว) ณ บริเวณศึกษา

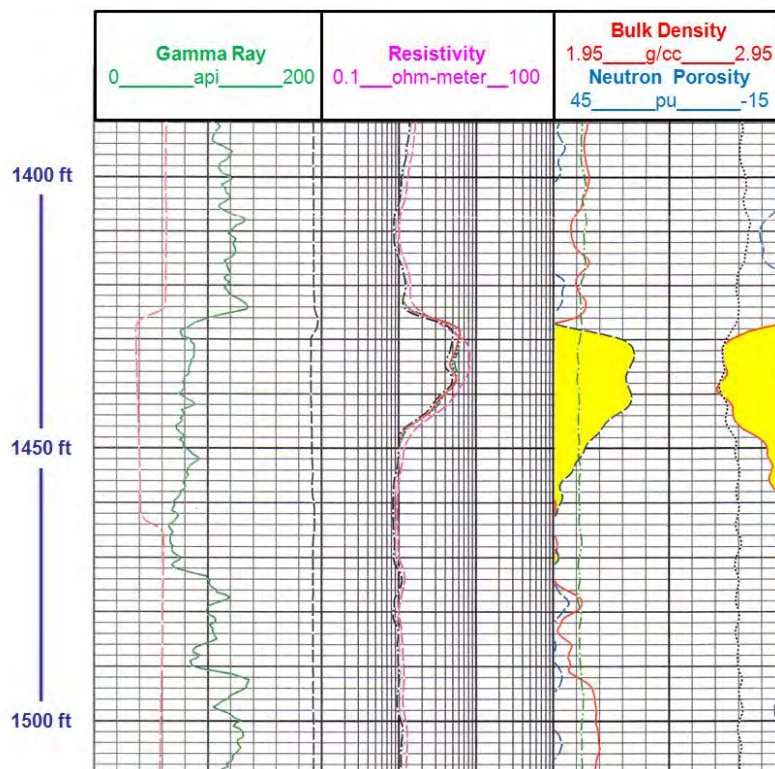


รูปที่ 3.4 ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ณ ตำแหน่งเวลาขณะหนึ่งของพื้นที่ (Time slice) แสดงลักษณะภูมิศาสตร์ฐานของชั้นหินทราย (กลุ่มความผิดปกติระดับตื้นที่ศึกษา) ปากกฏเป็นลักษณะของการสะสมตัวของตะกอนที่เกิดจากทางน้ำ โดยเส้นสีเขียวแสดงถึงทางน้ำ

3.3 การแปลผลข้อมูลหัตถวิธีหลุมเจาะ ณ บริเวณกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น

จากตำแหน่งปรากฏของกลุ่มความผิดปกติระดับตื้นซึ่งได้จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ทำให้ได้ตำแหน่งระดับความลึกโดยประมาณของชั้นหินทราย ดังกล่าว เพื่อเทียบกับตำแหน่งของข้อมูลหัตถวิธีหลุมเจาะ (รูปที่ 3.5) ซึ่งมีความละเอียดของข้อมูลสูงกว่า ทำให้ได้ตำแหน่งระนาบรอยต่อของชั้นหินทรายกับชั้นหินดินดานด้านบนและด้านล่าง รวมถึงระนาบรอยต่อของแก๊สและน้ำภายในชั้นหินที่แม่นยำขึ้น

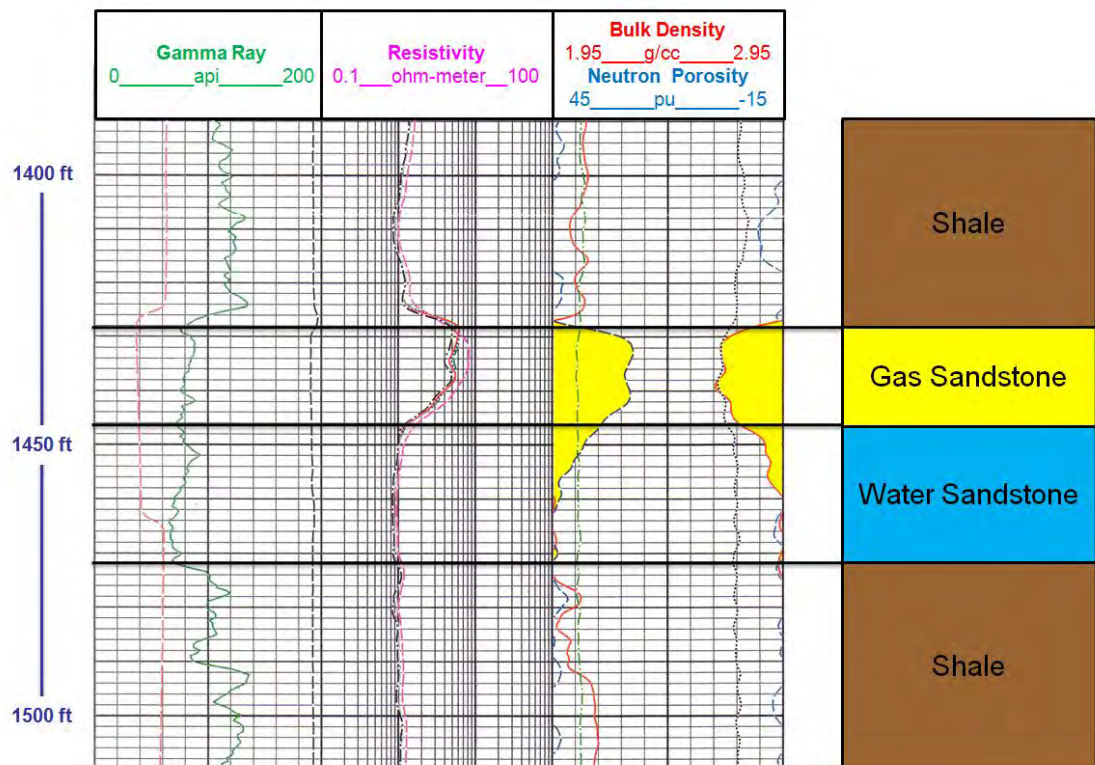
โดยการแปลผลข้อมูลหัตถวิธีหลุมเจาะ จะพิจารณาชั้นหินใน 2 ประเด็น คือ ชนิดของหิน และชนิดของของไหลซึ่งอยู่ภายในช่องว่างในเนื้อหิน ซึ่งชนิดของหินจะแปลผลโดยอาศัยข้อมูลการวัดค่ารังสีแกมมาของชั้นหิน ซึ่งชนิดของแร่ในเนื้อหินจะเป็นตัวกำหนดค่ารังสีแกมมาดังกล่าว โดยจะปรากฏค่าสูงในกรณีที่เป็นชั้นหินดินดานและค่าต่ำในกรณีที่เป็นชั้นหินทราย ส่วนในประเด็น ชนิดของของไหลซึ่งอยู่ภายในช่องว่างในเนื้อหิน จะแปลผลโดยอาศัยข้อมูลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นหิน ซึ่งความสามารถในการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกันของน้ำและปิโตรเลียมจะเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานไฟฟ้า โดยจะปรากฏค่าสูงในกรณีที่ของไหลเป็นปิโตรเลียมและค่าต่ำในกรณีที่ของไหลเป็นน้ำ ทั้งนี้ ในการแปลผลข้อมูลหัตถวิธีหลุมเจาะของชั้นหิน จะอาศัยข้อมูลการวัดค่าด้านอื่นร่วมด้วย เช่น ค่าความหนาแน่นของชั้นหิน และค่านิวตรอน เป็นต้น



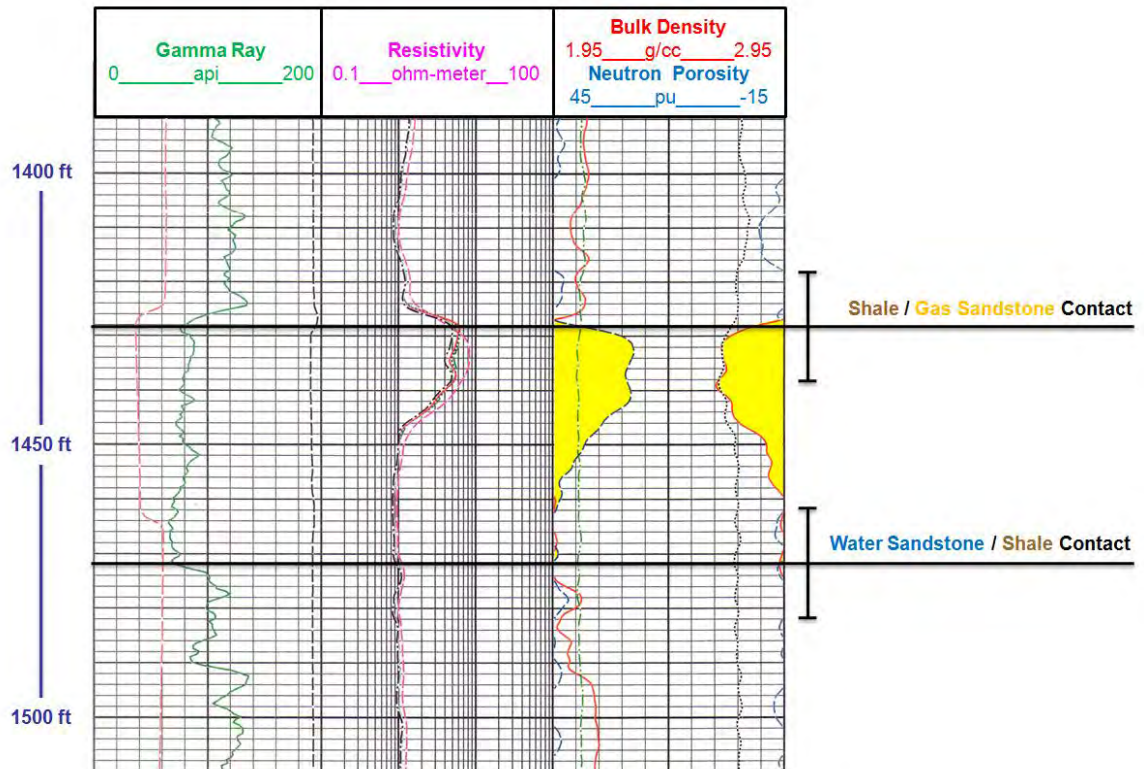
รูปที่ 3.5 ข้อมูลหัตถวิธีหลุมเจาะ ณ บริเวณกลุ่มความผิดปกติระดับตื้นที่ศึกษา

ผลที่ได้จากการแปลงข้อมูลหัตถ์ธรณีหลุมเจาะ ทำให้ได้แบบจำลองลักษณะชั้นหินของบริเวณกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น (รูปที่ 3.6) และทราบถึงตำแหน่งระนาบรอยต่อของชั้นหินที่สนใจเพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป 2 ระนาบ (รูปที่ 3.7) คือ

1. ระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส อยู่ที่ระดับความลึก 435.25 เมตร(1428 ฟุต) โดยวัดตามระยะทางการวางตัวของหลุมผลิตปิโตรเลียม (Measuring depth)
2. ระนาบรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน อยู่ที่ระดับ ความลึก 448.66 เมตร(1472 ฟุต) โดยวัดตามระยะทางการวางตัวของหลุมผลิตปิโตรเลียม (Measuring depth)



รูปที่ 3.6 แบบจำลองลักษณะชั้นหินของบริเวณกลุ่มความผิดปกติระดับตื้น



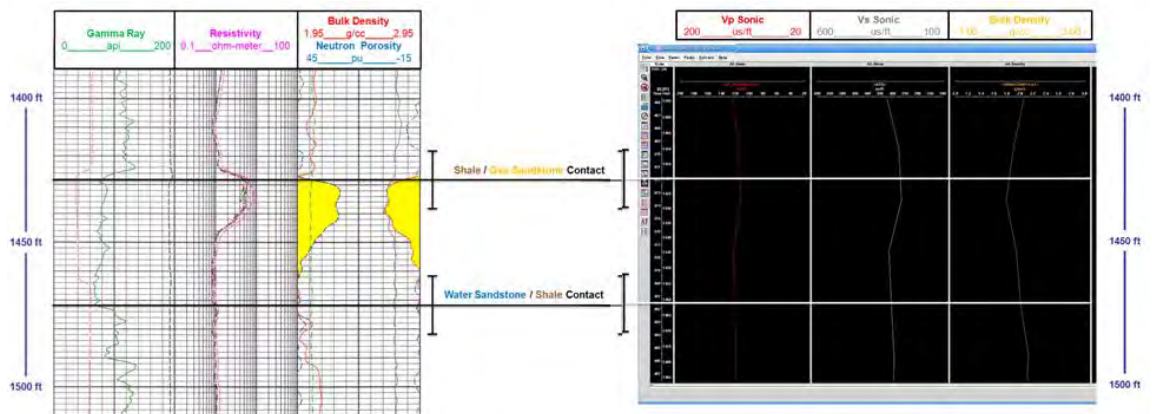
รูปที่ 3.7 ตำแหน่งระนาบรอยต่อของชั้นหินที่สนใจเพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.4 การเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี เอวีไอ

ระนาบรอยต่อของชั้นหินทั้ง 2 บริเวณที่ได้เลือกไว้ จะเป็นจุดที่ใช้สังเกตรูปแบบของผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี เอวีไอ ของลักษณะข้อมูลชั้นหินต่างชนิดกัน โดยที่การวิเคราะห์ จะทำการเก็บข้อมูลจากผลบันทึกทางคลื่นเสียง (Sonic log) ของชั้นหินในบริเวณระนาบรอยต่อ โดยอ่านค่าผ่านโปรแกรม Syntool (รูปที่ 3.8) เพื่อให้ได้ค่าความเร็วคลื่นอัด (Compressional wave velocity, V_p) และค่าความเร็วคลื่นเฉือน (Shear wave velocity, V_s) นำมาประมวลผลร่วมกับค่าความหนาแน่นของชั้นหิน (Density, ρ) ตามรูปแบบสมการของการวิเคราะห์ในลักษณะต่างๆ โดยตำแหน่งของข้อมูลที่ใช้ จะเก็บข้อมูลทุกๆ 0.61 เมตร (2 ฟุต) จำนวน 5 ตำแหน่งชุดข้อมูลจากระนาบรอยต่อ (รูปที่ 3.9)



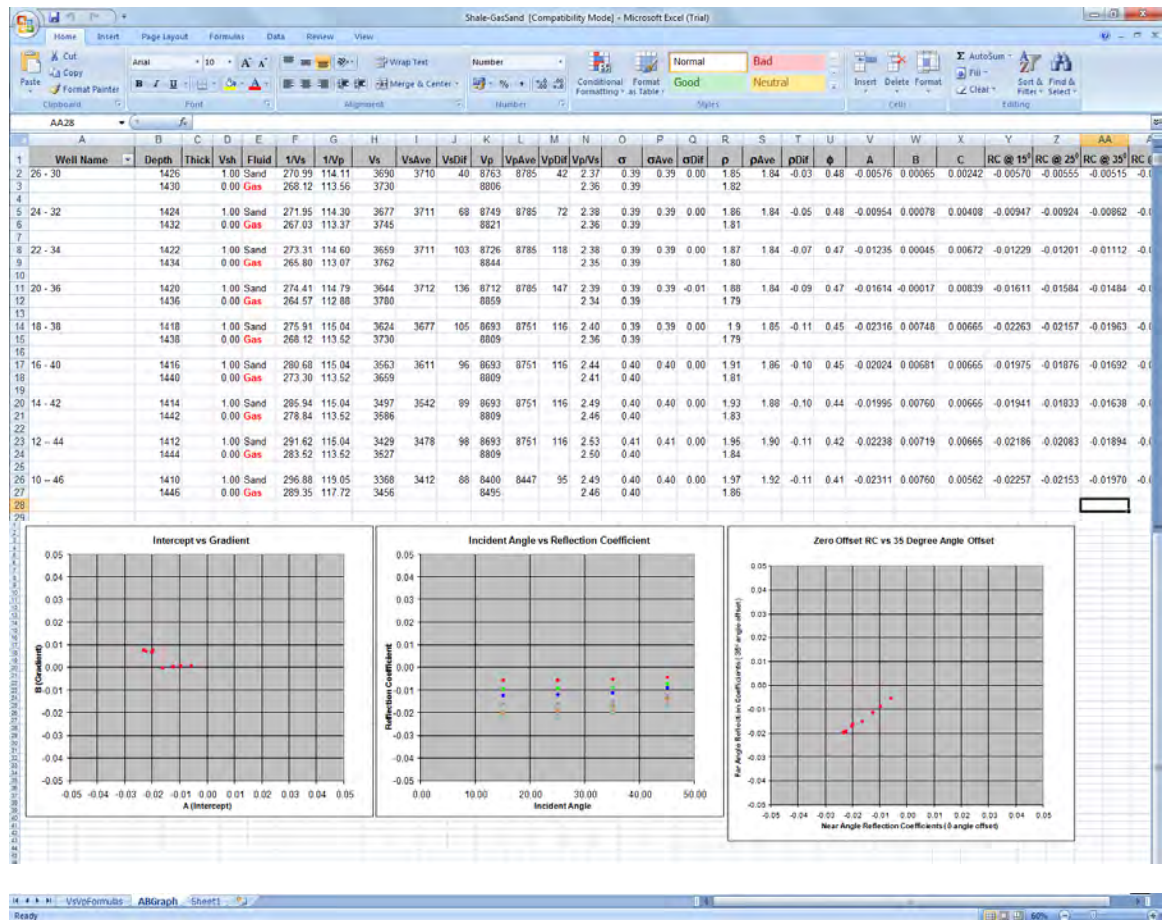
รูปที่ 3.8 ข้อมูลหยั่งธรณีหลุมเจาะซึ่งแสดงผลและอ่านค่าผ่านโปรแกรม Syntool



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งของชั้นหินซึ่งจะเก็บข้อมูลทุกๆ 0.61 เมตร (2 ฟุต) จำนวน 5 ตำแหน่งจากระนาบรอยต่อ โดยเทียบตำแหน่งจากการแปลข้อมูลหยั่งธรณีหลุมเจาะในชั้นต่อนก่อนหน้า

3.5 การประมวลผลข้อมูล

จากการเก็บข้อมูลยังธรณีหลุมเจาะของกลุ่มตัวอย่าง ค่าที่ได้จะนำมาคำนวณและสร้างกราฟตามรูปแบบการวิเคราะห์ในหัวข้อ 3.1 โดยอาศัยการประมวลผลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel (รูปที่ 3.10) ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละระนาบรอยต่อของชั้นหินที่ศึกษาตามลักษณะการวิเคราะห์ในแต่ละวิธี

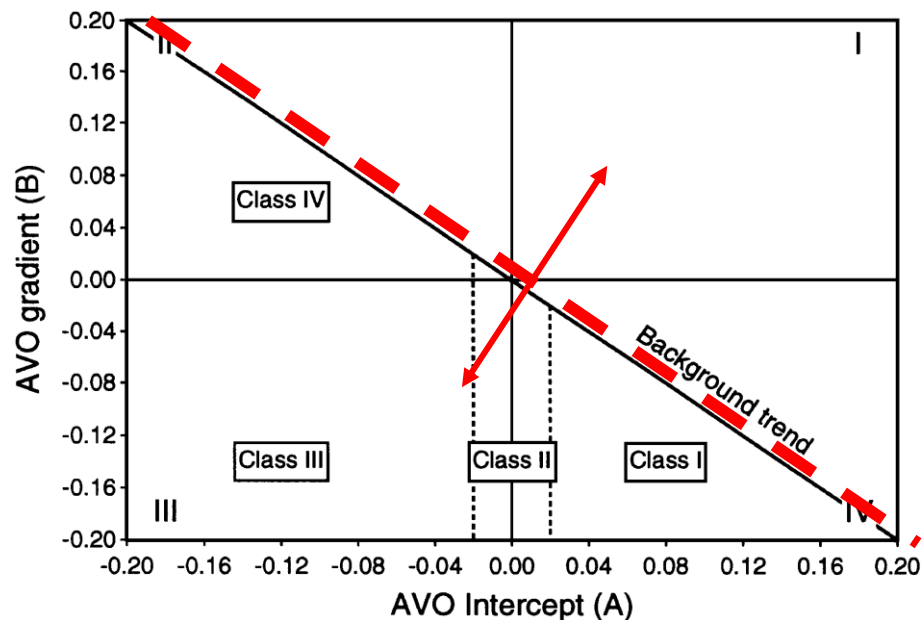


รูปที่ 3.10 การประมวลผลข้อมูลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel

3.6 การแปลผลที่ได้จากการวิเคราะห์เทียบกับมาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ด้วยวิธี เอวีโอ ในแต่ละลักษณะ

Intercept time – Gradient cross plotting

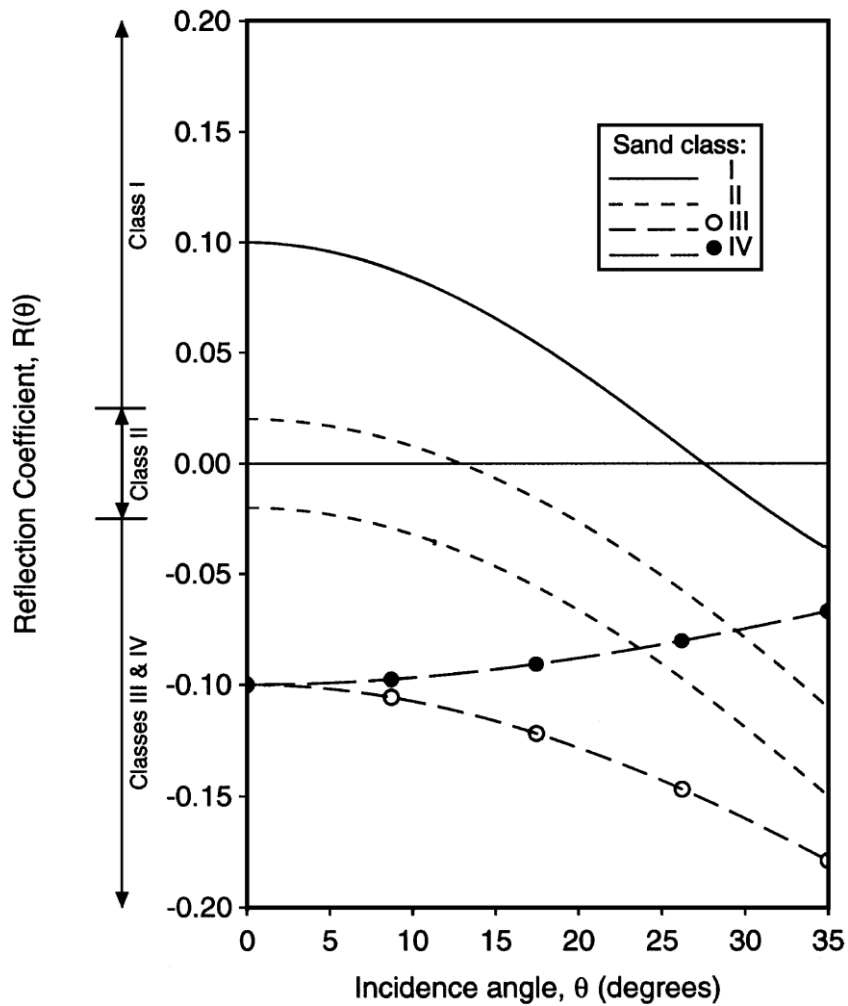
ผลที่ได้จากการสร้างกราฟ แสดงถึงสมบัติของชั้นหินในบริเวณรอยต่อได้ กล่าวคือ เส้นในแนวทแยงซึ่งผ่านจุดภาคที่ 2 และ 4 เป็นเส้นที่แสดงถึงรูปแบบชนิดของของไหลซึ่งอยู่ภายในชั้นหิน (Fluid line) (เส้นประสีแดงในรูปที่ 3.11) ซึ่งระยะห่างจากจุดกำเนิดของเส้นดังกล่าว แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มของน้ำในบริเวณใกล้จุดกำเนิด (Background trend line) และกลุ่มของปิโตรเลียมในบริเวณที่ไกลออกไป โดยสามารถแบ่งประเภทลักษณะของชั้นหินได้เป็น 4 ประเภท (รูปที่ 3.11)



รูปที่ 3.11 รูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ Intercept time – Gradient cross plotting โดยเส้นประสีแดงแสดงถึงรูปแบบชนิดของของไหลซึ่งอยู่ภายในชั้นหิน (Fluid line) และแนวลูกศรสีแดงแสดงถึงระยะห่างจากจุดกำเนิดของเส้นดังกล่าว (Castagna, 1998)

Incident angle – Reflection coefficient cross plotting

ผลที่ได้จากการสร้างกราฟ แสดงถึงค่าแอมพลิจูดของคลื่นไหวสะเทือนที่เปลี่ยนแปลงเมื่อ ระยะห่างระหว่างจุดกำเนิดคลื่นกับตัวรับ บัญญัติ (offset) เพิ่มขึ้น โดย Incident angle แสดงถึง ระยะห่างดังกล่าว คือ ระยะห่างที่เพิ่มขึ้น ทำให้คลื่นตกกระทบระนาบชั้นหินในมุมที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน และ Reflection coefficient แสดงถึงแอมพลิจูดของคลื่นไหวสะเทือน กล่าวคือ Reflection coefficient เป็นค่าที่วัดจากความต่างของสมบัติชั้นหิน ซึ่งในกรณีที่ชั้นหินมีสมบัติในเรื่องความเร็ว ของคลื่นที่เดินทางผ่านชั้นหินและความหนาแน่นของชั้นหินที่ต่างกันมากในระนาบรอยต่อ จะทำ ให้คลื่นที่สะท้อนกลับมามีขนาดของแอมพลิจูดที่สูงขึ้นเช่นกัน โดยรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่า Reflection coefficient เทียบกับ Incident angle สามารถพิจารณาเทียบได้กับการแบ่งประเภท ลักษณะของชั้นหินได้เป็น 4 ประเภทเช่นเดียวกัน (รูปที่ 3.12)

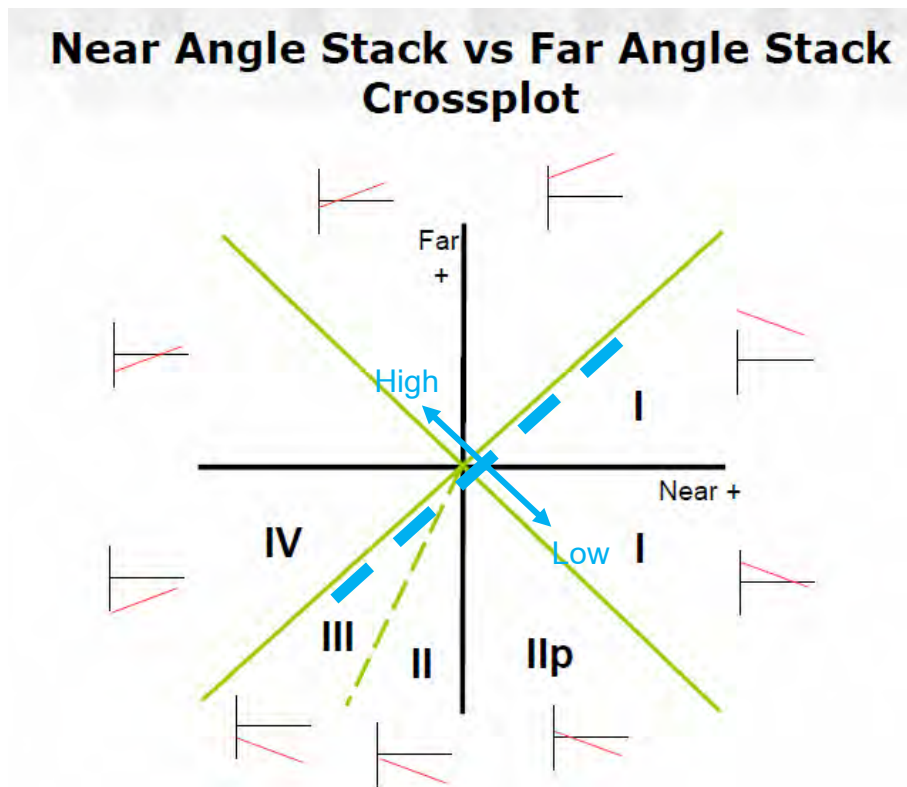


รูปที่ 3.12 รูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์

Incident angle – Reflection coefficient cross plotting (Castagna, 1998)

Near angle stack – Far angle stack cross plotting

ผลที่ได้จากการสร้างกราฟ แสดงถึงการเปรียบเทียบค่า Reflection coefficient ซึ่งแสดงออกมาในรูปของแอมพลิจูดของคลื่นไหวสะเทือน โดยเปรียบเทียบค่าที่ตำแหน่งมุม Incident angle ที่ใกล้ (ค่าน้อย กำหนดที่ 0 องศา) และไกล (ค่ามาก กำหนดที่ 35 องศา) ซึ่งผลที่ได้ แสดงถึงสมบัติความพรุนของชั้นหิน กล่าวคือ เส้นในแนวทแยงซึ่งผ่านจุดภาคที่ 1 และ 3 (เส้นสีฟ้าในรูปที่ 3.13) เป็นเส้นที่แสดงถึงค่าความพรุนหรือปริมาณช่องว่างในชั้นหิน (Porosity line) โดยสามารถพิจารณาเทียบได้กับการแบ่งประเภทลักษณะของชั้นหินได้เป็น 4 ประเภทเช่นเดียวกัน (รูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.13 รูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ Near angle stack – Far angle stack cross plotting โดยเส้นประสีฟ้าแสดงถึงสมบัติความพรุนของชั้นหิน (Porosity line) และแนวลูกศรสีฟ้าแสดงถึงค่าความพรุนหรือปริมาณช่องว่างในชั้นหิน (Castagna, 1998)

บทที่ 4 : ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการแปลผลข้อมูลหยั่งธรณีหลุมเจาะ ณ บริเวณตำแหน่งกลุ่มความผิดปกติระดับตื้นที่ปรากฏในข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ทำให้ทราบถึงชนิดและตำแหน่งปรากฏของชั้นหิน (รูปที่ 3.6) ซึ่งข้อมูลจากระนาบรอยต่อบริเวณชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส และบริเวณชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน ได้ถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธี เอวีไอ ซึ่งให้ผลดังนี้

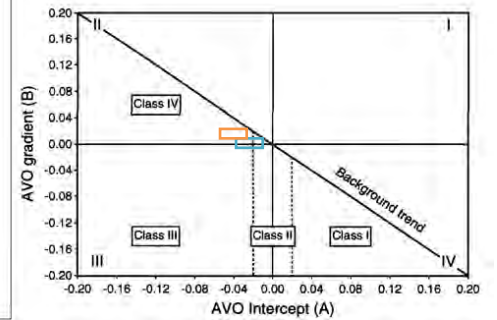
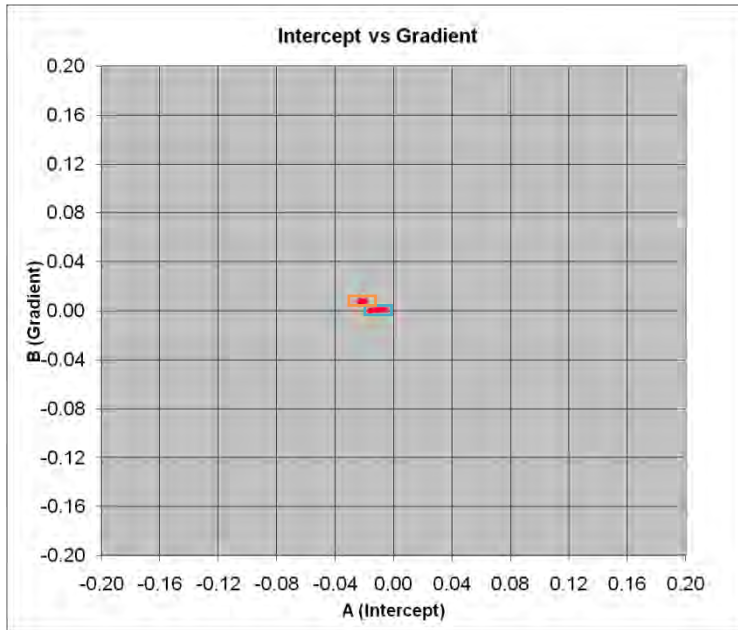
4.1 ระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส

ข้อมูลค่าความเร็วคลื่นอัด ค่าความเร็วคลื่นเฉือน และค่าความหนาแน่นของชั้นหิน ณ ตำแหน่งห่างจากระนาบรอยต่อทุกๆ 0.61 เมตร (2 ฟุต) จำนวน 10 ตำแหน่งชุดข้อมูล (เดิมกำหนด 5 ตำแหน่งชุดข้อมูล แต่ผลการวิเคราะห์ที่ได้ให้ผลไม่ชัดเจนในการแปลผลเทียบกับมาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ด้วยวิธี เอวีไอ ในแต่ละลักษณะ จึงเพิ่มเติมการวิเคราะห์ในอีก 5 ตำแหน่งชุดข้อมูลถัดไป) ได้ถูกนำมาคำนวณในแต่ละตัวแปร แสดงในตารางภาคผนวก ก และนำมาสร้างกราฟการวิเคราะห์ในแต่ละลักษณะได้ดังนี้

Intercept time – Gradient cross plotting

ผลการวิเคราะห์ใน 5 ตำแหน่งชุดข้อมูลแรก (กรอบสี่เหลี่ยมสีฟ้าในรูปที่ 4.1) ให้ผลที่ไม่ชัดเจนระหว่างประเภทที่ 3 และ 4 จึงทำการการวิเคราะห์อีก 5 ตำแหน่งชุดข้อมูลถัดไป (กรอบสี่เหลี่ยมสีส้มในรูปที่ 4.1) ซึ่งให้ผลชัดเจนในการแปลผลเทียบกับมาตรฐานการ จำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ที่ได้เป็นประเภทที่ 4

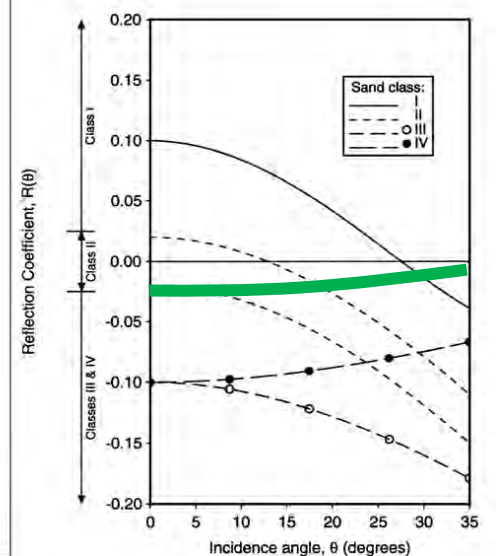
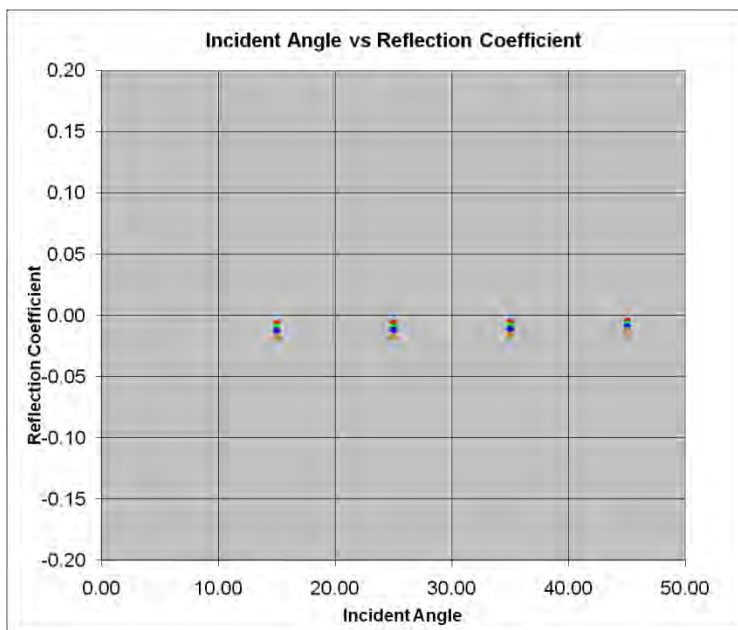
และเมื่อพิจารณาตำแหน่งที่ได้จากการลงจุดในกราฟพบว่าทั้ง 2 ชุดข้อมูลวางตัวอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากเส้นที่แสดงถึงรูปแบบชนิดของของไหลซึ่งอยู่ภายในชั้นหิน (Fluid line) แสดงถึงการมีอยู่ของปิโตรเลียมในชั้นหินที่ศึกษา



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Intercept time – Gradient cross plotting ของระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส

Incident angle – Reflection coefficient cross plotting

ผลการวิเคราะห์ทั้ง 10 ตำแหน่งชุดข้อมูลให้ผลชัดเจนในลักษณะเดียวกันในการ แปลผลเทียบกับมาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ ได้เป็นประเภทที่ 4 กล่าวคือ ค่า Reflection coefficient มีค่าลดลงเรื่อยๆจากค่าลบเข้าสู่ศูนย์ (พิจารณาการลดลงของขนาดค่า Reflection coefficient ซึ่งในกรณีนี้มีค่าเป็นลบ) เมื่อค่า Incident angle มีค่าเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.2)

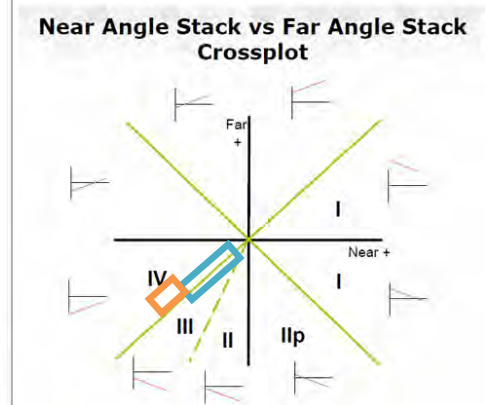
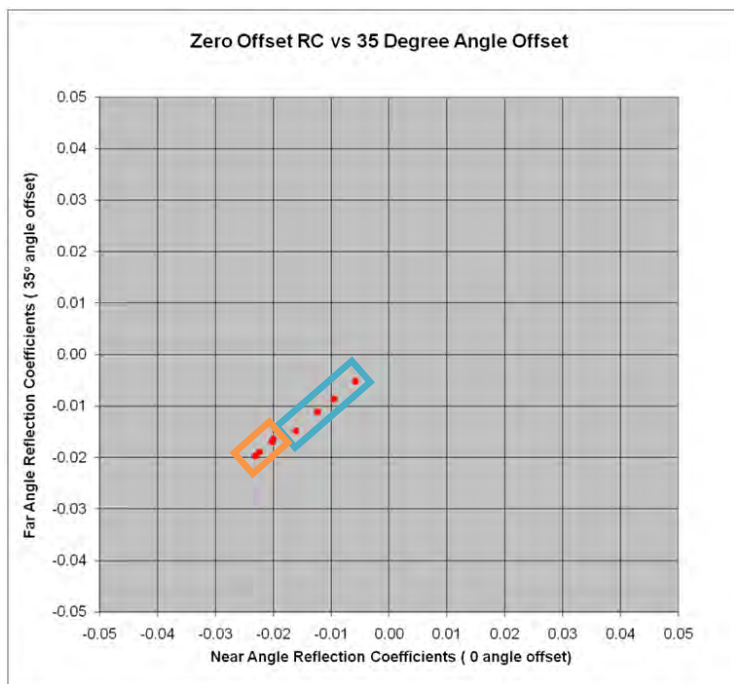


รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Incident angle – Reflection coefficient cross plotting ของระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส

Near angle stack – Far angle stack cross plotting

เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ด้วยวิธี Intercept time – Gradient cross plotting ผลการวิเคราะห์ใน 5 ตำแหน่งชุดข้อมูลแรก (กรอบสี่เหลี่ยมสีฟ้าในรูปที่ 4.3) ให้ผลที่ไม่ชัดเจนระหว่างประเภทที่ 3 และ 4 จึงทำการการวิเคราะห์อีก 5 ตำแหน่งชุดข้อมูลถัดไป (กรอบสี่เหลี่ยมสีแดงในรูปที่ 4.3) ซึ่งให้ผลที่ชัดเจนขึ้นในการแปลผลเทียบกับมาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ได้เป็นประเภทที่ 4

และเมื่อพิจารณาดำแหน่งที่ได้จากการลงจุดในกราฟพบว่าทั้ง 2 ชุดข้อมูลวางตัวอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากเส้นที่แสดงถึงค่าความพรุนหรือปริมาณช่องว่างในชั้นหิน (Porosity line) ไปในทิศทางของค่าพรุนที่สูง แสดงถึงปริมาณช่องว่างในชั้นหินที่มากซึ่งเป็นลักษณะเด่นของชั้นหินประเภทที่ 4 (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Near angle stack – Far angle stack cross plotting ของระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส

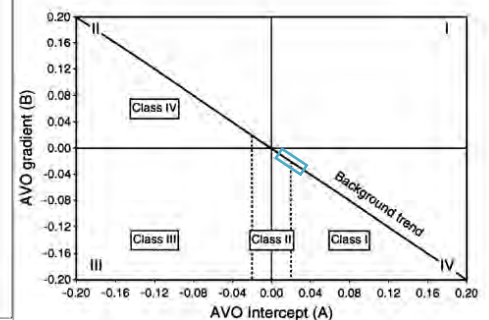
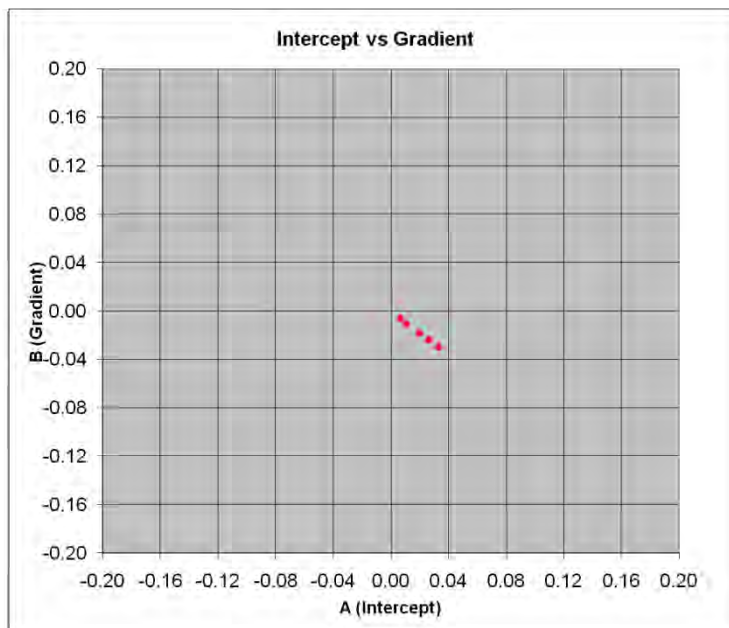
4.2 ระบายรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน

ในการวิเคราะห์กรณีของระบายรอยต่อซึ่งมีชั้นหินทรายอยู่ด้านบนและชั้นหินดินดานอยู่ด้านล่าง พฤติกรรมการตอบสนองของการวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นไปในลักษณะที่ตรงข้ามกับกรณีที่มีชั้นหินดินดานอยู่ด้านบน กล่าวคือ ผลที่ได้จากการลงจุดในกราฟ จะอยู่ในตำแหน่งที่ตรงข้าม ทำให้การแปลผลเทียบกับมาตรฐานการ จำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ จะต้องพิจารณาในกรณีที่ตำแหน่งดังกล่าวอยู่ตรงข้ามเช่นเดียวกัน

ข้อมูลค่าความเร็วคลื่นอัด ค่าความเร็วคลื่นเฉือน และค่าความหนาแน่นของชั้นหิน ณ ตำแหน่งห่างจากระบายรอยต่อทุกๆ 0.61 เมตร (2 ฟุต) จำนวน 5 ตำแหน่งชุดข้อมูล ได้ถูกนำมาคำนวณในแต่ละตัวแปร แสดงในตารางภาคผนวก ข และนำมาสร้างกราฟการวิเคราะห์ในแต่ละลักษณะได้ดังนี้

Intercept time – Gradient cross plotting

ผลการวิเคราะห์ใน 5 ตำแหน่งชุดข้อมูลให้ผลชัดเจนในการแปลผลเทียบกับมาตรฐานการ จำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ ได้เป็นประเภทที่ 4 และเมื่อพิจารณาตำแหน่งที่ได้จากการลงจุดในกราฟพบว่า ข้อมูลวางตัวอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับเส้นที่แสดงถึงรูปแบบชนิดของของไหลซึ่งอยู่ในชั้นหิน (Fluid line) หรือกล่าวได้ว่าข้อมูลวางตัวอยู่บนแนวเส้น Background trend แสดงถึงการมีอยู่ของน้ำในชั้นหินที่ศึกษา (รูปที่ 4.4)

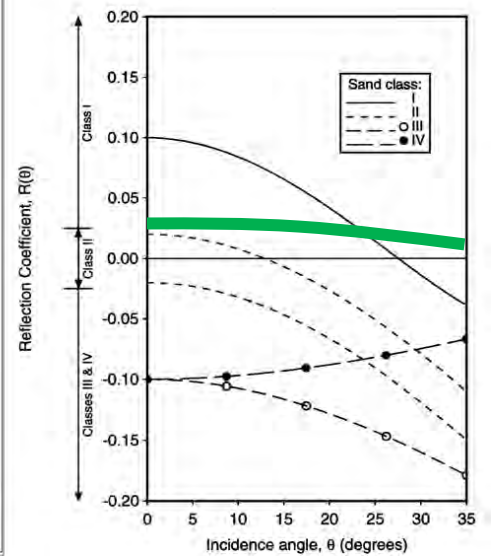
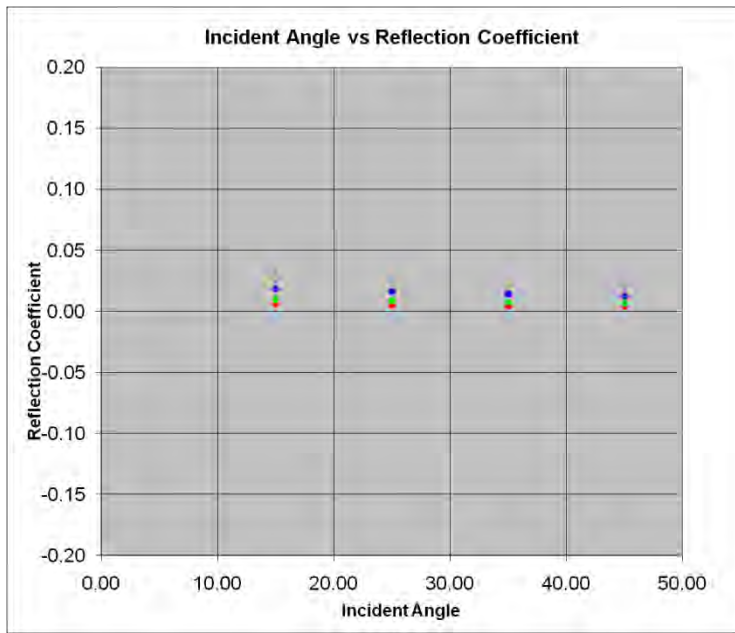


รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Intercept time – Gradient cross plotting

ของระบายรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน

Incident angle – Reflection coefficient cross plotting

ผลการวิเคราะห์ทั้ง 5 ตำแหน่งชุดข้อมูลให้ผลชัดเจนในลักษณะเดียวกันในการแปลผลเทียบกับมาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ได้เป็นประเภทที่ 4 กล่าวคือค่า Reflection coefficient มีค่าลดลงเรื่อยๆจากค่าบวกเข้าสู่ศูนย์เมื่อค่า Incident angle มีค่าเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.5)

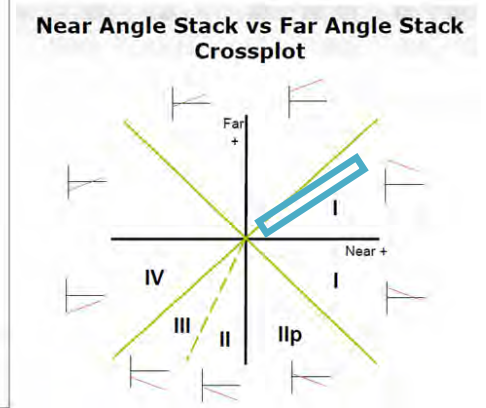
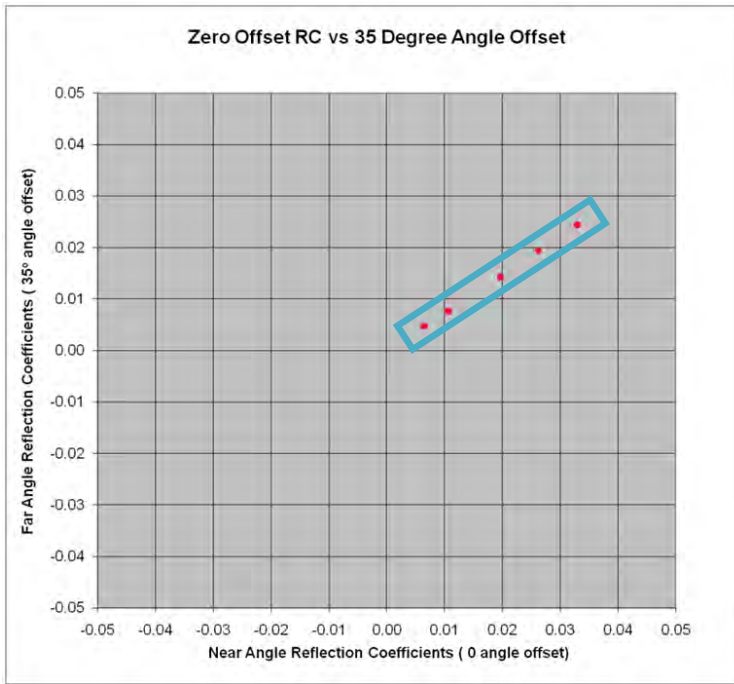


รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Incident angle – Reflection coefficient cross plotting

ของระนาบรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน

Near angle stack – Far angle stack cross plotting

ผลการวิเคราะห์ใน 5 ตำแหน่งชุดข้อมูลให้ผลที่ชัดเจนในการแปลผลเทียบกับมาตรฐานการจำแนกรูปแบบการตอบสนองของการวิเคราะห์ได้เป็นประเภทที่ 4 และเมื่อพิจารณาตำแหน่งที่ได้จากการลงจุดในกราฟพบว่าทั้ง 2 ชุดข้อมูลวางตัวอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากเส้นที่แสดงถึงความพรุนหรือปริมาณช่องว่างในชั้นหิน (Porosity line) ไปในทิศทางของค่าพรุนที่สูง แสดงถึงปริมาณช่องว่างในชั้นหินที่มากซึ่งเป็นลักษณะเด่นของชั้นหินประเภทที่ 4 (รูปที่ 4.6)



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Near angle stack – Far angle stack cross plotting
ของระนาบรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน

บทที่ 5 : สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของระนาบรอยต่อชั้นหินทั้ง 2 ระนาบที่ศึกษาด้วยวิธี เอวีไอ ใน 3 ลักษณะ คือ Intercept time – Gradient cross plotting, Incident angle – Reflection coefficient cross plotting, และ Near angle stack – Far angle stack cross plotting ทำให้ทราบถึงผลการตอบสนองของการวิเคราะห์ที่เทียบกับมาตรฐานการจดจำแนกได้ ดังนี้

ระนาบรอยต่อของชั้นหินดินดานกับชั้นหินทรายที่มีแก๊ส

ผลการวิเคราะห์จาก 5 ชุดข้อมูลแรก แสดงผลไม่ชัดเจนระหว่างการจดจำแนกประเภทที่ 3 และ 4 ในการวิเคราะห์ Intercept time – Gradient cross plotting และ Near angle stack – Far angle stack cross plotting จึงเพิ่มการวิเคราะห์ข้อมูลถัดไปอีก 5 ชุดข้อมูล ซึ่งให้ผลที่ชัดเจนขึ้นว่าเป็นประเภทที่ 4 และตรงกับการวิเคราะห์ Incident angle – Reflection coefficient cross plotting ซึ่งระบุผลชัดเจนว่าเป็นประเภทที่ 4 ทั้ง 10 ชุดข้อมูล จึงสรุปผลการตอบสนองของการวิเคราะห์ที่เทียบกับมาตรฐานการจดจำแนกได้เป็นประเภทที่ 4 และสามารถระบุชนิดของของไหลภายในจากตำแหน่งปรากฏของผลลัพท์ในการวิเคราะห์ Intercept time – Gradient cross plotting ซึ่งอยู่ใน Hydrocarbon zone แสดงถึงการมีอยู่ของปิโตรเลียมในชั้นหิน

ระนาบรอยต่อของชั้นหินทรายที่มีน้ำกับชั้นหินดินดาน

ผลการวิเคราะห์จาก 5 ชุดข้อมูล แสดงผลที่ชัดเจนและตรงกันในทุก 3 ลักษณะของการวิเคราะห์ จึงสรุปผลการตอบสนองของการวิเคราะห์ที่เทียบกับมาตรฐานการจดจำแนกได้เป็นประเภทที่ 4 และสามารถระบุชนิดของของไหลภายในจากตำแหน่งปรากฏของผลลัพท์ในการวิเคราะห์ Intercept time – Gradient cross plotting ซึ่งอยู่ใน Background trend แสดงถึงการมีอยู่ของน้ำในชั้นหิน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ในทั้ง 2 กรณี ทำให้ได้ข้อสรุปถึงลักษณะเฉพาะที่แตกต่างของการตอบสนองของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างกลุ่มความผิดปกติทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งเกิดขึ้นจากสมบัติที่ แตกต่างกันของชั้นหินทรายที่มีแก๊สและชั้นหินทรายที่มีน้ำ ลักษณะดังกล่าวแสดงผลชัดเจนในการวิเคราะห์ Intercept time – Gradient cross plotting จากตำแหน่งปรากฏของผลลัพท์ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังได้ข้อสรุปถึงประเภทการตอบสนองของข้อมูลเทียบกับ

มาตรฐานการจัดจำแนก ได้เป็นประเภทที่ 4 ซึ่งมีลักษณะเด่น คือ เป็นชั้นหินที่มีค่าความพรุนสูง สอดคล้องกับลักษณะทางธรณีวิทยาของลำดับชั้นหิน ณ ตำแหน่งความลึกที่ศึกษาซึ่งเป็นระดับตื้น กล่าวคือ ผลจากการอัดแน่นที่น้อยกว่า ทำให้ปริมาณช่องว่างในชั้นหินยังคงอยู่มาก ค่าความพรุน จึงสูงกว่าเมื่อเทียบกับชั้นหินที่อยู่ลึกลงไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษากลุ่มความผิดปกติระดับตื้นด้วยการวิเคราะห์ เอวีไอ ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็น ลักษณะการศึกษาเฉพาะตำแหน่งโดยอ้างอิงข้อมูลจากการหยั่งธรณีหลุมเจาะ ผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการ ศึกษา เอวีไอ ของทั้งพื้นที่ในระดับกว้างขึ้นได้ โดยใช้ข้อมูลจากการประมวลผลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนซึ่งยังคงอาศัยตัวแปรในการวิเคราะห์แบบ เดียวกัน คือ ความเร็วคลื่นอัด ความเร็วคลื่นเฉือน และความหนาแน่นของชั้นหิน โดยการวิเคราะห์ ดังกล่าว จะทำให้ทราบถึงภาพรวมของพื้นที่ ในคุณลักษณะที่เอื้อประโยชน์ต่อการระบุตำแหน่ง และขนาดของแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมในบริเวณกว้าง

รายการอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี, 2550. ธรณีวิทยาประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์
ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี,
- Castagna, J.P., 1997. Principle of AVO Cross Plotting. The Leading Edge April 1997 :
337-342.
- Castagna, J.P., 1998. Framework for AVO Gradient and Intercept Interpretation.
Geophysics May-June 1998 : 984-956.
- Chen-Hui, T. and Tung-Yi, L., 1990. Seismic Stratigraphy Applications in the Pattani
Basin, Gulf of Thailand. AAPG Bulletin. Vol.74.
- Veeken, P.C.H., 2007. Seismic Stratigraphy, Basin Analysis and Reservoir
Characterisation. Vol.37. Boston : Elsevier,