

บทที่ 27

ธรณีวิทยาโครงสร้าง

ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural Geology) เป็นวิชาที่ศึกษาถึงโครงสร้างต่าง ๆ ของผิวโลกตลอดจนการเคลื่อนไหวต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อาจจะเรียกว่าเป็น Tectonic geology ก็ได้ การเคลื่อนไหวของหินจะด้วยแรงที่เกิดจากภายในโลกก็ดี ทำให้เกิดการคดโค้ง (folds) แนวแตกในชั้นหิน (joints หรือ cleavage) และรอยเลื่อนหรือรอยเหลี่ยม (faults) การเคลื่อนไหวของวัตถุเหลวหรือ Magma ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้นในหิน

ธรณีวิทยาโครงสร้าง มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับแขนงวิชาอื่น ๆ ในธรณีวิทยา เป็นต้นว่า Stratigraphy, sedimentation, palaeontology, petrology ฯลฯ ด้วย เหตุนี้การศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้าง จึงจำเป็นต้องศึกษาอย่างอื่นประกอบด้วย ความสำคัญของธรณีวิทยาโครงสร้างนั้น นอกจากจะทำให้รู้ถึงลักษณะรูปร่างของเปลือกหรือผิวโลกในที่ต่าง ๆ ว่าเป็นอย่างไรแล้ว ยังทำให้เราทราบถึงประวัติของหิน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายหลังซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจธรณี (economic geology) ตัวอย่าง เช่น การสำรวจเพื่อหาแร่ น้ำมัน ฯลฯ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้โครงสร้างทั่ว ๆ ไปของบริเวณที่ทำการสำรวจ มิฉะนั้นจะไม่สามารถกำหนด หรืออธิบายถึงการกำเนิดของแร่หรือน้ำมันได้เลย นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อการลำดับชั้นหิน ในการสำรวจธรณีวิทยาอีกด้วย

27.1 ลักษณะบางอย่างทางธรณีวิทยาโครงสร้าง

27.1.1 Fold, Syncline & Anticline ในขณะที่มีการบีบอัดตัวบนผิวโลก ชั้นหินจะเกิดการคดโค้งขึ้น การคดโค้งจะมีความรุนแรงเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำและชนิดของหิน การคดโค้งในชั้นหินเรียกว่า Fold อาจจะมียุขเล็ก หรือใหญ่ หรืออาจจะมีความสลับซับซ้อนกันมากก็ได้ บางที่เราอาจพบ fold มีความกว้างหลายกิโลเมตร บางทีก็มีความกว้างเพียงหนึ่งนิ้ว เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับ folds ดีขึ้น ผู้ศึกษาจำเป็นต้องมีความเข้าใจ คำบางคำที่เกี่ยวข้องก่อน เป็นต้นว่า

- 1) Strike หมายถึงแนวของชั้นหิน เกิดจากการตัดกันระหว่างชั้นหินที่เอียงเท่ากับแนวราบ
- 2) Axial plane คือด้านที่แบ่ง fold ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน axial plane อาจเอียงเทไปทางใดก็ได้แล้วแต่ลักษณะของ fold. axial plane เป็นด้านที่สมมุติขึ้น
- 3) Axis หมายถึงทิศทาง หรือแนวสันกลางหรือแนวกลางแอ่งของ fold เป็นแนวที่สมมุติขึ้นอีกเช่นกัน axis อาจเอียงเทไปจากแนวระดับ ทิศทางของการเอียงเทดังกล่าว เราเรียกว่า plunging direction
- 4) Crest หมายถึงแนวที่เป็นจุดสูงสุดของ fold ถ้า axial plane ของ fold เอียงมาก ๆ crest อาจย้ายตำแหน่งมาอยู่ข้างหนึ่งข้างใดของ limb ได้
- 5) Trough หมายถึงแนวที่แสดงจุดต่ำสุดของ fold ตรงข้ามกับ crest

27.2 ชนิดของ folds

27.2.1 fold มีมากมายหลายชนิด

- 1) Anticline หมายถึง fold ที่มีรูปกระหะคว่ำ โดยทั่วไปคือความเอียงเทของชั้นหินเป็นหลักพิจารณา ชั้นหินจะเอียงออกจากกันหรือออกไปจาก axial plane แต่มีข้อยกเว้นเมื่อ fold มี axial plane อยู่ในแนวราบ หรือ axial plane คดโค้งในกรณีดังกล่าวมักถือชั้นหินที่แก่กว่าเป็นหลัก คือ anticline หมายถึง fold ที่โค้งเข้าหาชั้นหินที่แก่กว่า
- 2) Syncline หมายถึง fold ที่มีรูปกระหะหงาย ความเอียงเทของ limb ทั้งสองจะเอียงเข้าหากัน หรือโค้งเข้าหาชั้นหินที่มีอายุน้อยกว่า

27.2.2 เราอาจแบ่ง fold ได้อีกแบบหนึ่ง โดยอาศัย axial plane หรือ dip ของ limb ทั้งสองข้างเป็นเกณฑ์ คือ

- 1) Symmetrical fold หมายถึง fold ที่มี axial plane ตั้งฉาก หรือ dip ของ limbs ทั้งสองข้างทำมุมเท่ากัน อาจเป็น anticline หรือ syncline ก็ได้
- 2) Asymmetrical fold หมายถึง fold ที่มี axial plane เอียงเทไปทางหนึ่งทางใด dip ของ limb ทั้งสองไม่เท่ากัน และ dip ของชั้นหินเอียงไปในทิศทางตรงข้ามกัน
- 3) Overturned fold หรือ Overfold หมายถึง fold ที่มี axial plane ทำมุมเอียงเทมากขึ้นและ dip ของ limb ทั้งสองข้างทำมุมไปทางเดียวกัน

4) Recumbent fold คือ fold ที่มี axial plane อยู่ในแนวระดับหรือคดโค้ง และอยู่ประมาณแนวระดับ

นอกจากนี้ยังอาจแบ่งเป็น isoclinal fold, fan fold, drag fold ฯลฯ อีกด้วย

Anticline ที่มีขนาดใหญ่ จะคลุมพื้นที่หลายตารางกิโลเมตร อาจประกอบด้วย fold เล็ก ๆ เป็นจำนวนมากมาย ในกรณีดังกล่าวเราเรียกลักษณะรวมนี้ว่า anticlinorium มักพบในภูเขาหรือเทือกเขา ปรากฏการณ์เช่นเดียวกันอาจเกิดกับ syncline ใหญ่ ๆ ได้ ซึ่งเราเรียกว่า synclinorium

มีชื่ออีก 2 ชื่อ ซึ่งมักใช้กันผิด ๆ คือ geosyncline และ geanticline คำว่า geosyncline นั้นไม่เพียงแต่จะหมายถึง syncline ขนาดใหญ่มากเท่านั้น แต่หมายถึงแอ่งที่มีหินตกตะกอนที่มีความหนาหลายพันฟุตอีกด้วย

ในขณะที่เกิดแรงบีบอัดหรือแรงดึงขึ้นในชั้นหิน หินจะคดโค้งเกิดเป็น fold ดังกล่าวมาแล้ว ถ้าแรงนั้นเพิ่มมากขึ้นจนเกินจุดหนึ่งที่หินจะทานได้ ก็จะเกิดการแตกหักขึ้นในชั้นหิน การแตกหักหรือ Fractures อาจแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

27.3 Tension fracture

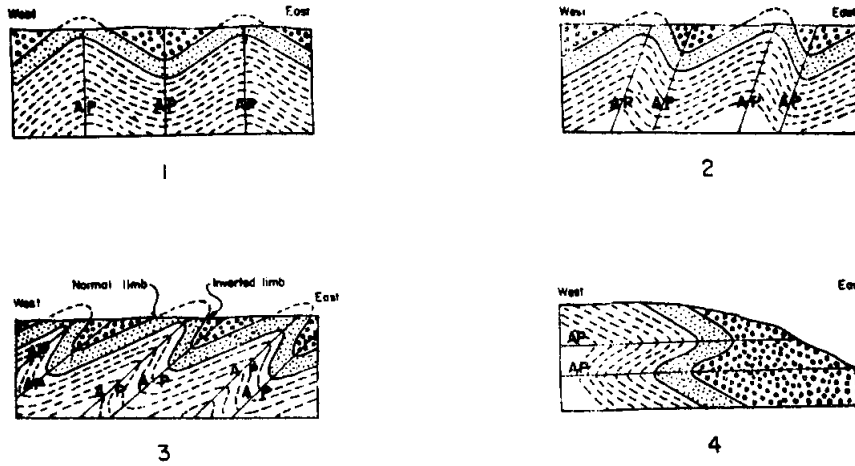
เกิดจากการกระทำของแรงที่พยายามดึงหินให้แยกออกจากกัน

27.4 Shear fracture

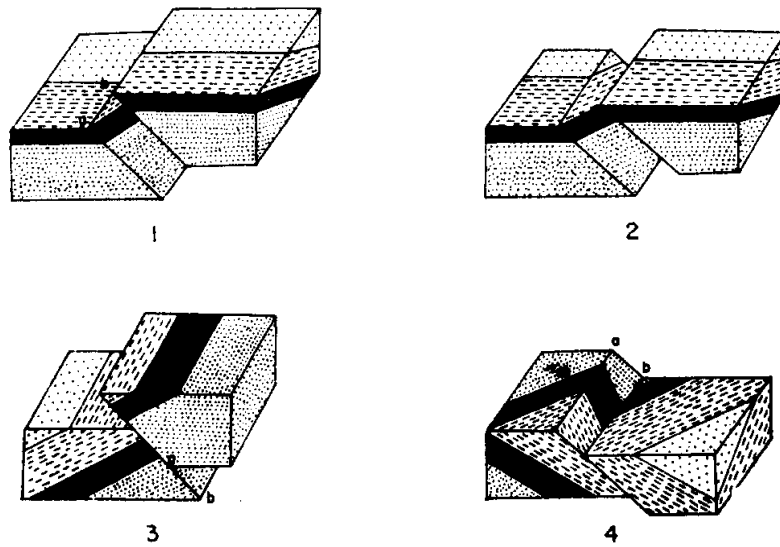
เป็นรอยแตกที่เกิดจากแรงที่พยายามจะเลื่อนชั้นหิน ชั้นหนึ่งให้แยกออกจากอีกชั้นหนึ่ง

แรงที่กระทำต่อหินชนิดต่าง ๆ จนเกิด fracture ขึ้นนั้น ต่างกันในหินแต่ละชนิด ดังเช่น

Granite	1,480	kg/cm ²
Diorite	1,960	kg/cm ²
Basalt	2,750	kg/cm ²
Limestone	960	kg/cm ²
Sandstone	740	kg/cm ²
Quartzite	2,020	kg/cm ²



รูปที่ 5 แสดง Folds ในลักษณะต่างๆ (1) Symmetrical fold (2) Asymmetrical fold (3) Overturned fold และ (4) Recumbent-fold



รูปที่ 6 Faults ในลักษณะต่างๆ กัน (1) Striksslip fault (2) Diagonal-slip fault (3) Thrust fault และ (4) gravity fault

27.5 Joints, Faults

27.5.1 Joint หมายถึง ด้านหรือผิวแตกที่พบอยู่ในหิน โดยไม่มีร่องรอยของการเคลื่อนไหวเลย joint อาจจะมีรอยชัดเจนมากหรือเป็นเพียงรอยร้าวก็ได้ นอกจากนี้ joint อาจจะทำมุมเอียงเทมากน้อยเท่าใดก็ได้ แล้วแต่กรณี โดยทั่วไป joint มักเกิดหลายแนว แต่ละแนวมีทิศทางโดยประมาณขนานกัน และมักมีหลายชุดเกิดขึ้นพร้อมกันหรือเกิดขึ้นคนละเวลา การจำแนกชนิดของ joint อาจทำได้ตามทิศทางของ joint ที่ขนานกับทิศทางของโครงสร้าง หรืออาจจำแนกตามวิธีการเกิดของ joint การจำแนกชนิดตามหลังนับว่ามีประโยชน์มากกว่า แต่อาจมีปัญหาที่ไม่ทราบวิธีเกิดของ joint ที่พบอย่างแท้จริง

การแบ่งตามชนิดของแนวทางอาจแบ่งได้เป็นดังนี้คือ

1) Strike joint-joint ที่เกิดและมีแนวทางขนานกับ strike ของชั้นหินในหินตะกอนขนานกับ schistosity ในหินแปร เช่น schist ฯลฯ

2) Dip joint-joint ที่เกิดและมีแนวทางขนานกับทิศทางของ dip ของชั้นหินหรือของ schistosity ฯลฯ

3) Oblique หรือ diagonal joint คือ joint ที่มีแนวทางอยู่ระหว่าง strike และ dip ของชั้นหิน หรือระหว่าง dip และ strike ของ schistosity ของหินแปร

joint ที่จำแนกตามชนิดของการเกิดมีหลายอย่างดังนี้

1) Tension joint หมายถึง joint ที่เกิดจากการหดตัวภายหลังที่หินแข็งตัว ดังเช่น columnar jointing ที่พบในหิน basalt ก็เป็น tension joint ชนิดหนึ่ง

2) Extension joint หมายถึง joint ที่เกิดในทิศทางตั้งฉากกัน แนวแกนของการคดโค้ง

3) Release joint คือ joint ที่ขนานกับ axial plane เกิดภายหลังที่แรงบีบอัดชั้นหินสิ้นสุดลง ชั้นหินเกิดแตก

นอกจากนี้ยังมี shear joint ซึ่งมักเกิดเป็นคู่ ๆ อย่างน้อยมี 2 ทิศทางที่ต่างกัน ซึ่งอาจจะตัด axial plane หรือขนานกับ axial plane ก็ได้ เกิดจากแรงบีบอัดที่กระทำต่อหินและเกิดแนวแตกขึ้น

27.5.2 Fault หมายถึงรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นในหิน เกิดจากแรงกระทำต่อหิน ซึ่งโดยมากมักจะเกิด fold, joint แต่บางทีจะทำให้เกิดรอยแตกแยกในหิน และถ้าหากแนวแตกต่าง ๆ ที่เกิดมีการเคลื่อนไหวทำให้หินด้านหนึ่งของรอยแตก ภูเสียดสีไปบนอีกด้านหนึ่งของรอยแตก

ก็เกิดเป็น fault ขึ้น ระยะทางที่หินเลื่อนไปจากเดิมเราเรียกว่า Displacement อาจพบเพียง 1 - 2 นิ้ว หรืออาจจะมีระยะทางมากกว่า 10 เมตรก็ได้ ร่องรอยที่หินเคลื่อนไปมักพบอยู่บนผิวของรอยแตก บางทีจะเห็นรอยเป็นเส้น ๆ เป็นร่องรอยของการเสียดสี หรือชัดเจนมาก รอยดังกล่าวเรียกว่า Slickenside มีความสำคัญมาก เพราะแนวของรอยดังกล่าวขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของหินทำให้เรารู้ทิศทางของการเคลื่อนที่และวัดทิศทางของการเคลื่อนไหวของหินได้

Fault อาจแบ่งออกได้หลายวิธี วิธีหนึ่งแบ่งโดยอาศัยแนวทางของ fault เป็นเกณฑ์ การแบ่งแบบนี้กระทำได้ง่าย และไม่มีควมยุ่งเหยิงมากนัก เพราะเพียงแต่พิจารณาว่า fault ที่เกิดมีแนวทางตรงกับลักษณะใดในโครงสร้าง ก็เรียกชื่อตามนั้นโดยไม่บอกวิธีการเกิดของ fault อาทิเช่น bedding fault, strike fault, longitudinal fault, transverse fault, normal fault, และ reverse fault เป็นต้น

อีกวิธีหนึ่ง แบ่ง fault ออกตามวิธีการเกิดของ fault นั้น ๆ วิธีนี้อาจทำได้ยาก เพราะบางทีเราอาจหาสาเหตุของการเกิด fault ไม่พบ แต่การแบ่งแบบนี้มีความสำคัญมาก เช่น

1) Thrust fault- หมายถึง fault ที่มี hanging wall (ส่วนของหินที่วางทับอยู่บน fault plane) เลื่อนขึ้นในขณะที่ foot wall เลื่อนลงหรืออยู่กับที่ การเกิด fault แบบนี้ ทำให้เปลือกโลกสั้นเข้าไปอีก

2) Gravity fault-fault ที่เกิดขึ้นในลักษณะที่ hanging wall เลื่อนลงตาม fault plane ในลักษณะคล้ายของแตก หรืออาจจะหมายถึง fault ที่ foot wall เลื่อนขึ้น ตาม fault plane ก็ได้ การเกิด fault ดังกล่าวทำให้เปลือกโลกขยายตัวออก

3) Strike - slip fault หมายถึง fault ที่มีการเคลื่อนที่ตามแนวของ Fault plane ในทางราบสำหรับ fault แบบนี้ ยังสามารถแยกออกเป็น dextral หรือ right - handed strike-slip fault คือ fault ที่ทิศทางของการเคลื่อนที่เมื่อต่อกันเข้าแล้วตามเข็มนาฬิกา และ sinistral หรือ left - handed strike - slip fault คือ fault ที่มีทิศทางของการเคลื่อนที่เมื่อต่อกันเข้าแล้วทวนเข็มนาฬิกา

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นว่า fault มีมากมายหลายชนิด ในทางปฏิบัติ บางทีเราไม่อาจสังเกตเห็น fault ในธรรมชาติได้ชัดเจนนัก ทั้งนี้เพราะหินในบริเวณที่มี fault อาจถูกอำนาจการกัดกร่อนธรรมชาติทำลายทำให้หินแตกหักผุพัง และสึกหรอไป การ

วินิจฉัยว่าบริเวณใดมี fault เกิดหรือไม่จึงเป็นไปได้ด้วยความลำบาก การพิจารณา fault อาจทำได้โดยอาศัยปรากฏการณ์ต่าง ๆ ดังนี้ (1) การไม่ต่อเนื่องของโครงสร้างทางธรณีวิทยา บางอย่าง (2) ชั้นหินที่เกิดเรียงตัวซ้ำกันขาดหรือไป (3) ลักษณะของ fault บางอย่าง (4) การเกิด silification หรือการเกิดแร่บางชนิดแทรกขึ้นมา (5) การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของหินชั้น นอกจากนี้ยังมีเหตุการณ์อื่น ๆ อีกที่จะช่วยการวินิจฉัย Fault ได้

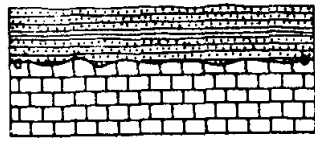
27.6 Unconformity

คือการผิปกติซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ทางธรณีวิทยาถือว่าเป็นลักษณะหนึ่งของธรณีวิทยาโครงสร้าง การเกิด Unconformity มีความสัมพันธ์กับการตกตะกอน การกัดกร่อน และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ การเกิดผิปกติ หรือ Unconformity อาจจะทำให้ผิปกติเป็น fault หรือรอยเลื่อนได้ การผิปกติ มีความสำคัญต่อการพิจารณาอายุ หรือกาลเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลง และการเคลื่อนไหวต่าง ๆ บนผิวโลก นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อการลำดับชั้นหิน การตกตะกอน และต่อธรณีประวัติอีกด้วย แหล่งแร่และแหล่งน้ำมันที่สำคัญ ๆ บางแห่งมีความสัมพันธ์กับการผิปกติ

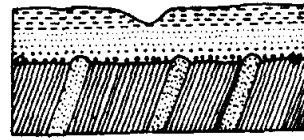
การผิปกติ คือ ลักษณะที่ปรากฏบนชั้นหิน แสดงถึงการกัดกร่อน หรือลักษณะที่ไม่มีการตกตะกอนของหินเลย เป็นแนวที่แยกชั้นหินที่เก่าแก่ออกจากชั้นหินที่มีอายุน้อยกว่า การเกิดการผิปกตินั้น เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ต่าง ๆ หลายระยะเป็นต้นว่า การเกิดหินที่เก่าแก่กว่าจากนั้นมีการยกตัวของหินเก่า ทำให้มีระดับสูงขึ้นและตกอยู่ภายใต้อำนาจของการกัดกร่อน และในที่สุดก็มีหินที่อายุน้อยกว่าเกิด นอกจากนี้ยังอาจแสดงโดยมีหินชั้น หินภูเขาไฟ และหินแปรมาอยู่ร่วมกัน

27.6.1 ชนิดของ Unconformity มีหลายชนิด ความเด่นชัดขึ้นอยู่กับชนิดของหิน และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง unconformity ที่สำคัญ ๆ ได้แก่ angular unconformity, disconformity ; local unconformity และ nonconformity

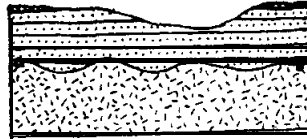
1) Angular unconformity คือ ปรากฏการณ์ แสดงการผิปกติโดยที่หินที่อยู่ตรงข้ามกันระหว่างแนวผิปกตินี้ไม่มีแนวขนานกันเลย หรือในกรณีของหินชั้น ชั้นหินจะเอียงทำมุมกันสูงมาก แนวผิปกติแบบนี้ อาจเป็นแนวที่คดโค้ง แสดงถึงการกัดกร่อนธรรมชาติที่ได้เกิดขึ้นในอดีตกาล



1



2



3

รูปที่ 7 ลักษณะของ Unconformity ชนิดต่าง ๆ (1) disconformity (2) Angular Unconformity และ (3) Nonconformity

2) Disconformity เป็น unconformity ที่มักปกคลุมบริเวณกว้างขวาง หินที่อยู่เหนือและใต้แนวผิวดังนี้ยังคงขนานกันอยู่ แต่ต่างกันในระยะเวลาก่อเกิด ชนิดของหินอาจจะเหมือนกัน หรือต่างกันได้

3) Local unconformity คล้ายกับ disconformity แต่ต่างกันที่ความกว้างขวางของบริเวณซึ่งแคบกว่า และส่วนมากช่วงระยะเวลาที่ต่างกันระหว่างหินตอนบนและตอนล่างนั้นต่างกันอย่างน้อยกว่า disconformity

4) Nonconformity คือการผิวดังนี้เกิดเนื่องจากการแตกต่างของหินโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่หินส่วนล่างเป็นหินอัคนี โดยทั่วไปอาจพบชิ้นส่วน หรือกรวด หรือเศษหินที่แก่กว่าวางทับอยู่บนแนวการผิวดังนี้

27.7 Foliation, Cleavage และ Schistosity

27.7.1 Foliation เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในหิน หมายถึงแนวที่หินมักจะแตกพบในหินชั้นที่มีเนื้อละเอียด เกิดจากการเรียงตัวของแร่ที่เป็นแผ่นที่เป็นผลึกเล็ก ๆ เรียงตัวกันอยู่ เนื่องจากแนวดังกล่าวมักจะขนานกับชั้นหินด้วย ดังนั้นจึงมีคนเรียกว่า bedding fissility foliation อาจพบในหินแปร โดยที่หินเดิมอาจเป็นหินชั้น หรือหินอัคนีก็ได้

27.7.2 Cleavage บางคนเรียก rock cleavage เพื่อให้ต่างกับ mineral cleavage เป็นแนวแตกในชั้นหินที่เกิดขึ้นภายหลังการตกตะกอน มักพบในหินที่ถูกบีบอัดตัวแต่ยังไม่เปลี่ยนมากนัก cleavage มักทำมุมกับชั้นหิน

27.7.3 Schistosity หมายถึงแนวแตกที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับ cleavage แต่เรียกเช่นนี้ในหินที่ได้เปลี่ยนแปลงไปมาก เช่น หิน schist, gneiss schistosity มีความสำคัญต่อธรณีโครงสร้างมาก ทั้งนี้เพราะ schistosity ที่เกิดขึ้นมักมีแนวตั้งฉากกับแรงที่กระทำต่อชั้นหิน ดังนั้นเราจึงอาจใช้ schistosity ในการคำนวณหา axial plane และ fold axis ได้ ในบางกรณี schistosity จะขนานกับ axial plane