

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาลักษณะสีลาวรรณนา และผลการสำรวจ/วิเคราะห์รอยแตกของหินแต่ละหมวดหิน

จากการศึกษาลักษณะสีลาวรรณนา และ การสำรวจ/วิเคราะห์ค่าการวางตัวของรอยแตกของหินทรายในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น โดยใช้ตาข่ายมิติในการวิเคราะห์ ซึ่งทำการศึกษา/วิเคราะห์ทั้งหมด 5 หมวดหินอัน ได้แก่ หมวดหินภูกระดึง หมวดหินพระวิหาร หมวดหินภูพาน หมวดหินโลกกรวด และหมวดหินภูทอกได้ผลดังนี้

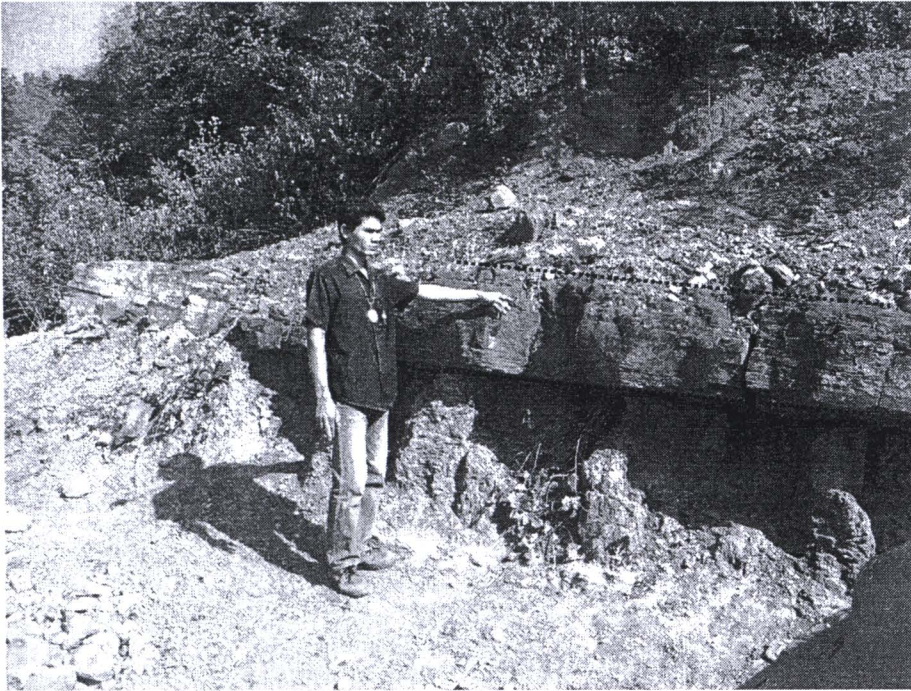
หมวดหินภูกระดึง

หมวดหินภูกระดึง จุดที่ทำการศึกษายู่ที่พิกัด 240942/1841667 ราว 5542 III อยู่บริเวณถนนเลียบเขื่อนอุบลรัตน์ ห่างจากตัวอำเภออุบลรัตน์ไปทางตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 16 กิโลเมตร จุดที่ทำการศึกษาก่อด้วยหินดินดานสีน้ำตาล หินโคลนสีน้ำตาลแกมม่วง เป็นส่วนใหญ่ และมีการผุพังมากบางส่วนกลายเป็นดินและมีการแทรกสลับชั้นด้วยหินทรายชั้นบาง ซึ่งยังคงสภาพชั้นหินชัดเจน โดยชั้นหินมีค่าการวางตัวประมาณ 045/15 และมีโครงสร้างการวางชั้นเฉียงระดับขนาดเล็กภายในชั้นหินทรายดังกล่าว (ดังรูปที่ 4.1)

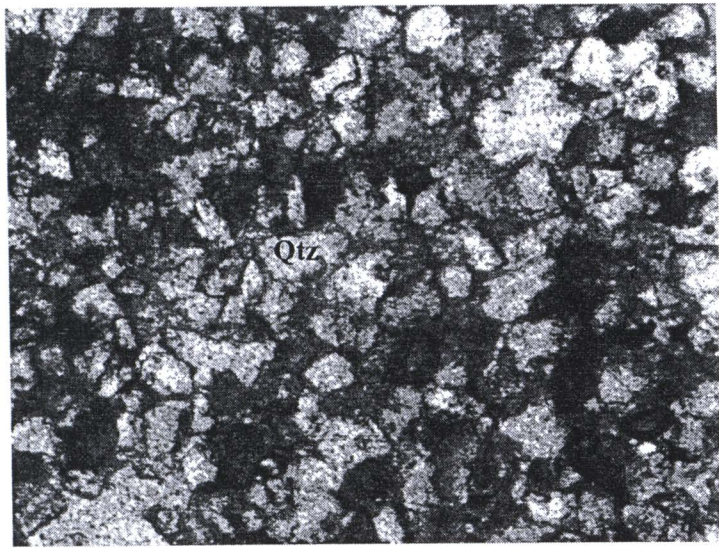
ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างหินหมายเลข Pk1 ซึ่งเป็นตัวอย่างหินจากชั้นหินทรายที่พบแทรกอยู่ในหินดินดาน โดยหินทรายที่เก็บตัวอย่างมีสีม่วงแดง ผิวสกลสีม่วง ประกอบด้วยตะกอนทรายขนาดละเอียดมากถึงละเอียด (Very Fine to fine sand) มีการเชื่อมประสานกันแน่นระหว่างเม็ดตะกอน ทำให้หินค่อนข้างแข็ง ลักษณะสีลาวรรณนาของหินที่ศึกษาจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหมวดหินภูกระดึงประกอบด้วยแร่ควอตซ์ ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ เม็ดแร่มีขนาดขนาดประมาณ 0.05-0.2 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่มีความกลมมนปานกลาง เม็ดตะกอนมีการคัดขนาดดี (Well sorted) มีการสัมผัสกันแน่นระหว่างเม็ดตะกอน (ดังรูปที่ 4.2)

จากการสำรวจเก็บข้อมูลในสนามและทำการวิเคราะห์รอยความไม่ต่อเนื่องในมวลหินแล้วพบว่ารอยแตกในหินชุดภูกระดึงนั้นมี 4 แนวด้วยกัน (ดังรูปที่ 4.4) คือ 160/90 270/85 120/90 215/90 เนื่องจากจุดที่ทำการศึกษานี้มีข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ เพราะหินมีการผุพังมากจนกลายเป็นดินปิดทับหินที่มีความแข็งทำให้ขาดข้อมูลในรายละเอียดของแต่ละแนวแตก และจุดที่ทำการศึกษานี้มีทิศทางการวางตัวของชั้นหินประมาณ 045/15 โดยรอยแตกทั้ง 4 ทิศทางมีระยะเปิด

ของรอยแตกประมาณ 0.1-3 เซนติเมตร และเป็นจุดที่พบวัสดุแทรกในรอยแตกที่ชัดเจน โดยวัสดุแทรกนั้นจะมีลักษณะเป็นสีขาว (ดังรูปที่4.3) ซึ่งเป็นแร่แคลไซต์

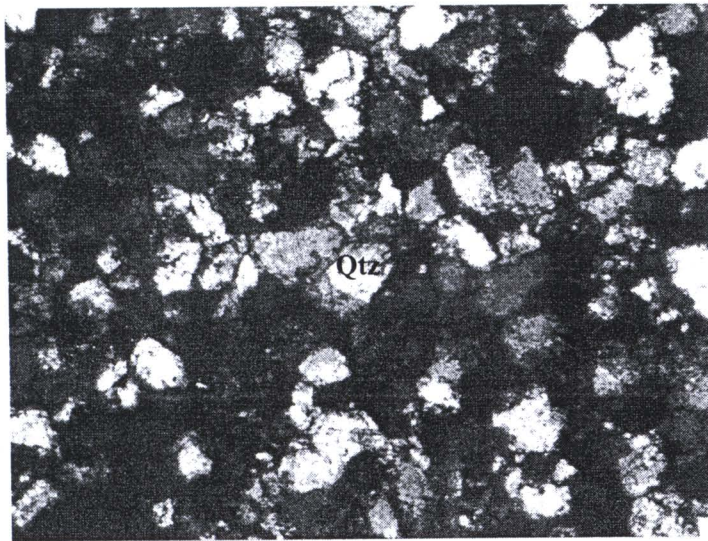


รูปที่ 4.1 แสดงบริเวณที่ทำการศึกษามวดหินภูกระดึง ที่ประกอบด้วยหิน โกลน หินดินดาน สีนํ้าตาลแกมม่วง และมีการแทรกสลับชั้นด้วยหินทรายสีม่วง



(ก)

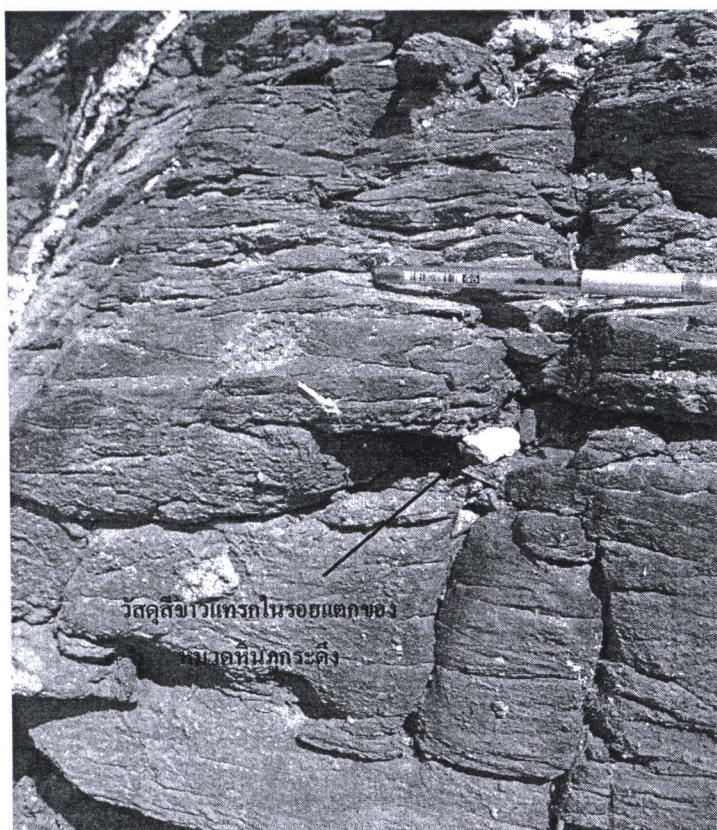
↔
0.2 มิลลิเมตร



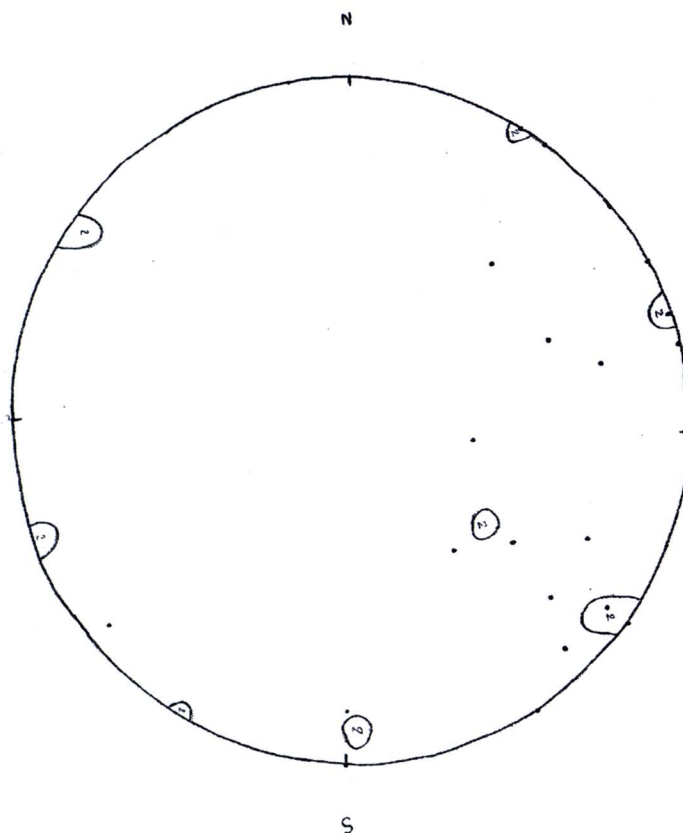
(ข)

Pk1

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะเนื้อหินของหินทรายหมวดหินภูกระดึงตัวอย่างที่ 1 ที่ถ่ายภาพได้
กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 x 4 (ก) ภาพถ่ายที่ไม่ได้มีการ Cross Analyzer
(ข) ภาพถ่ายที่ได้มีการ Cross Analyzer, Qtz คือแร่ ควอตซ์



รูปที่ 4.3 แสดงวัสดุแทรกที่เป็นแร่แคลไซต์ในรอยแตกของหมวดหินภูกระดึง



รูปที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ทิศทางการวางตัวของความไม่ต่อเนื่องในมวลหิน
ของหมวดหินภู กระดิ่ง

หมวดหินพระวิหาร

หมวดหินพระวิหาร จุดที่ทำการศึกษาอยู่ที่พิกัด 245728/1859048 ราว 5542 IV

อยู่บริเวณถนนหมายเลข 2146 เส้นทางจากเขื่อนอุบลรัตน์จังหวัดขอนแก่น ไปอำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู ห่างจากตัวอำเภออุบลรัตน์ไปทางทิศเหนือประมาณ 7 กิโลเมตร บริเวณที่ทำการศึกษประกอบด้วยหินทรายสีขาว ที่มีการแทรกสลับระหว่างชั้นหนาและบาง โดยมีขนาดตั้งแต่ประมาณ 5 เซนติเมตรจนถึงชั้นหนามากกว่า 1 เมตร (ดังรูปที่ 4.5) ชั้นหินมีทิศทางการวางตัวประมาณ 015/30 และบางบริเวณพบว่าการแทรกสลับชั้นด้วยชั้นกรวดที่มีความกลมมนสีขาวและชั้นหินดินดาน โดยชั้นกรวดหนาประมาณ 10 เซนติเมตร และชั้นหินดินดานหนาประมาณ 40 เซนติเมตร และในบริเวณนี้ยังพบรอยเลื่อนแนวระดับที่มีขนาดเล็กในแนว ตะวันออก – ตะวันตก ซึ่งมีลักษณะการเลื่อนซ้าย

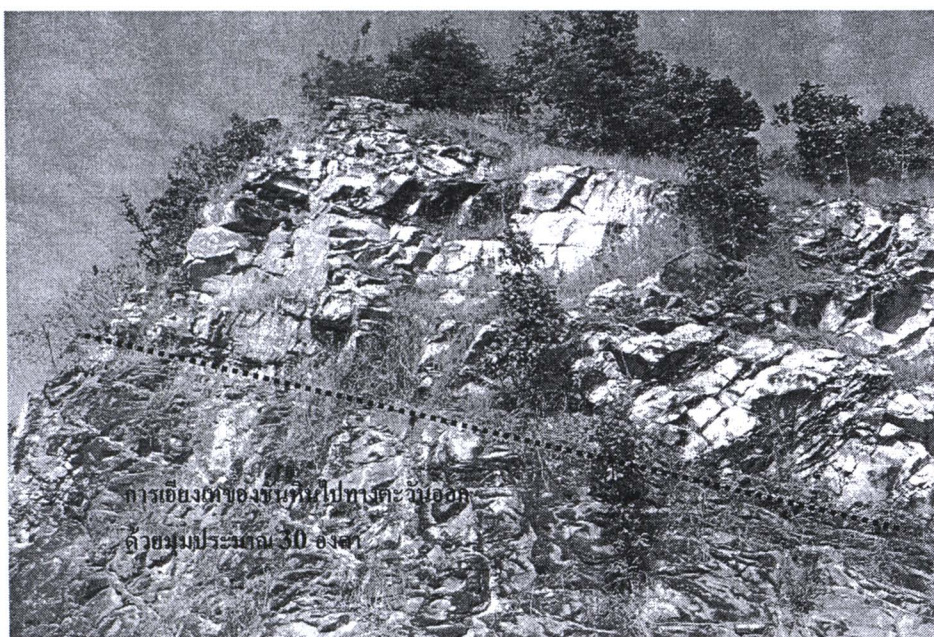
ในการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างหินหมายเลข Pw1 และตัวอย่างหินหมายเลข Pw2 โดยตัวอย่างหินหมายเลข Pw1 มีผิวหยาบสีเหลือง ผิวสกลสีขาวอมเหลือง ประกอบด้วยเม็ดตะกอนทราย ขนาดปานกลางถึงหยาบ (medium to coars sand) เม็ดตะกอนส่วนใหญ่เป็นตะกอนของแร่ควอตซ์ มีการเชื่อมประสานกันแน่นระหว่างเม็ดตะกอน ทำให้หินมีความแข็งแรงมาก ลักษณะสีลาวรรณของหินที่ศึกษาจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหมวดหินพระวิหารตัวอย่างที่หนึ่ง ประกอบไปด้วยแร่ควอตซ์ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2-0.8 มิลลิเมตร แต่โดยส่วนใหญ่จะมีขนาดใหญ่กว่า 0.2 มิลลิเมตร ขึ้นไป มีลักษณะของเม็ดตะกอนที่มีความกลมมนปานกลาง มีการเชื่อมประสานกันแน่นระหว่างเม็ดตะกอนดี (ดังรูปที่ 4.6) ลักษณะการเชื่อมกันของเม็ดตะกอนเป็นแบบเม็ดเชื่อมกับเม็ด และโดยส่วนใหญ่มีการคัดขนาดของเม็ดตะกอนดี (well sorted) ส่วนตัวอย่างหินหมายเลข Pw2 มีผิวหยาบสีน้ำตาล ผิวสกลสีส้มเหลือง ประกอบด้วยเม็ดตะกอนทรายขนาดละเอียดมากถึงละเอียด (very fine to fine sand) เม็ดตะกอนส่วนใหญ่เป็นตะกอนของแร่ควอตซ์ มีการเชื่อมประสานกันหลวมระหว่างเม็ดตะกอน ทำให้หินมีความแข็งแรงน้อยสามารถที่จะบีบแตกได้ง่าย ลักษณะสีลาวรรณของหินที่ศึกษาจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหมวดหินพระวิหารตัวอย่างที่สองประกอบไปด้วยแร่ควอตซ์ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.05-0.2 มิลลิเมตร มีลักษณะของเม็ดตะกอนที่มีความกลมมนปานกลาง มีการเชื่อมประสานกันไม่ดีระหว่างเม็ดตะกอนดี (ดังรูปที่ 4.7) ลักษณะการเชื่อมกันของเม็ดตะกอนมักจะมีช่องว่างระหว่างเม็ดซึ่งน่าจะเป็นแร่เฟลด์สปาร์ที่หุ และโดยส่วนใหญ่มีการคัดขนาดของเม็ดตะกอนดี (well sorted)

จากการสำรวจเก็บข้อมูลพบว่าหมวดหินพระวิหาร ณ จุดที่ทำการศึกษานี้แสดงลักษณะหินโผล่ปรากฏชัดเจนมาก และแสดงการวางตัวของทิศทางชั้นหินและรอยแตกที่ชัดเจน ทำให้ง่ายในการทำการศึกษา โดยชั้นหินมีการวางตัวในแนวเกือบเหนือ - ใต้และมีการเอียงเทของชั้นหินไม่มาก โดยค่าการวางตัวที่วัดได้มีค่าประมาณ 015/30 ชั้นหินมีความหนาประมาณ 0.1-1 เมตร ซึ่งมีการแทรกสลับชั้นกันระหว่างชั้นหนาและชั้นบาง และจากการวิเคราะห์ทิศทางการวางตัวของความไม่ต่อเนื่องในมวลหินพบว่าทิศทางการวางตัวของแนวแตกหลักๆอยู่ 2 แนว (ดังรูปที่ 4.9) คือ 175/52 และ 255/85 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

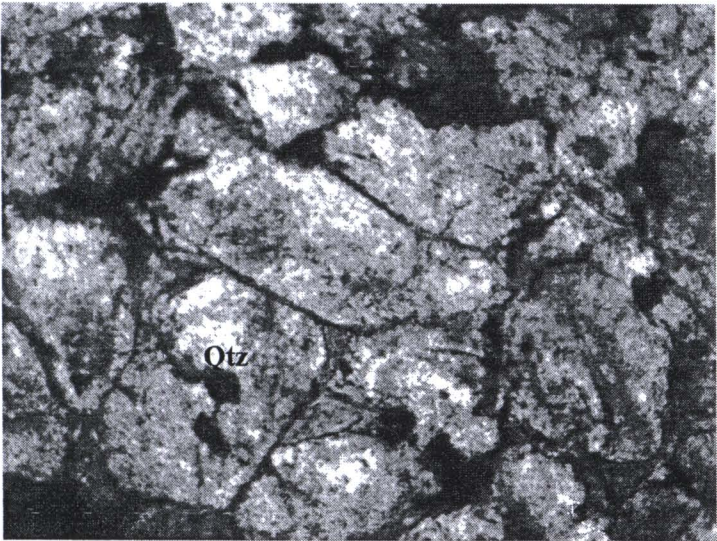
แนวที่ 1 คือ 175/52 มีระยะเปิดของรอยแตกที่พบนั้นน้อยมากโดยประมาณ 0.5 เซนติเมตรเท่านั้น (ดังรูปที่ 4.8) และไม่พบวัสดุแทรกภายในรอยแตก ระยะห่างระหว่างรอยแตกนั้นจากการจำแนกของ (ISRM,1981) ระยะห่างรอยแตกนั้นอยู่ในช่วงชิดปานกลางถึงชิดมาก โดยมีค่าตั้งแต่ประมาณ 2 เซนติเมตรจนถึง 1 เมตร (ดังแสดงในรูปที่ 4.10) แนวแตกแนวนี้มีความต่อเนื่องกันเป็นแนวยาว

และบางจุดในบริเวณที่ทำการศึกษานี้จะพบแนวแตกในแนวนนี้ แต่จะมีการเอียงเทที่มากโดยเกือบจะอยู่ในแนวตั้งค้ำย

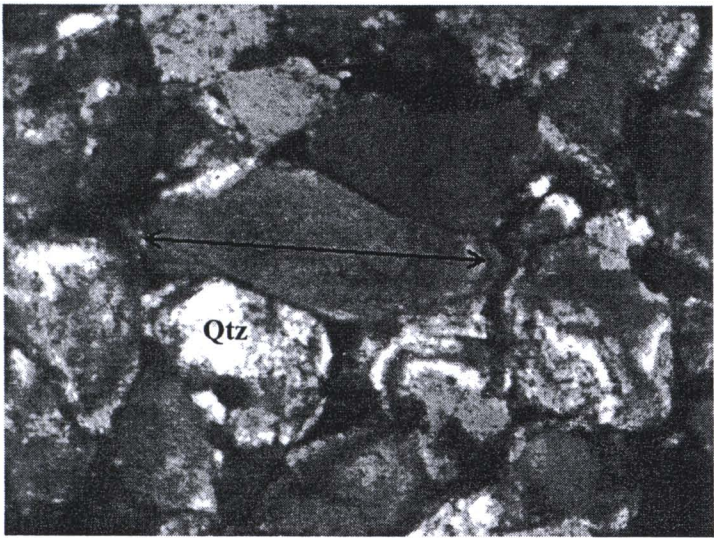
แนวที่ 2 คือ 255/85 จะมีระยะเปิดของรอยแตกประมาณ 1 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างรอยแตกนั้น จากการจำแนกของ (ISRM, 1981) (ดังรูปที่ 4.10) ระยะห่างระหว่างรอยแตกอยู่ในช่วงปานกลาง-ชิด โดยมีค่าตั้งแต่ 10 เซนติเมตร ถึง 1 เมตร (ดังรูปที่ 4.8) เป็นส่วนใหญ่ และไม่พบวัสดุแทรกภายในรอยแตกแนวนนี้ แนวแตกแนวนนี้มีความต่อเนื่องกันเป็นแนวยาว



รูปที่ 4.5 แสดงบริเวณที่ทำการศึกษามวดหินพระวิหาร อยู่บริเวณถนนหมายเลข 2146 เส้นทางจากเขื่อนอุบลรัตน์จังหวัดขอนแก่น ไปอำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภูห่างจากตัวอำเภออุบลรัตน์ไปทางทิศเหนือประมาณ 7 กิโลเมตร ที่ประกอบไปด้วยหินทรายสีขาวที่มีชั้นบางตั้งแต่ 5 เซนติเมตร จนถึงชั้นหนามากกว่า 1 เมตร



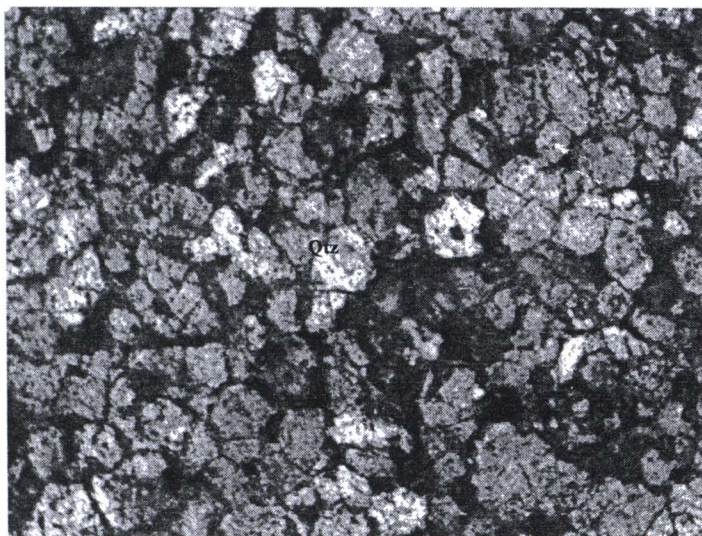
(ก) 0.6 มิลลิเมตร



(ข)

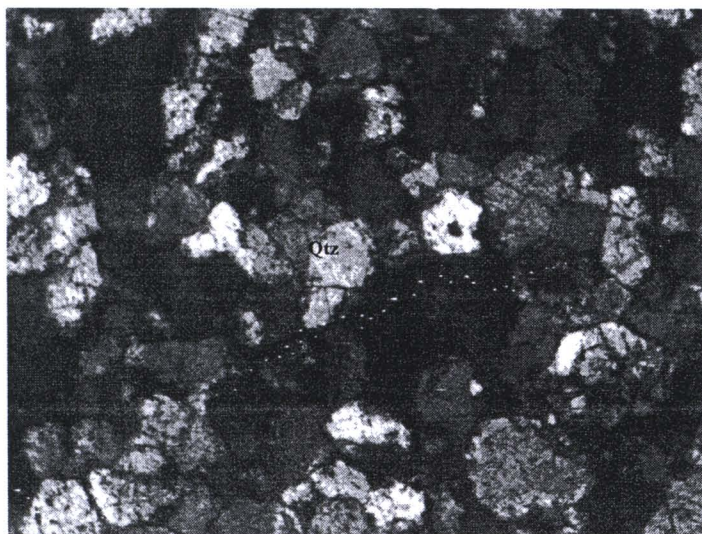
Pw1

รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะเนื้อหินของหินทรายหมวดหินพระวิหาร ตัวอย่างที่ 1 ที่ถ่ายภาพได้
กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 x 4 (ก) ภาพถ่ายที่ไม่ได้มีการ Cross Analyzer
(ข) ภาพถ่ายที่ได้ มีการ Cross Analyzer, Qtz คือ แร่ควอตซ์



(ก)

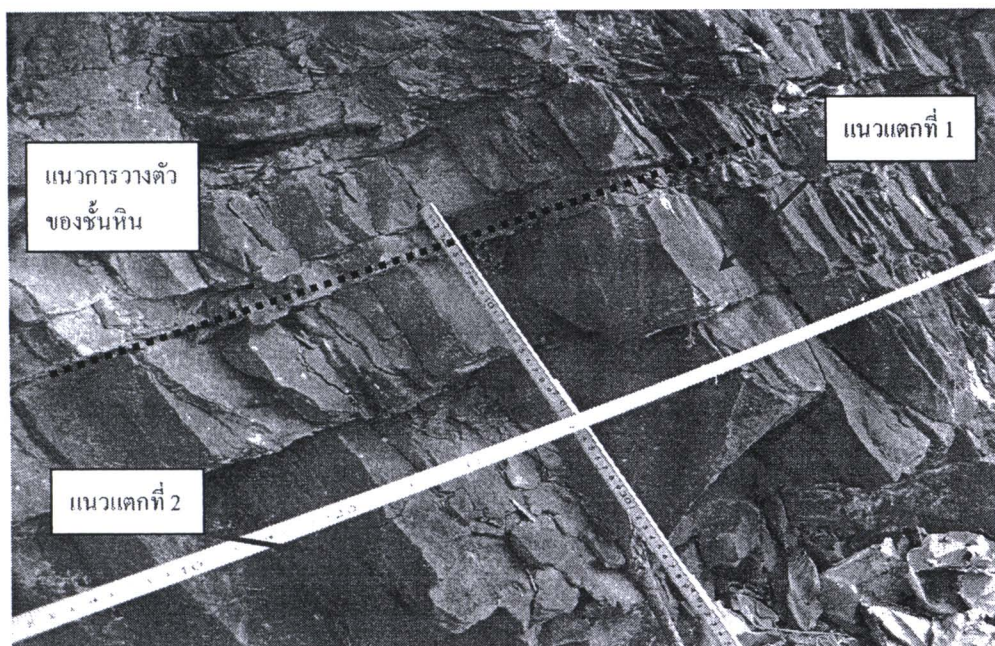
↔
0.1 มิลลิเมตร



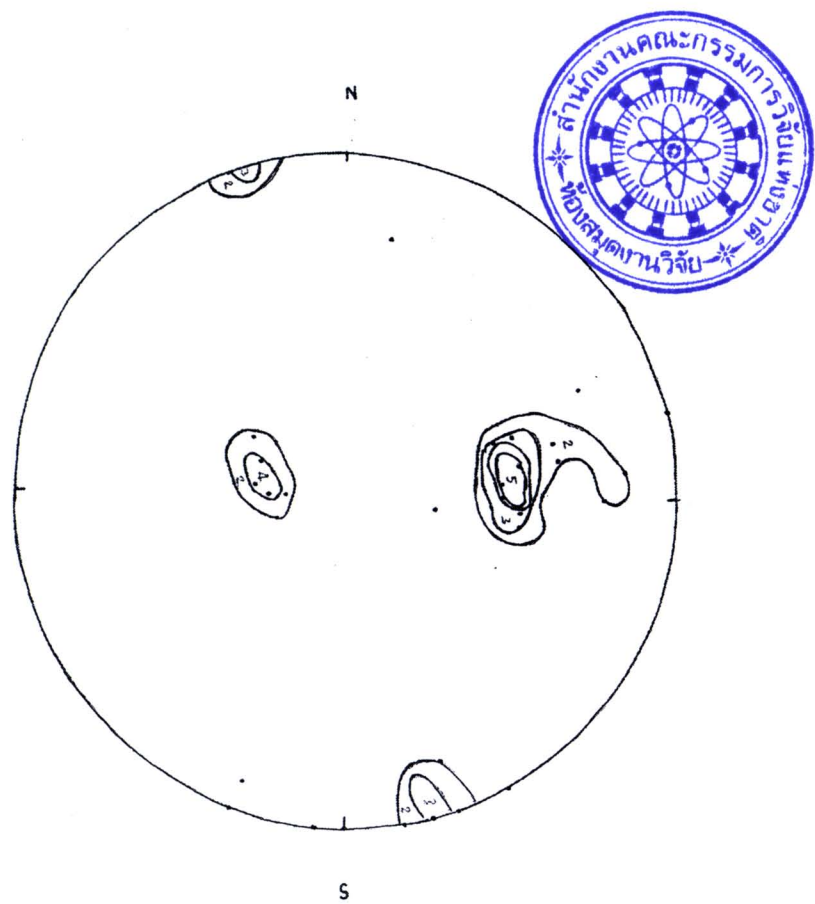
(ข)

Pw2

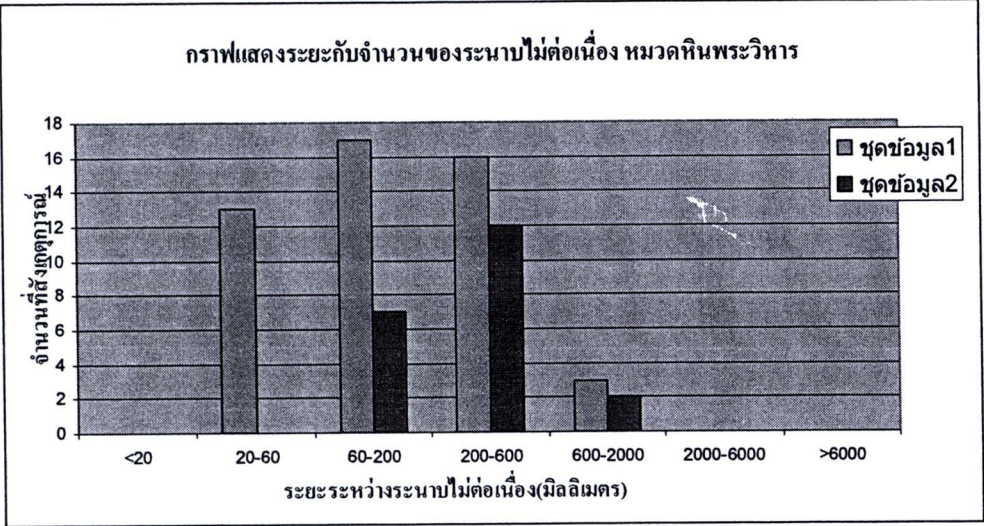
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะเนื้อหินของหินทรายหมวดหินพระวิหาร ตัวอย่างที่ 2 ที่ถ่ายภาพได้
กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 x 4 (ก) ภาพถ่ายที่ไม่ได้มีการ Cross Analyzer
(ข) ภาพถ่ายที่ได้มีการ Cross Analyzer, Qtz คือแร่ควอตซ์



รูปที่ 4.8 แสดงการตัดกันของรอยแตกและชั้นหินทำให้หินมีการแตกเป็นก้อนเหลี่ยม
และระยะเปิด ของรอยแตกที่แคบมาก ในหินชุดพระวิหาร



รูปที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ทิศทางการวางตัวของความไม่ต่อเนื่องในมวลหินของ
หมวดหินพระวิหาร



ชุดข้อมูลที่ 1 ทิศทางการวางตัว 175/52
ชุดข้อมูลที่ 2 ทิศทางการวางตัว 255/85

รูปที่ 4.10 การแสดงผลระยะระยะนาบไม่ต่อเนื่องในรูปกราฟแท่ง ของหมวดหินพระวิหารจำแนกตามแบบของ Brown , 1981

หมวดหินภูพาน

หมวดหินภูพาน จุดที่ทำการศึกษายู่ที่พิกัด 265414/1842754 ระวาง 5542 II อยู่ในวัดป่าคำห้วยช้างติดกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ห่างจากจังหวัดขอนแก่นไปทางทิศเหนือประมาณ 23 กิโลเมตร บริเวณที่ทำการศึกษานั้นมีการไหลปรากฏของหินชัดเจนและเป็นบริเวณกว้าง ประกอบไปด้วยหินทรายสีขาวเนื้อปนกรวดโดยที่กรวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 4 เซนติเมตร เป็นกรวดของแร่ควอตซ์และหินเชิร์ต หมวดหินภูพาน ณ จุดที่ทำการศึกษามีทิศทางการวางตัวในแนวเกือบเหนือ-ใต้ และมีมุมเอียงเตढ़่าประมาณ 5-10 องศาจากแนวระดับ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างหินหมายเลข Pp1 และตัวอย่างหินหมายเลข Pp2 ซึ่งเป็นตัวอย่างหินทรายเนื้อปนกรวด แต่จะเลือกเก็บที่มีกรวดขนาดเล็กเพื่อ่ง่ายในการทำเป็นแผ่นหินบาง จากตัวอย่างหินหมายเลข Pp1 หินมีผิวสีม่วงแดง ผิวสดสีขาว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตะกอนของแร่ควอตซ์และกรวดของแร่ควอตซ์และหินเชิร์ต เม็ดตะกอนมีการเกาะตัวกันอย่างหลวมๆทำให้หินมีความแข็งน้อยสามารถบิแตกได้ง่าย จากการศึกษาลักษณะสีลาวรรณของหินจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหมวดหินภูพานตัวอย่างที่หนึ่งประกอบด้วยแร่ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.2-0.8 มิลลิเมตร แต่โดย

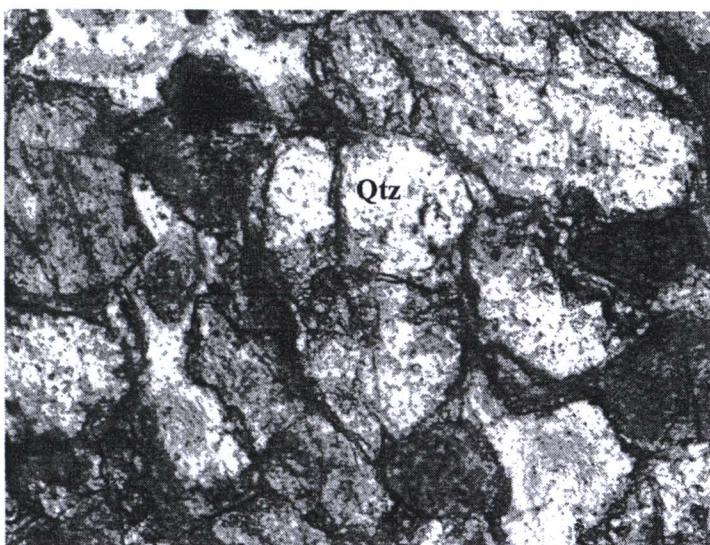
ส่วนใหญ่จะมีขนาดประมาณ 0.2 – 0.5 มิลลิเมตร ลักษณะของเม็ดตะกอนส่วนใหญ่มีความกลมมนปานกลาง มีการเชื่อมประสานกันของเม็ดตะกอนอย่างหลวมๆ (ดังรูปที่ 4.11) ลักษณะการเชื่อมกันระหว่างเม็ดตะกอนจะไม่ชิดติดกันจะมีระยะห่างเล็กน้อย หินมีการคัดขนาดของเม็ดตะกอนคือส่วนตัวอย่างหินหมายเลข Pp2 หินมีผิวหยาบสีน้ำตาลแดง ผิวสดสีส้มเหลือง ประกอบด้วยเม็ดตะกอนทรายของแร่ควอตซ์เป็นส่วนใหญ่ ตะกอนมีขนาดละเอียดถึงปานกลาง (fine to medium sand) มีการเกาะกันของเม็ดตะกอนอย่างหลวมๆ หินจึงมีความแข็งแรงน้อยสามารถบิแตกได้ง่าย จากการศึกษาลักษณะสีถาวรของหินจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าห่มวดหินภูพานตัวอย่างที่สองประกอบด้วยแร่ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.1-0.4 มิลลิเมตร และแร่เฟลด์สปาร์ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะของเม็ดตะกอนส่วนใหญ่มีความกลมมนปานกลาง มีการเชื่อมประสานกันของเม็ดตะกอนอย่างหลวมๆ (ดังรูปที่ 4.12) ลักษณะการเชื่อมกันระหว่างเม็ดตะกอนบางส่วนจะชิดติดกันแต่ส่วนใหญ่จะมีระยะห่างเล็กน้อย ทำให้เม็ดตะกอนหลุดออกจากกันได้ง่ายและหินมีการคัดขนาดของเม็ดตะกอนดี

จากการสำรวจเก็บข้อมูลพบว่าหินชุดภูพานนี้ไม่แสดงชั้นหินที่ชัดเจนยากในการทำการตรวจวัดค่าการวางตัวของชั้นหิน แต่รอยแตกนั้นชัดเจนมาก ซึ่งจากการวิเคราะห์รอยแตกของหินชุดภูพาน ณ จุดที่ทำการศึกษานั้นพบว่ามีแนวแตก 2 แนว (ดังรูปที่ 4.15) คือ 335/85 255/85

แนวที่ 1 คือ 335/85 มีระยะเปิดของรอยแตกประมาณ 30-70 เซนติเมตร (ดังรูปที่ 4.13) และมีระยะห่างระหว่างรอยแตกจากการจำแนกของ (ISRM,1981) (ดังรูปที่ 4.16) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงห่างมากและมีค่าระยะห่างระหว่างรอยแตกประมาณ 3-5 เมตร เนื่องจากรอยแตกมีขนาดกว้างทำให้ดินเข้าไปแทรกภายในรอยแตกจึงไม่สามารถรู้ได้ว่าวัสดุแทรกที่แท้จริงนั้นคืออะไร แนวแตกแนวนี้เป็นแนวแตกที่เห็นได้ชัดมากและพบว่ามีแนวยาวต่อเนื่องตลอดพื้นที่และมีความลึกลงไปในหินเท่าที่สังเกตได้ประมาณ 2 เมตร

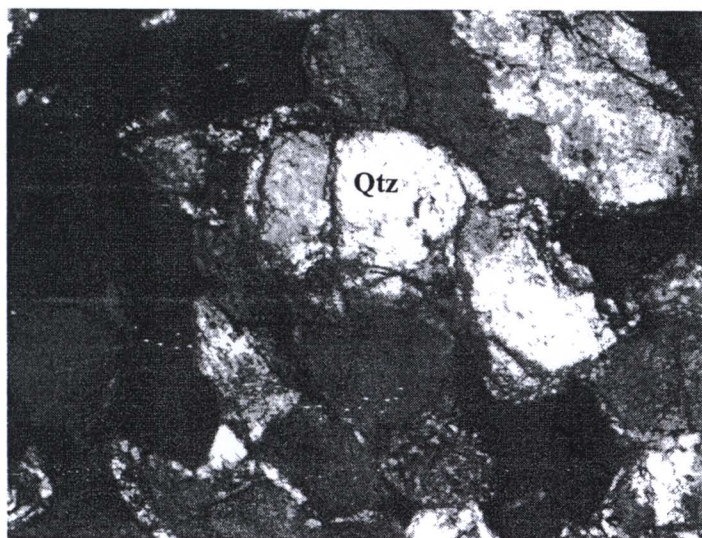
แนวที่ 2 คือ 255/85 ระยะเปิดของรอยแตกมีค่าประมาณ 20-40 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างรอยแตกจากการจำแนกของ (ISRM,1981) (ดังรูปที่ 4.16) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงห่างมาก-ห่างมากพิเศษ โดยมีค่าระยะห่างระหว่างรอยแตกประมาณ 5-8 เมตรเป็นส่วนใหญ่ (ดังรูปที่ 4.14) เนื่องจากระยะเปิดของรอยแตกค่อนข้างกว้างจึงทำให้มีดินเข้าไปแทรกในรอยแตก ทำให้ไม่สามารถรู้ได้ว่าวัสดุแทรกที่แท้จริงนั้นเป็นอะไร แนวแตกแนวที่สองนี้จะไม่มีความต่อเนื่องกันไปตลอดเนื่องจากว่าจะมี

การตัดกันกับแนวแตกแนวที่หนึ่ง ซึ่งแนวแตกแนวที่สองนี้น่าจะเกิดขึ้นทีหลังของแนวแตกแนวที่หนึ่ง



(ก)

↔
0.3 มิลลิเมตร



(ข)

Pp1

รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะเนื้อหินของหินทรายหมวดหินภูพานตัวอย่างที่ 1 ที่ถ่ายภาพได้กล้อง

จุลทรรศน์กำลังขยาย 10 x 4 (ก) ภาพถ่ายที่ไม่ได้มีการ Cross Analyzer (ข) ภาพถ่าย
ที่ได้มีการ Cross Analyzer, Qtz คือแร่ควอตซ์



(ก)

↔
0.2 มิลลิเมตร



(ข)

PP2

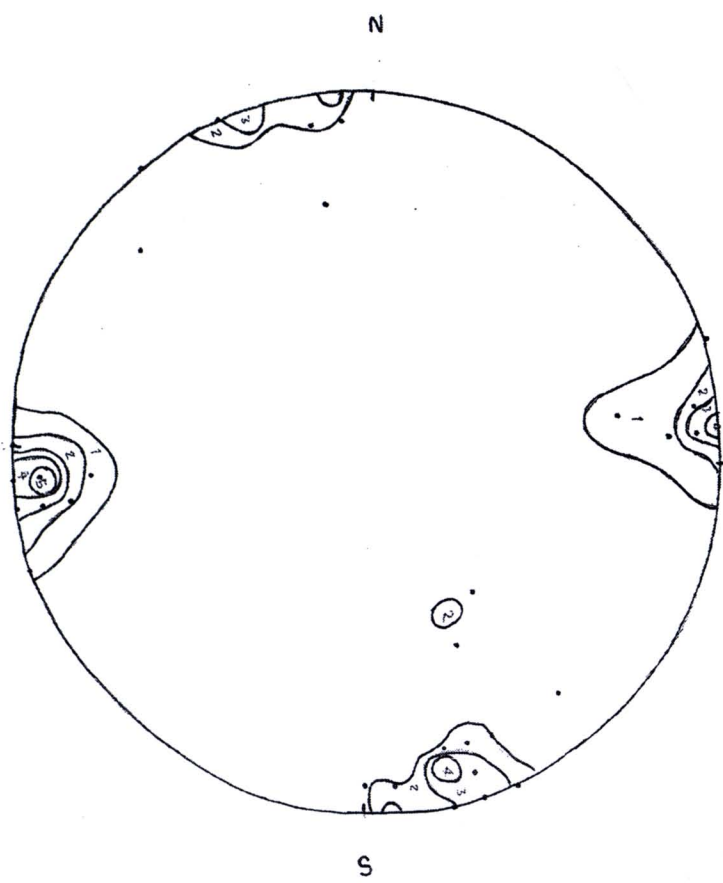
คงลักษณะเนื้อหินของหินทรายหมวดหินภูพานตัวอย่างที่ 2 ที่ถ่ายภาพได้กล้อง
เทอร์สก์กำลังขยาย 10 x 4 (ก) ภาพถ่ายที่ไม่ได้มีการ Cross Analyzer (ข) ภาพถ่ายที่
ไม่มีการ Cross Analyzer, Qtz คือแร่ควอตซ์



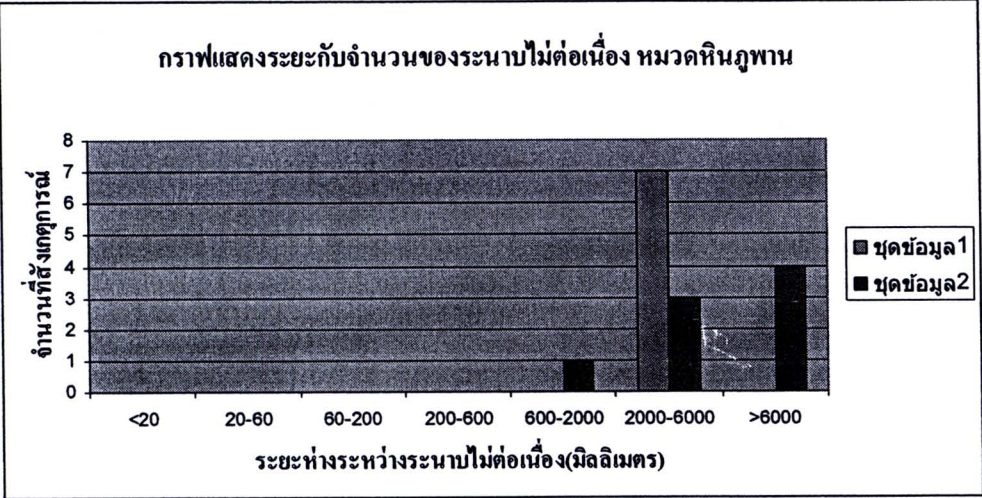
รูปที่ 4.13 แสดงรอยแตกขนาดใหญ่ในแนวเกือบเหนือ-ใต้ ของหมวดหินภูพาน ภายในบริเวณ
วัดป่าคำ ห้วยช้าง



รูปที่ 4.14 แสดงรอยแตกสองแนวตัดกันในหมวดหินภูพาน



รูปที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ทิศทางการวางตัวของความไม่ต่อเนื่องในมวลหิน
ของหมวดหินภูพาน



ชุดข้อมูลที่ 1 ทิศทางการวางตัว 355/85
ชุดข้อมูลที่ 2 ทิศทางการวางตัว 255/85

รูปที่ 4.16 การแสดงผลระยะระนาบไม่ต่อเนื่องในรูปกราฟแท่ง ของหมวดหินภูพานจำแนกตาม แบบของ Brown , 1981

หมวดหินโคกกรวด

หมวดหิน โคกกรวด จุดที่ทำการศึกษายู่ที่พิกัด 269550/1828722 ระหว่าง 5542 II บริเวณที่ทำการศึกษานั้นอยู่บริเวณข้างทางรถไฟ ใกล้กับบ้านโคกนางาม ตำบลสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยห่างจากตัวเมืองขอนแก่นไปทางทิศเหนือประมาณ 8 กิโลเมตร จุดที่ทำการศึกษานั้นมีการโผล่ปรากฏในช่วงบนของหินชุดโคกกรวดประกอบไปด้วยหินทราย หินดินดานสีน้ำตาลแกมแดง แสดงชั้นหนาประมาณ 1 เมตร ในแต่ละชั้นจะมีโครงสร้างการวางชั้นเฉียงระดับ (Cross bedding) อยู่ด้วย (ดังรูป 4.17) ส่วนบนของหมวดหินที่ถูกปิดทับด้วยตะกอนดินเหนียวจะแสดงโครงสร้างความไม่ต่อเนื่องเชิงมุม (Angular unconformity) (ดังรูปที่ 4.18) ทิศทางการวางตัวของชั้นหินมีค่าประมาณ 150/20

จากการสำรวจเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ค่าการวางตัวของรอยแตกพบว่าหินชุดโคกกรวดมีแนวแตกอยู่ 1 แนว (ดังรูปที่ 4.20) ค่าทิศทางการวางตัวคือ 050/90 ระยะเปิดของรอยแตกนั้นค่อนข้างที่จะชิดกันมากโดยมีค่าประมาณ 0.2 – 1 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างรอยแตกจากการจำแนกของ (ISRM,1981) (ดังรูปที่ 4.21) มีค่าอยู่ในช่วงปานกลาง - ห่างโดยมีค่าระยะห่างระหว่างรอยแตกประมาณ 30 – 90 เซนติเมตร และไม่พบวัสดุแทรกในรอยแตกหรือระหว่างชั้นหิน ในช่วง

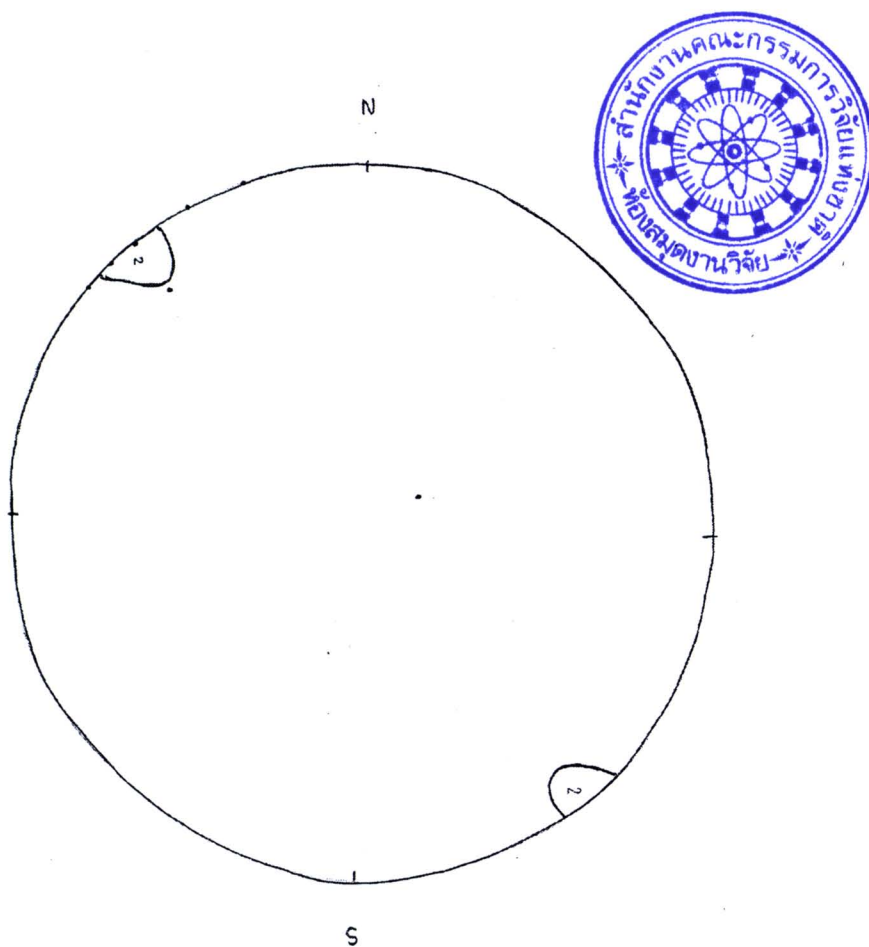
บนนี้มีโครงสร้าง Cross Bedding และโครงสร้างการไม่ต่อเนื่องเชิงมุม (Angular Unconformity)
(ดังรูปที่ 4.22)



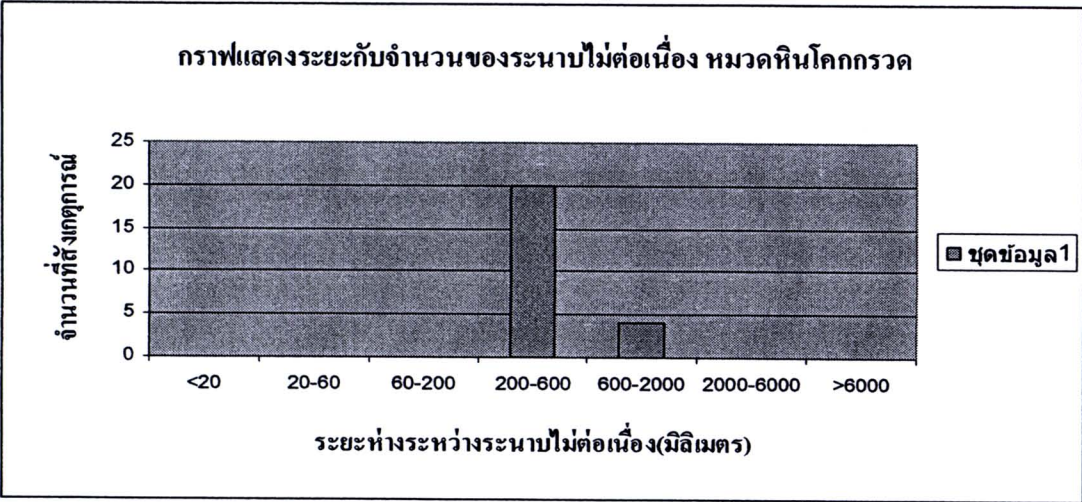
รูปที่ 4.17 แสดงการโผล่ปรากฏของหมวดหิน โศกกรวดและการแสดงโครงสร้างการวางชั้น
เฉียงระดับ บริเวณข้างทางรถไฟ ใกล้กับบ้าน โศกนางาม ตำบลสำราญ
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยห่างจากตัวเมืองขอนแก่นไปทางทิศเหนือ
ประมาณ 8 กิโลเมตร



รูปที่ 4.18 แสดงโครงสร้างความไม่ต่อเนื่องเชิงมุม (Angular unconformity) ในส่วนบน
ของหมวดหิน โลกกรวด



รูปที่ 4.19 แสดงผลการวิเคราะห์ทิศทางการวางตัวของความไม่ต่อเนื่องในมวลหิน
ของหมวดหิน โศกกรวด



ชุดข้อมูลที่ 1 ทิศทางการวางตัว 050/90

รูปที่ 4.20 การแสดงผลระยะระนาบไม่ต่อเนื่องในรูปกราฟแท่ง ของหมวดหินโคกกรวด
จำแนกตามแบบของ Brown , 1981

หมวดหินภูทอก

หมวดหินภูทอก จุดที่ทำการศึกษายู่ที่พิกัด 266773/1793800 ระหว่าง 5541 II อยู่ในวัดป่าหินแก้ววิปัสสนา บ้านหนองหัว ตำบลบ้านแฮด กิ่งอำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น จุดที่ทำการศึกษามีการ โผล่ปรากฏชัดเจนมากและเป็นบริเวณกว้าง ประกอบไปด้วยหินทราย และ หินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง (ดังรูปที่ 4.21) ชั้นหินมีมุมการเอียงเตี้ยต่ำเกือบจะอยู่ในแนวราบ หมวด หินภูทอก ณ จุดที่ทำการศึกษานี้จะมีลักษณะรอยแตกที่ไม่เป็นระบบ โดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะรอย แตกโค้งเป็นวงกลม ทำให้หินมีการแตกแบบกาบ (Sphearical weathering) (ดังรูปที่ 4.22)

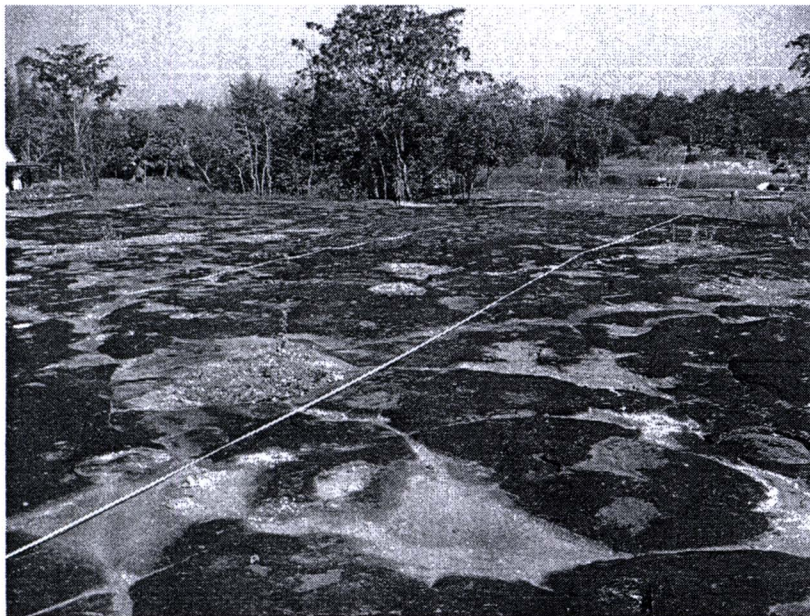
ในการศึกษครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างหินหมายเลข Pt1 ซึ่งเป็นตัวอย่างจากหินทรายสีแดงใน พื้นที่ศึกษา เป็นหินที่ประกอบด้วยตะกอนทรายขนาดละเอียดมากถึงขนาดละเอียด (very fine to fine sand) การเชื่อมตัวกันของเม็ดตะกอนค่อนข้างแน่น ทำให้หินมีความแข็งเล็กน้อย จากการศึกษา ลักษณะสีลาวรรณของหินจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหมวดหินภูทอก ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ และแร่เฟลด์สปาร์ประมาณ 20-35 เปอร์เซ็นต์ และแร่ควอตซ์จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดตะกอนประมาณ 0.05-0.2 มิลลิเมตร แต่โดยรวมแล้ว หมวดหินภูทอกจะมีขนาดเม็ดตะกอนประมาณ 0.02-0.4 มิลลิเมตร เม็ดตะกอนส่วนใหญ่มีลักษณะ เหลี่ยมมีการเชื่อมประสานกันของเม็ดตะกอนอย่างหลวมๆ (ดังรูปที่ 4.23) และหินมีการคัดขนาด ของเม็ดตะกอนที่ไม่ดี

จากการสำรวจเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ค่าการวางตัวของรอยแตกพบว่ามิติศทางการวางตัวของรอยแตก 3 ทิศทาง (ดังรูปที่ 4.25) คือ 150/85 200/85 065/85

แนวที่ 1 คือ 150/85 เป็นแนวแตกหลักในพื้นที่ซึ่งสามารถที่จะเห็นได้ชัดเจนมาก โดยมีระยะเปิดของรอยแตกกว้างประมาณ 1 -3 เมตร (รูปที่ 4.24) แต่โดยส่วนใหญ่ระยะเปิดของรอยแตกจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.1 – 1 เซนติเมตร ซึ่งถือว่าชิดกันมาก ระยะห่างระหว่างรอยแตกจากการจำแนกของ (ISRM,1981) (ดังรูปที่ 4.26) ซึ่งอยู่ในช่วงห่างจนถึงห่างมากพิเศษ โดยส่วนใหญ่ระยะห่างระหว่างรอยแตกจะมีค่าประมาณ 0.6 – 1.1 เมตร และแนวแตกที่มีขนาดระยะเปิดของรอยแตก 1-3 เมตรนี้จะมีระยะห่างระหว่างแต่ละแนวแตกประมาณ 16-20 เมตร ซึ่งจะพบอยู่ประมาณ 5-6 แนวในพื้นที่ที่ทำการศึกษา และพบเป็นแนวยาวต่อเนื่องกันในพื้นที่

แนวที่ 2 คือ 200/85 มีระยะเปิดของรอยแตกประมาณ 0.1-1 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างรอยแตกจากการจำแนกของ (ISRM, 1981) (ดังรูปที่ 4.26) ซึ่งอยู่ในช่วงปานกลาง-ห่าง โดยมีค่าระยะห่างระหว่างรอยแตกประมาณ 0.4 – 1.2 เมตร ไม่พบวัสดุแทรกภายในรอยแตก และรอยแตกไม่มีความต่อเนื่องเป็นแนวเดียวตลอดเพราะจะตัดกันกับแนวแตกอื่นไปมาในพื้นที่โดยจะมีความยาวที่สังเกตได้ประมาณ 1-2 เมตร

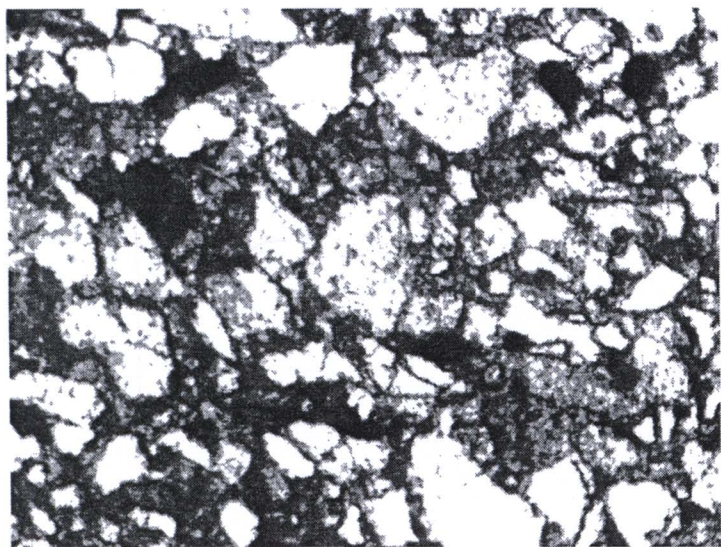
แนวที่ 3 คือ 065/85 มีระยะเปิดของรอยแตกประมาณ 0.1-1 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างรอยแตกจากการจำแนกของ (ISRM,1981) (ดังรูปที่ 4.27) ซึ่งอยู่ในช่วงห่าง โดยมีค่าประมาณ 0.65-1.3 เมตร (ดังรูปที่ 4.23) แนวแตกแนวนี้ไม่มีความต่อเนื่องกันตลอดในพื้นที่เนื่องจากจะตัดกันกับรอยแตกอื่นไปมา โดยความยาวของรอยแตกที่พบมีค่าประมาณ 1-3 เมตร เนื่องจากรอยแตกมีขนาดที่แคบมากทำให้ไม่พบวัสดุแทรกภายในรอยแตก



รูปที่ 4.21 แสดงการ โผล่ปรากฏของหมวดหินภูทอกในวัดป่าหินแก้ววิปัสสนา บ้านหนองหว้า ตำบลบ้านแฮด กิ่งอำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น และชั้นหินมีมุมเอียงเตี้ยๆเกือบจะแนวราบ



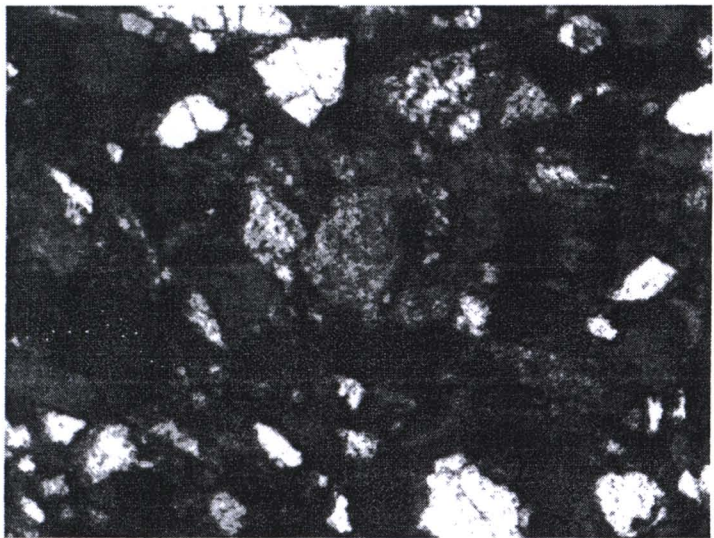
รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะการแตกแบบกบ (Sphearical Wheathering) ของหมวดหินภูทอก ณ จุด ที่ทำการศึกษา



(ก)



0.2 มิลลิเมตร



(ข)

Pt1

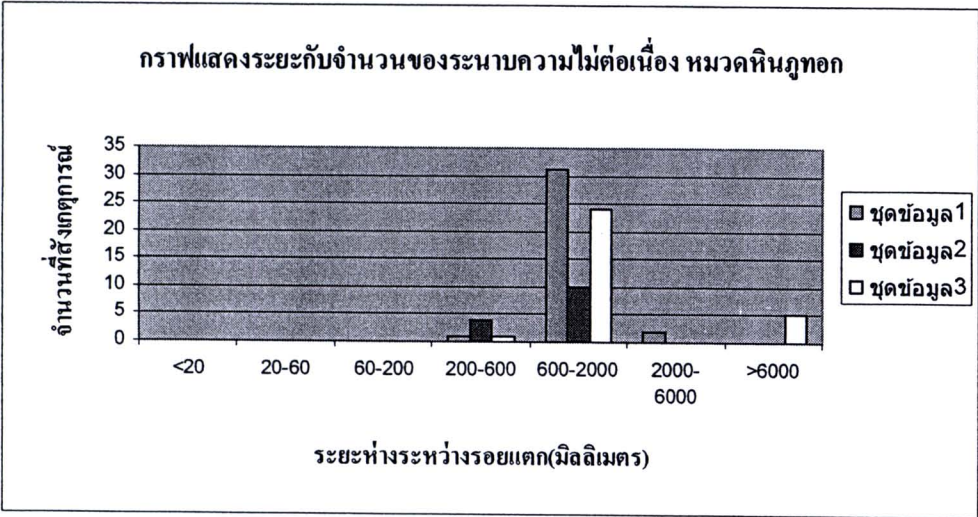
รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะเนื้อหินของหินทรายหมวดหินภูทอกตัวอย่างที่ 1 ที่ถ่ายภาพได้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 x 4 (ก) ภาพถ่ายที่ไม่ได้มีการ Cross Analyzer (ข) ภาพถ่ายที่ได้มีการ Cross Analyzer



รูปที่ 4.24 แสดงแนวแตกขนาดใหญ่ที่เป็นแนวหลักของหมวดหินภูทอกในวัดป่าหินตั้ง มีความกว้างของระยะเปิดประมาณ 1-3 เมตร



รูปที่ 4.25 แสดงผลการวิเคราะห์ทิศทางการวางตัวของความไม่ต่อเนื่องในมวลหิน
ของหมวดหินภูทอก



ชุดข้อมูลที่ 1 ทิศทางการวางตัว 065/85
ชุดข้อมูลที่ 2 ทิศทางการวางตัว 200/85
ชุดข้อมูลที่ 3 ทิศทางการวางตัว 150/85

รูปที่ 4.26 การแสดงผลระยะระนาบไม่ต่อเนื่องในรูปแบบกราฟแท่ง ของหมวดหินภูทอก จำแนกตาม
แบบของ Brown , 1981

จากการศึกษาลักษณะรอยแตกของหินทราย ทั้ง 5 หมวดหิน คือ หมวดหินภูกระดึง หมวดหินพระวิหาร หมวดหินภูพาน หมวดหินโคกกรวด หมวดหินภูทอก สามารถแสดงผลการศึกษาที่ได้ดังแสดงใน (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 แสดงผลที่ได้จากการศึกษา/วิเคราะห์รอยแตกของหินทรายทั้ง 5 หมวดหินในเรื่องของลักษณะรอยแตก

หมวดหิน	รอยแตก		
	ทิศทางการวางตัว	ระยะห่างระหว่างรอยแตก (เมตร)	ระยะเปิดของรอยแตก (เซนติเมตร)
ภูทอก	150/85	0.6-1.1	0.1-1.0
	200/85	0.4-1.2	0.1-1.0
	065/85	0.65-1.3	0.1-1.0
โคกกรวด	050/90	0.3-0.9	0.2-1.0
ภูพาน	355/85	3.0-5.0	30-70
	255/85	5.0-8.0	20-40
พระวิหาร	175/52	0.02-1.0	0.5-1.0
	255/85	0.1-1.0	0.5-1.0
ภูกระดึง	160/90		0.1-3.0
	215/90		0.1-3.0
	270/85		0.1-3.0
	120/90		0.1-3.0

จากการศึกษา/วิเคราะห์รอยแตกในหินทรายของกลุ่มหินโคราชทั้ง 5 หมวดหิน ทั้งในเรื่องของทิศทางการวางตัวของรอยแตก ระยะห่างระหว่างรอยแตก ระยะเปิดของรอยแตก จะเห็นว่าลักษณะที่กล่าวมาทั้งหมดในแต่ละหมวดหินนั้นมีทั้งแตกต่างกันและคล้ายคลึงกัน ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆดังนี้

1.ลักษณะสีาลักษณะของหินที่แตกต่างกัน และคล้ายคลึงกันของแต่ละหมวดหิน โดยหินที่ทำการศึกษาทั้งหมดเป็นหินทราย อาจจะแตกต่างกันในเรื่องของขนาดเม็ดตะกอน และแร่

องค์ประกอบในหิน รวมถึงลักษณะการยึดเกาะกันระหว่างเม็ดตะกอน ซึ่งจะเป็นตัวที่กำหนดว่าหินนั้นมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงใด โดยหินที่มีความแข็งแรงมากเมื่อโดนแรงกระทำจะเกิดการแตกหักมากกว่าหินที่มีความแข็งแรงน้อย การที่หินแตกหักมากก็คือหินจะมีระยะห่างระหว่างรอยแตกที่ชิดกันยกตัวอย่าง เช่น หินพระวิหารที่หิน ณ จุดที่ทำการศึกษามีมีร่องรอยประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ การคำนวณขนาดของเม็ดตะกอนดี เม็ดตะกอนมีการเกาะกันแน่น ทำให้หินพระวิหารเป็นหินที่มีความแข็งแรงมาก เมื่อโดนแรงกระทำจะทำให้เกิดการแตกหักมาก เช่นเดียวกัน และหินภูพาน ณ จุดที่ทำการศึกษานั้นประกอบไปด้วยเม็ดกรวดที่มีขนาดใหญ่และแร่ควอตซ์ มีการคำนวณเม็ดตะกอนไม่ดี และการเกาะกันระหว่างเม็ดตะกอนไม่แน่น เพราะฉะนั้นการเชื่อมประสานกันย่อมไม่ดีเท่าหินที่มีขนาดเม็ดตะกอนเล็กเช่นหินพระวิหาร ทำให้หินภูพานน่าจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าหินพระวิหาร ดังนั้นเมื่อโดนแรงกระทำ ทำให้หินภูพานมีรอยแตกที่ห่างกันมากกว่ารอยแตกที่เกิดขึ้นในหินพระวิหาร และในเรื่องของระยะเปิดของรอยแตกในหินที่มีความกว้างหรือแคบนั้นขึ้นอยู่กับความเป็นเนื้อเดียวกันของหิน เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างหินพระวิหาร และหินภูพาน จะได้ว่าระยะเปิดของรอยแตกของหินพระวิหารค่อนข้างที่จะมีค่าน้อยมาก ส่วนของหินภูพานจะมีค่าที่มากกว่า เนื่องจากว่าหินพระวิหารมีความเป็นเนื้อเดียวกันของหินมากกว่าคือประกอบด้วยเม็ดตะกอนที่เล็กและมีการคำนวณที่ดีกว่าของหินภูพาน ซึ่งทำให้ระยะเปิดของรอยแตกมีค่าน้อยกว่า

2. แรงกระทำจาก Tectonic ที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณในพื้นที่ที่ทำการศึกษาซึ่งทำให้เกิดโครงสร้างต่างๆ ในแต่ละบริเวณ การที่หินที่ทำการศึกษาในแต่ละบริเวณอยู่ในโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่แตกต่างกันเช่นโครงสร้างการโค้งงอต่างๆ อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ทิศทางการวางตัวของรอยแตกนั้นมีความแตกต่างกัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังขาดข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบระหว่างหินเดียวกันที่อยู่ในโครงสร้างที่แตกต่างกัน มีเพียงการเปรียบเทียบในคนละหมวดหินเท่านั้น ซึ่งทำให้มีปัจจัย อย่างอื่นควบคุมด้วย และในเรื่องของแรงกระทำที่มากน้อยต่างกันในแต่ละบริเวณก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ลักษณะรอยแตกของหินแตกต่างกันด้วย

4.2 ผลการศึกษาธรณีเคมี

จากการศึกษาธรณีเคมีของตัวอย่างหินจากหมวดหินภูพาน 2 ตัวอย่าง หมวดหินพระวิหาร 2 ตัวอย่าง และหมวดหินภูทอก 2 ตัวอย่าง โดยวิธี XRF จะได้องค์ประกอบในรูปของออกไซด์ (ดังตารางที่ 4.2) สำหรับวิธีXRD จะได้องค์ประกอบชนิดแร่ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 แสดงองค์ประกอบในรูปของออกไซด์ของตัวอย่างหิน โดยวิธี XRF

Compound (wt%)	Sample Number					
	PP1	PP2	PT1	PT2	PW1	PW2
Al ₂ O ₃	2.04	2.85	6.87	6.43	1.32	1.56
SiO ₂	95.73	93.38	67.63	70.86	96.94	95.72
K ₂ O	0.35	0.54	4.86	4.58	0.16	0.15
CaO	0.30	0.26	9.70	7.85	0.43	0.30
Fe ₂ O ₃	0.90	2.26	5.35	5.00	0.28	1.51
WO ₃	0.33	< 0.01	N.D.	< 0.01	0.43	< 0.01
MnO	0.02	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	N.D.
Na ₂ O	0.24	0.25	0.56	0.53	0.24	0.25
P ₂ O ₅	0.09	0.12	0.17	0.18	0.08	0.08
TiO ₂	0.08	0.09	0.43	0.41	0.08	0.13
MgO	N.D.	0.02	1.81	1.75	N.D.	N.D.
ZrO ₂	< 0.01	< 0.01	0.08	0.07	< 0.01	0.06
Ba	< 0.01	N.D.	N.D.	N.D.	< 0.01	N.D.
Co	< 0.01	N.D.	N.D.	N.D.	< 0.01	N.D.
Rb	N.D.	N.D.	< 0.01	< 0.01	N.D.	N.D.
Loss on Ignition (LOI)	0.36	0.72	2.84	2.74	0.45	0.41
Total	100.43	100.50	100.28	100.40	100.40	100.15

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้
PP1 คือตัวอย่างหินจากหมวดหินภูพาน หมายเลข1
PP2 คือตัวอย่างหินจากหมวดหินภูพาน หมายเลข2
PT1 คือตัวอย่างหินจากหมวดหินภูทอก หมายเลข1
PT2 คือตัวอย่างหินจากหมวดหินภูทอก หมายเลข2
PW1 คือตัวอย่างหินจากหมวดหินพระวิหาร หมายเลข1
PW2 คือตัวอย่างหินจากหมวดหินพระวิหาร หมายเลข 2

ตารางที่ 4.3 แสดงชนิดแร่ประกอบในตัวอย่างหินโดยวิธี XRD

minerals	Sample Number					
	PP1	PP2	PT1	PT2	PW1	PW2
quartz	*	*	*	*	*	*
Feldspar		*	*	*	*	*
Mica	*	*		*		
Kaolinite	*	*			*	
Calcite	*		*	*		
Dolomite	*					
Vermiculite			*			
Montmorillonite			*	*		
Chlorite						*

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและชนิดแร่ในตัวอย่างหินของหมวดหินพระวิหาร หมวดหินภูพาน และหมวดหินภูทอก พบว่าหมวดหินพระวิหารและหมวดหินภูพานมีแร่ควอตซ์อยู่มาก (ปริมาณ SiO₂ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป) สำหรับหมวดหินภูทอกพบว่ามีปริมาณ SiO₂ น้อย แต่มีปริมาณ CaO Fe₂O₃ และ Na₂O สูงกว่าหมวดหินพระวิหารและภูพาน เมื่อดูชนิดแร่ประกอบเทียบเคียงในตารางที่ 4.3 พบว่าในหมวดหินภูทอกจะพบแร่เฟลสปาร์และแคลไซต์ นอกจากนี้ยังพบแร่ดินตระกูลมอนต์มอริลโลไนต์

ปริมาณ Na₂O ที่สูงกว่า หมวดหินพระวิหารและหมวดหินภูพานอาจมีสาเหตุมาจากการไหลของน้ำใต้ดินนำเกลือจากหมวดหินมหาสารคามเข้ามาสะสมในหน่วยหินนี้ ประกอบกับหมวดหินภูทอกเป็นหมวดหินที่มีรอยแตกหลายทิศทางและมีปริมาณรอยแตกมากกว่าหมวดหินพระวิหารและหมวดหินภูพาน ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลที่เดิมเกลือน่าจะมาจากทางด้านใต้ซึ่งอยู่นอกเขตพื้นที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพราะเป็นพื้นที่ที่ถูกปิดทับด้วยชุดหินมหาสารคาม ในขณะที่การไหลของน้ำบาดาลจากชุดหินพระวิหารและหมวดหินภูพานไม่ได้เพิ่มปริมาณเกลือให้หมวดหินภูทอกเพราะปริมาณเกลือในหมวดหินทั้งสองนี้มีปริมาณน้อยมากและน้อยกว่าหมวดหินภูทอก อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการหาค่าธรณีเคมีในหินเพื่อใช้เป็นข้อมูลฐานเพื่อที่จะทำการวิจัยขั้นสูงหรือขั้นรายละเอียดต่อไป ในส่วนของการศึกษาเกลือและการแพร่กระจายดินเค็มนั้นต้องให้โครงการย่อยอื่นดำเนินการศึกษา เพราะในส่วนของโครงการนี้ศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดในส่วนของรอยแตกเป็นหลักซึ่งจะส่งข้อมูลให้โครงการย่อยอื่นๆ ใช้ข้อมูลต่อไป