

## บทที่ 4

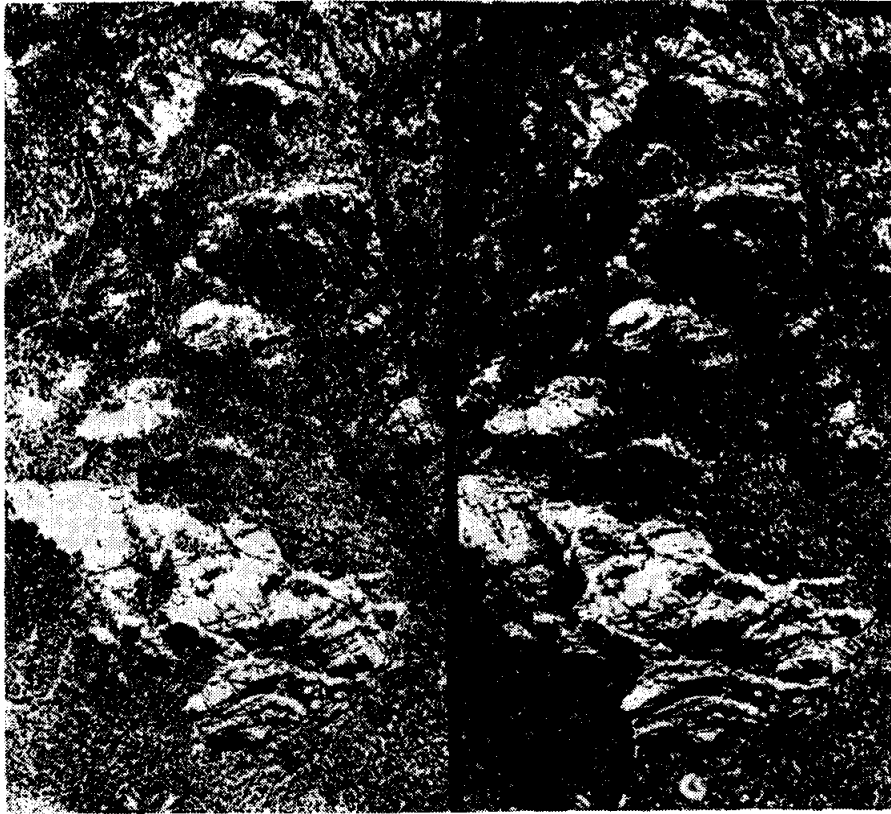
### หินและธรณีสัณฐานที่เกิดจากโครงสร้าง

นอกจากภูมิอากาศ ธรณีสัณฐานวัฏจักร (GEOMORPHIC CYCLE) แล้ว ชนิดและลักษณะของหินก็มีบทบาทสำคัญในการเกิดธรณีสัณฐานต่าง ๆ แม้ว่าการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับหินและธรณีสัณฐานโดยละเอียดจะกระทำเฉพาะวิธีการตรวจสอบหินที่โผล่พ้นเปลือกโลกในภาคสนามอย่างใกล้ชิดโดยผู้ที่มีความรู้ทางด้านธรณีวิทยาอย่างคึกคักก็ตาม แต่ผู้แปลสภาพถ่ายที่ได้รับการฝึกฝนจะมีประสบการณ์อย่างมาก (รวมทั้งจะต้องมีความรู้ทางด้านธรณีวิทยาของเขานั้นด้วย) ก็จะประสบผลสำเร็จในการพิสูจน์ทราบชนิดของหินและธรณีสัณฐานต่าง ๆ ได้เช่นกัน รูปแบบของหินที่เห็นได้จากทางอากาศจะให้ข้อมูลเพียงพอในการบอกชนิดของหินได้โดยเฉพาะในบริเวณที่ชั้นหินโผล่มาพ้นเปลือกโลก แม้ว่าจะมีพืชพรรณธรรมชาติและชั้นดินปกคลุมหินอยู่แต่เราก็ยังสามารถพิสูจน์ทราบหินบางชนิดได้ เช่น หินดินดาน หินทราย และหินปูน อย่างไรก็ตามการแปลวิเคราะห์หินชนิดต่าง ๆ จะมีความยากง่ายแตกต่างกัน หินชั้นและหินอัคนีจะแปลโคคองง่ายกว่าหินแปร เป็นต้น

#### 4.1 ชนิดของหิน

หินที่ประกอบขึ้นเป็นเปลือกโลกนั้นแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

4.1.1 หินอัคนี (IGNEOUS ROCK) เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืด (MAGMA) หินหนืดเป็นหินละลายที่ร้อน ชนและหนืด มีส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ ซึ่งเมื่อเย็นตัวแล้วจะตกผลึกให้แร่ต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของหิน ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของหินหนืดที่สำคัญคือ ออกซิเจน ซิลิกา อลูมิเนียม เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียมและโปแตสเซียม แต่ธาตุที่สำคัญคือซิลิกา เมื่อหินหนืดเย็นตัวลงแร่ต่าง ๆ จะตกผลึกที่จุดอิ่มตัวต่าง ๆ กัน บางชนิดตกผลึกได้เร็วกว่าชนิดตกผลึกได้ช้า องค์ประกอบของหินอัคนีจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเคมีของหินหนืดและกรรมวิธีการตกผลึก นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่หินหนืดจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวโลก หินอัคนีนี้แบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ประเภทคือ



รูป 4.1 สเตอริโอแกรมแสดงหินแกรนิต

ที่มา : Thomas M.Lillesand and Ralph W.Kiefer, Remote Sensing and Image Interpretation, 1979, หน้า 223.

หินอัคนีพุ (EXTRUSIVE IGNEOUS ROCK) และหินอัคนีแทรกซอน (INTRUSIVE IGNEOUS ROCK) หินอัคนีพุเกิดจากหินหนืดที่ไหลหรือปะทุบนเปลือกโลกออกมาเป็นตัวภายนอกเปลือกโลก หินพวกนี้จะเป็นตัวเร็วจึงเกิดผลึกที่เล็กมีเนื้อหินละเอียด เช่น หินมะขอลต์ หินไรโอไลต์ แอนคิไซต์ หรือมีเนื้อคล้ายแก้ว เช่น ออบซิเดียน ส่วนหินอัคนีแทรกซอนเกิดจากหินหนืดที่ไม่สามารถไหลขึ้นมาเหนือเปลือกโลกได้จึงเกิดเป็นตัวอย่างช้า ๆ ภายใต้อเปลือกโลกจึงเกิดผลึกโตมีเนื้อหินหยาบ เช่น หินแกรนิต ไดออไรท์ แกบไบร และพวกหินภูเขาไฟซึ่งเป็นพวกเถ้าภูเขาไฟหรือพวกไพโรคลาสติก (PYROCLASTICS) เป็นต้น เมื่อผิวโลกตอนบนพังทะลายสึกกร่อนลงไปจะทำให้หินอัคนีแทรกซอนไหลขึ้นมาข้างบนได้

การแทรกตัวของหินหนืดขึ้นมาบนผิวโลก มีลักษณะต่าง ๆ กันคือ ถ้าหินหนืดแทรกกันเข้าไปในหินอื่นโดยวางตัวเกือบจะขนานกับชั้นหินเดิมเรียกว่า ซิลล์ (SILL) ถ้ามีลักษณะเป็นแท่งตั้งฉากหรือเกือบตั้งฉากกับหินที่วางตัวในแนวระนาบเดิมเรียกว่าไดค (DIKE) หินหนืดที่แทรกกันจนทำให้หินที่วางตัวเป็นชั้น ๆ โป่งจนส่วนบนมีลักษณะโค้งและฐานของมันขนานกับชั้นหินเดิมเรียกว่าแลคโคไลท (LACCOLITH) ถ้ามีขนาดใหญ่มากมีส่วนที่ไหลขึ้นมาเกินเนื้อที่เกินกว่า 100 ตารางกิโลเมตร ฐานบนมีรูปร่างไม่แน่นอน และฐานฐานลึกและกว้างมากจนหาขอบเขตไม่ได้เรียกว่า แบทโธไลท (BATHOLITH) แต่ถ้ามีส่วนที่ไหลเกินเนื้อที่น้อยกว่า 100 ตารางกิโลเมตร จะเรียกว่าสต็อค (STOCK)

หินอัคนีถ้าแบ่งแยกตามองค์ประกอบทางเคมีของปริมาณซิลิกาแล้วจะแบ่งหินอัคนีเป็นหินอัคนีกรก หินอัคนีปานกลาง หินอัคนีค่างและหินอัคนีค่างจัด สำหรับหินอัคนีค่างซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ ฮอร์นเบลนด์ โอลีวิน (OLIVINE) หรือ ไบโอไทต์ (BIOTITE) จะมีสีค้ำ น้ำตาลเข้มหรือเทาเข้มจะเห็นเป็นสีค้ำในภาพถ่ายทางอากาศ หินอัคนีพุประเภทหินมะขอลต์และหินอัคนีแทรกซอนค่างที่อยู่ใกล้ผิวโลกจะมีสีค้ำในภาพถ่ายด้วย หินภูเขาไฟประเภทหินไดอะเบส (DIABASE) ในธรรมชาติจะมีสีค้ำถึงสีเขียวเข้มจะปรากฏในภาพถ่ายเป็นสีค้ำเช่นเดียวกัน



รูป 4.2 สเตอริโอแกรมแสดงธารลาวาบะซอลต์

ที่มา : T.Eugene Avery, Inter-retation of Aerial  
Photographs, 1968, หน้า 215.

หินพวกไฟโรคลาสติกโดยทั่วไปจะมีสีอ่อนในภาพถ่าย หินเปกมาไทต์ (PEGMATITE) ก็มีสีอ่อนด้วยและจะเห็นแตกต่างจากหินที่มีสีค่ากว่าอย่างชัดเจน หินอัคนีกรุปประเภทแกรนิตและไซอีไนต์ (SYENITE) ที่พบในบริเวณสก็อตและแมทโหลิด จะมีสีเทาอ่อนถึงชมพูนั้นจะมีสีเทาอ่อนถึงเทาปานกลางในภาพถ่าย สำหรับหินแกรนิตจะเห็นรูปแบบการระบายน้ำแบบกิ่งไม้อย่างชัดเจน รอยแยกมีรูปแบบไม่แน่นอนและรอยแยกบางแห่งมีลักษณะเป็นลุ่มแอ่งรูปร่างยาว เราจะมองไม่เห็นชั้นหินของหินอัคนีในภาพถ่าย ช่วยไม่ให้เกิดสับสนกับหินชั้น

ในภาพถ่ายทางอากาศธารลาวาบะซอลต์ (BASALTIC LAVA) จะปรากฏเป็นสีค่ามาก รูปแบบการระบายน้ำจะเป็นแบบขนานเพราะเกิดความลาดเพิ่มขึ้นในระหว่างที่น้ำเริ่มการระบาย ในเขตที่ประกอด้วยหินอัคนีเป็นส่วนใหญ่วลาวาบะซอลต์จะเกิดในลักษณะของซิลล์ที่คานทานการกักกรอนขึ้น ซึ่งเราจะสามารถลากขอบเขตได้ในภาพถ่าย ดังในรูป 4.2

4.1.2 หินชั้นหรือหินตะกอน (SEDIMENTARY ROCK) คือหินที่เกิดจากการทับถมอัดตัวของตะกอนต่าง ๆ ตะกอนเหล่านี้อาจเป็นกรวด เศษหิน หินทรายที่สึกกร่อนมาจากหินอื่น ๆ ซากพืชและสัตว์ หรือเกิดจากการตกตะกอนของสารละลายก็ได้ และผ่านขบวนการสร้างหินชั้น (LITHIFICATION) ที่ต่อเนื่องกันจนในที่สุดพวกตะกอนเหล่านี้จะแปรสภาพเป็นหินชั้น ขบวนการสร้างหินชั้นที่สำคัญจะเกี่ยวข้องกับการอัดตัวของตะกอน (COMPACTION) และการเกิดสารเชื่อม (CEMENTATION) การอัดตัวของตะกอนจะเกิดเมื่อตะกอนมีการทับถมจนมีความหนามากขึ้น ตะกอนที่อยู่ชั้นล่าง ๆ จะถูกอัดโดยน้ำหนักของตะกอนชั้นบนที่กดทับลงไป น้ำในตะกอนจะถูกขับออกทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของตะกอนมีขนาดเล็กลงนาน ๆ เซาตะกอนที่ทับถมนี้จะอัดแน่นแข็งตัวกลายเป็นหิน อีกขบวนการหนึ่งคือการเกิดสารเชื่อมนั้น สารเชื่อมจะได้อาจมาจากสารละลายของแร่ที่อยู่ในน้ำใต้ดินซึ่งเกิดก่อกผลึกเมื่อน้ำไหลแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างอนุภาค

ของตะกอนหินชั้นที่เชื่อมด้วยสารเหล่านี้จะมีความหนาแน่น ทนทานต่อการสลายตัวและมีความพรุนน้อย สารเชื่อมที่พบมากได้แก่ซิลิกา ควอทซ์และแคลไซต์

การที่หินชั้นกำเนิดมาจากการทับถมของตะกอนทำให้หินชั้นมีลักษณะที่แตกต่างจากหินประเภทอื่น คือมีลักษณะเป็นชั้นซึ่งเกิดขึ้นจากการที่ตะกอนมาทับถมกันแต่ละช่วงเวลาชั้นของหินในระยะเกิดใหม่หรือทับถมในระยะที่ลึกลงจากการรบกวนจะมีการวางตัวในแนวระนาบ แต่ถาการทับถมเกิดถูกรบกวนชั้นหินก็จะเอียงทำมุมต่าง ๆ กันหรือโค้งงอได้ หินชั้นเป็นหินที่พบกระจายบนผิวโลกมากที่สุด จึงจัดเป็นหินชนิดสำคัญที่เห็นในภาพถ่ายทางอากาศ หินชั้นที่พบบ่อย ๆ คือ หินทราย หินดินดานและหินปูน

ลักษณะของหินชั้นที่ปรากฏให้เห็นในภาพถ่ายคือชั้นหิน (BED) รอยแยก (JOINT) และการต้านทานการกัดกร่อน (RESISTANCE TO EROSION) ชั้นของหินชั้นนี้จะมีขนาดไม่เท่ากันอาจจะหนาเพียงแค่ 2 - 3 มิลลิเมตรไปถึงหลาย ๆ เมตรก็ได้ ลักษณะการวางตัวเป็นชั้น ๆ ของหินชั้นจะแตกต่างกับหินอัคนีและหินแปรซึ่งมักจะไม่มียชั้นหิน เราสามารถเห็นชั้นของหินชั้นได้เกือบชัดเจนในภาพถ่ายทางอากาศ

รอยแยก เป็นรอยแยกของเนื้อหินที่เกิดจากแรงอัด รอยแยกของหินชั้นส่วนใหญ่จะขนานกับระนาบชั้นหิน (BEDDING PLANE) รอยแยกอาจจะเกิดและวางตัวขนานกันไปมาเป็นชุดได้ (JOINT SET) ถ้าหลาย ๆ ชุดตัดกันไปมาจะเรียกว่า JOINT SYSTEM เนื่องจากบริเวณรอยแยกของหินที่โผล่เป็นส่วนที่ไม่คงทนต่อการกัดกร่อนจึงเห็นได้ชัดในภาพถ่ายทางอากาศโดยเฉพาะในหินทรายบ่อยครั้งที่อ่านน้ำจะไหลไปตามแนวรอยแยกนี้และอาจมีห้วงคกโค้งไปตามรอยแยกหนึ่งสู่อีกรอยแยกหนึ่ง

การต้านทานการกัดกร่อนของหินชั้นจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (PERMEABILITY) และความสามารถในการละลายของหิน ความหนาแน่นของหินส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับสารเชื่อมที่เชื่อมอนุภาคของตะกอนแต่ละอนุภาค เข้าด้วยกัน

4.1 RELATIVE RESISTANCE OF ROCKS TO WEATHERING AND EROSION (1)

ROCK TYPE	RESISTANCE	LANDFORMS
<p>IGNEOUS</p> <p>FINE-TEXTURED</p> <p>DARK(BASIC)      BASALT</p> <p>MEDIUM</p> <p>LIGHT(SILICEOUS)      ANDESITE</p> <p>RHYOLITE</p> <p>COARSE-TEXTURED</p> <p>DARK(BASIC)      GABBRO</p> <p>MEDIUM</p> <p>LIGHT(SILICEOUS)      SYENITE</p> <p>GRANITE</p>	<p>USUALLY RESISTANT</p> <p>USUALLY RESISTANT</p> <p>USUALLY RESISTANT</p> <p>USUALLY VERY RESISTANT</p> <p>USUALLY RESISTANT</p> <p>USUALLY RESISTANT</p> <p>EXCEPT IN ARID REGIONS</p>	<p>ESCARPMENTS AND FLOWS</p> <p>NOT WIDESPREAD BLUFFS AND CLIFFS</p> <p>ESCARPMENTS AND DOMES</p> <p>UPLANDS</p> <p>DOMES AND UPLANDS</p>
<p>METAMORPHIC</p> <p>SEDIMENTARY ORIGIN</p> <p>SHALE      SLATE</p> <p>LIMESTONE      MARBLE</p> <p>SANDSTONE      QUARTZITE</p> <p>IGNEOUS OR SEDIMENTARY ORIGIN</p> <p>BANDED      GNEISS</p> <p>SCHISTOSE      SCHIST</p>	<p>WEAK</p> <p>WEAK</p> <p>VERY RESISTANT</p> <p>USUALLY VERY RESISTANT</p> <p>USUALLY RESISTANT</p>	<p>LOWLANDS</p> <p>LOWLANDS</p> <p>RIDGES, KNOBS, MONADNOCKS</p> <p>UPLANDS</p> <p>UPLANDS AND RIDGES</p>

RELATIVE RESISTANCE OF ROCKS TO WEATHERING AND EROSION (2)

ROCK TYPE		RESISTANCE	LANDFORMS
SEDIMENTARY			
FINE-GRAINED			
LOOSE	CLAY	WEAK BUT FORMS VERTICAL WALLS	BADLANDS
CONSOLIDATED	CLAYSTONE	USUALLY WEAK	GENTLE SLOPES AND LOWLANDS
LIMY-LOOSE	MARL	VERY WEAK	LOW VALLEYS
LIMY-CONSOLIDATED	LIMESTONE	WEAK IN HUMID; RESISTANT IN ARID	KARSTLAND OR TABLE ROCKS
COARSE-GRAINED			
LOOSE	SAND	USUALLY WEAK	LOWLANDS
CONSOLIDATED	SANDSTONE	RESISTANT IF STRONG CEMENTING AGENT	CLIFFS, PLATEAUS, CAPROCKS
VERY COARSE			
LOOSE	GRAVEL	MODERATELY RESISTANT	OFTEN CAPS UPLANDS
CONSOLIDATED	CONGLOMERATE	VERY RESISTANT	RIDGES AND MOUNTAINS

ที่มา : R.A.van Zuidam and F.I.van Zuidam - Cancelado, Terrain Analysis  
and Classification Using Aerial Photographs, 1978 - 79, หน้า 88.

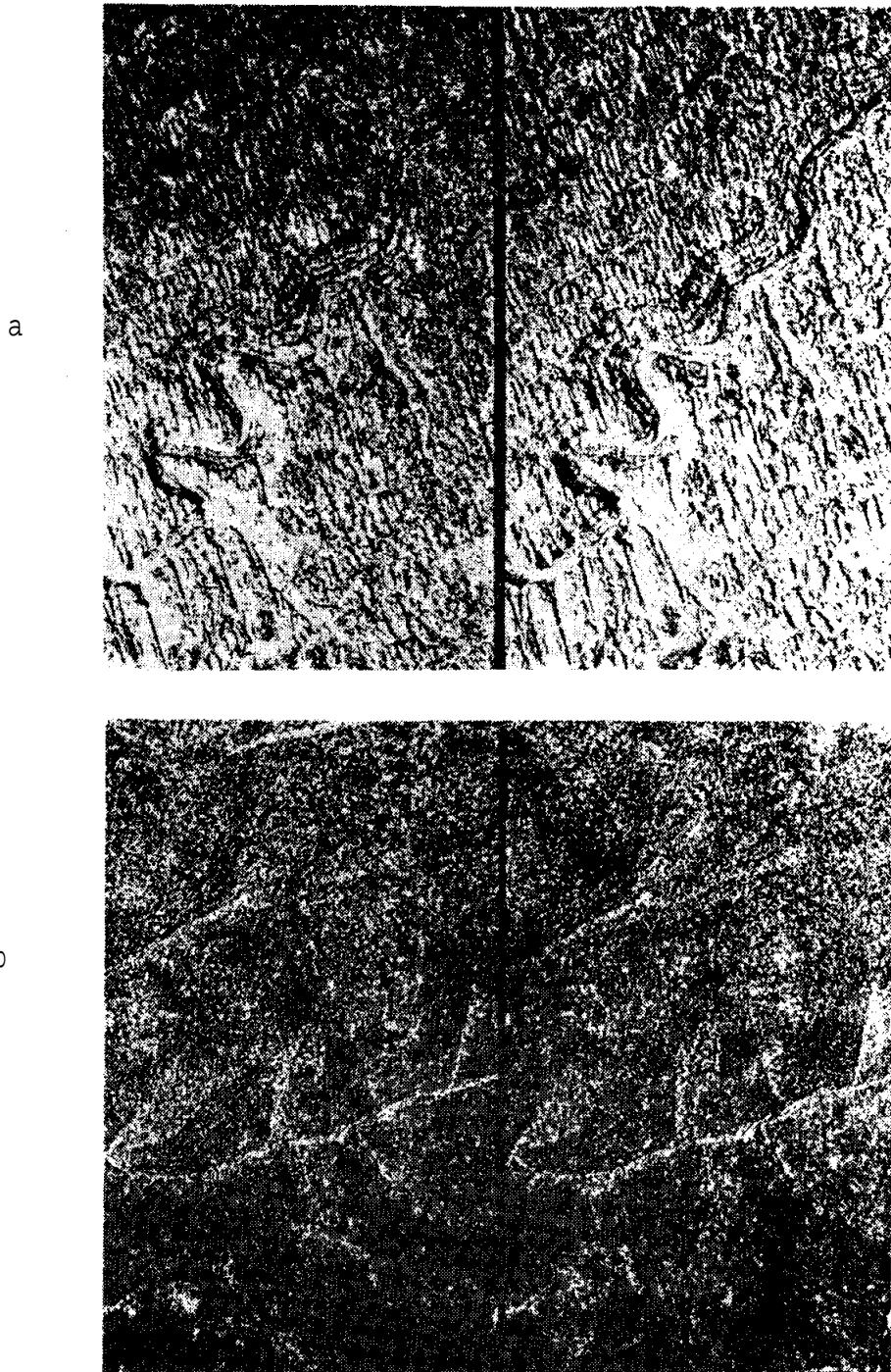


และความหนาของชั้นหิน ชั้นของหินทรายที่หนาและมีสารเชื่อมเป็นควอทซ์จะทำให้แข็งแรงมาก จนอาจใช้ในการก่อสร้างได้ แต่หินดินดานมีชั้นบางที่เปราะและอาจบิ่นออกได้ควมมือ

ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ คือการที่น้ำจะไหลซึมผ่านลงไปตามชั้นต่าง ๆ ของหินได้มากน้อยเพียงใดซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างระหว่างอนุภาคตะกอนและความต่อเนื่องในการเชื่อมกัน หินทรายโดยทั่วไปจะเป็นหินพรุนในขณะที่หินดินดานจะเป็นหินเนื้อหิม และน้ำส่วนใหญ่จะไหลไปตามระนาบรอยแยกมากกว่าตามช่องว่างของตะกอนหินปูนมีแคลเซียมคาร์บอเนตสูงจะละลายน้ำได้ก็ภายใต้การกระทำของฝนและน้ำใต้ดิน

**หินทราย** การจัดวางชั้นของหินทรายมักจะได้เห็นได้เด่นชัดในภาพถ่ายทางอากาศ เช่น เคียว กับรอยแยกก็จะได้ชัดเจนโดยมี JOINT SYSTEM ในทิศทางเด่น ๆ เพียงสองหรือสามทาง การกำหนดการกักกอรอนขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสารเชื่อม หินทรายที่เชื่อมด้วยสารประกอบของ เหล็กและซิลิกาจะแข็งแรงมากในขณะที่เชื่อมด้วยคาร์บอเนต โดยทั่วไปจะเปราะ หินทรายเป็นหินที่ยอมให้น้ำไหลซึมผ่านได้ง่าย ดังนั้นน้ำส่วนใหญ่ จะซึมลงไปตามชั้นหินมากกว่าจะเป็นน้ำไหลผ่านที่หากการกักกอรอนตามผิวพื้น หินทรายจึง กลายเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญในเขตแห้งแล้ง การระบายน้ำที่เห็นจะเป็นแบบกึ่งไม่ถึงแบบ ค้างจากชั้นอยู่ก็ว่าจะมีการเกิดรอยเลื่อน รอยแตกหรือรอยแยก ในเขตแห้งแล้งมักจะไม คอยมีดินคกค่างเหลือ เพราะเคมพูพองจากหินทรายจะถูกลมกักกอรอนพัดพาไปหมด ส่วนในเขต อากาศชื้นความลึกของดินคกค่างจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสารเชื่อม แต่โดยทั่วไปจะ หนาน้อยกว่า 1 เมตร และมักจะไมคอยพบที่หนาเกิน 2 เมตร

**หินดินดาน** การจัดวางชั้นของหินดินดานไม่หนามากอยู่ระหว่าง 1-20 เซนติเมตร จึงเห็นในภาพถ่ายไม่ชัดเจนเสมอไป แต่ถ้าชั้นหินให้สีที่แตกต่างเด่นขึ้นมา ก็อาจจะช่วยให้องเห็นชั้นหินได้ หินดินดานเป็นหินเนื้อหิม และมีลักษณะที่คานทานการ กักกอรอนน้อยกว่าหินชั้นประเภทอื่นจึงทำให้สึกกรอนผุพังง่าย ผลจากการเกิดรอยแยกอาจจะ

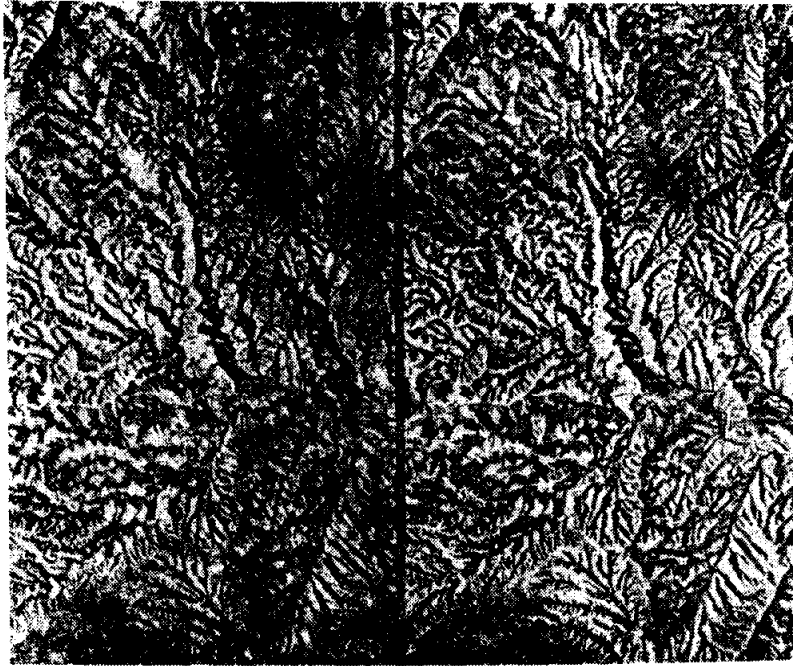


รูป 4.3

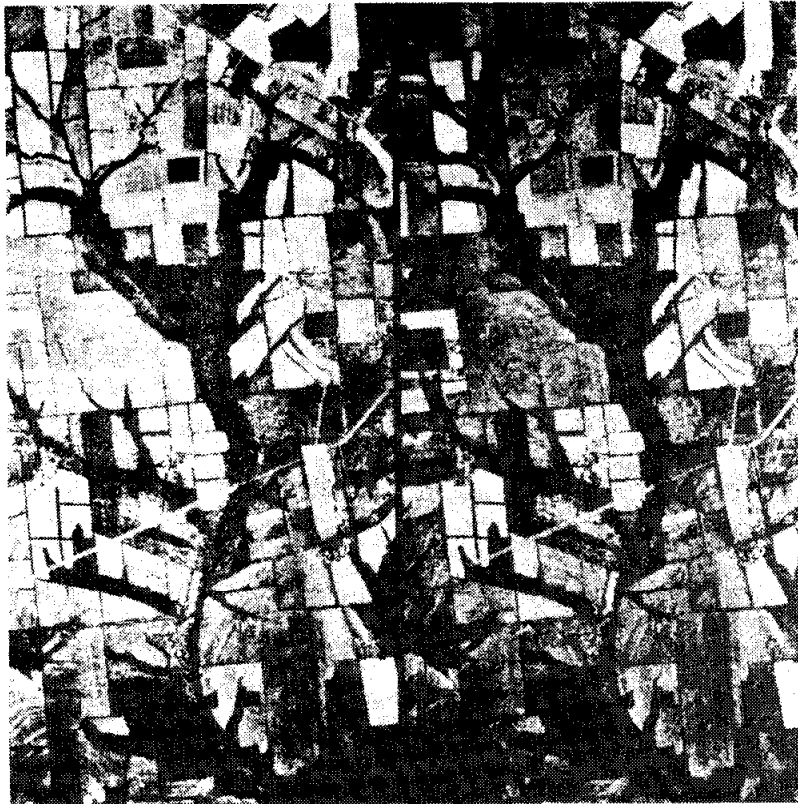
- a สเทอริโอแกรมแสดงการวางตัวของชั้นหินทรายในแนวระนาบในเขตทุ่งแก้ง  
 b สเทอริโอแกรมแสดงการวางตัวของชั้นหินทรายในแนวระนาบในเขตรื่น

ที่มา : Thomas M. Lillesand and Ralph W. Kiefer, *Remote Sensing and Image Interpretation*, 1979, หน้า 204, 206.

รูป 4.4.๑



รูป 4.4.๒



รูป 4.4.a สเตอริโอแกรมแสดงการวางตัวของชั้นหินดินดานในแนวระนาบในเขตแห้งแล้ง

รูป 4.4.๒ สเตอริโอแกรมแสดงการวางตัวของชั้นหินดินดานในแนวระนาบในเขตร้อน

ที่มา : Thomas M.Lillesand and Ralph W.Kiefer, Remote Sensing and Image Interpretation, 1979, หน้า 207, 208.



รูป 4.5 สเตอริโอแกรมแสดงการวางตัวของหินปูนในเขตอากาศชื้น

ที่มา : Thomas M. Lillesand and Ralph W. Kiefer, Remote Sensing and Image Interpretation, 1979, หน้า 210.

ไม่รุนแรงเพียงพอจนสามารถเปลี่ยนระบบการระบายน้ำผิวพื้นให้เป็นแบบที่ ความคุมโดย รอยแยก (JOINT CONTROLLED PATTERN) ได้เสมอไประบบการระบายน้ำจะเป็น แบบกิ่งไม้และตัวลำนน้ำจะไหลโค้งตัวค โดยทั่วไปจะพบชั้นหินดินดานวางตัวในแนวระนาบ สลับกับหินทรายและหินปูน ถ้าเกิดในลักษณะดังกล่าวนี้จะปรากฏรูปร่างเป็นแบบชั้นมันโค และจะเห็นในภาพถ่ายเป็นแถบเนื่องจากพืชพรรณธรรมชาติที่เลือกขึ้นต่างกัน

หินปูน ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งละลายน้ำได้ดี แต่ ถ้าประกอบด้วยแคลเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนตจะเรียกว่าโคโลไมต์ มีคุณสมบัติที่ละลาย น้ำได้ไม่ดีเท่า ชั้นของหินปูนโดยทั่วไปจะไม่เห็นเด่นชัดในภาพถ่ายเว้นแต่จะมีการวางตัว สลับกับหินทรายหรือหินดินดาน รอยแยกมักจะลึกและเป็นตัวกำหนดแนวทางไหลของการ ระบายน้ำใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามรอยแยกของหินปูนในเขตอากาศชื้นจะไม่เห็น เด่นชัด การต้านทานการกักกอรอนจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายและ รอยแยกในหิน ในบริเวณหินปูนหลายแห่งจะถูกฝนและน้ำใต้ดินกักกอรอนอย่างรุนแรงจนเกิด หลุมยุบ (SINKHOLES) เรียงรายเป็นจำนวนมาก ระบบการระบายน้ำที่ผิวพื้นจะมีน้อย หรือไม่มีและจะพบลำนน้ำสายใหญ่ ๆ น้อยควย ทรายละเอียดของหินปูนจะโคกลงถึงใน บพที่ 10

สีตามธรรมชาติของหินชั้นจะแตกต่างกันมากจึงทำให้สีที่เห็นในภาพถ่ายทางอากาศ แตกต่างกันด้วย ในธรรมชาติหินกรวดมน หินทราย หินดินดานมีสีแสดและจะเห็นใน ภาพถ่ายเป็นสีเทาเข้มหรือดำ หินชั้นหลายชนิดที่ประกอบด้วยตะกอนเนื้อประสมอย่างหยาบ (COARSE CLASTIC) คือเนื้อเคิมของตะกอนเหล่านี้ยังคงสภาพเคิมอยู่ให้พิสูจน์ได้นั้น ในธรรมชาติจะมีสีเทาจนถึงเหลืองหรือน้ำตาล สีเหล่านี้จะเห็นในภาพถ่ายเป็นสีเทาอ่อน ถึงเทาปานกลาง หินดินดานและหินโคลน (MUDSTONE) โดยทั่วไปจะประกอบด้วยซาก อะเอียดของอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่เป็นจำนวนมากและมีความชื้นของดินสูงกว่าหินประเภทอื่น จึงเห็นเป็นสีดำในภาพถ่าย สีในธรรมชาติของหินปูน โคโลไมต์และซอล์ค เป็นสีขาวหรือ

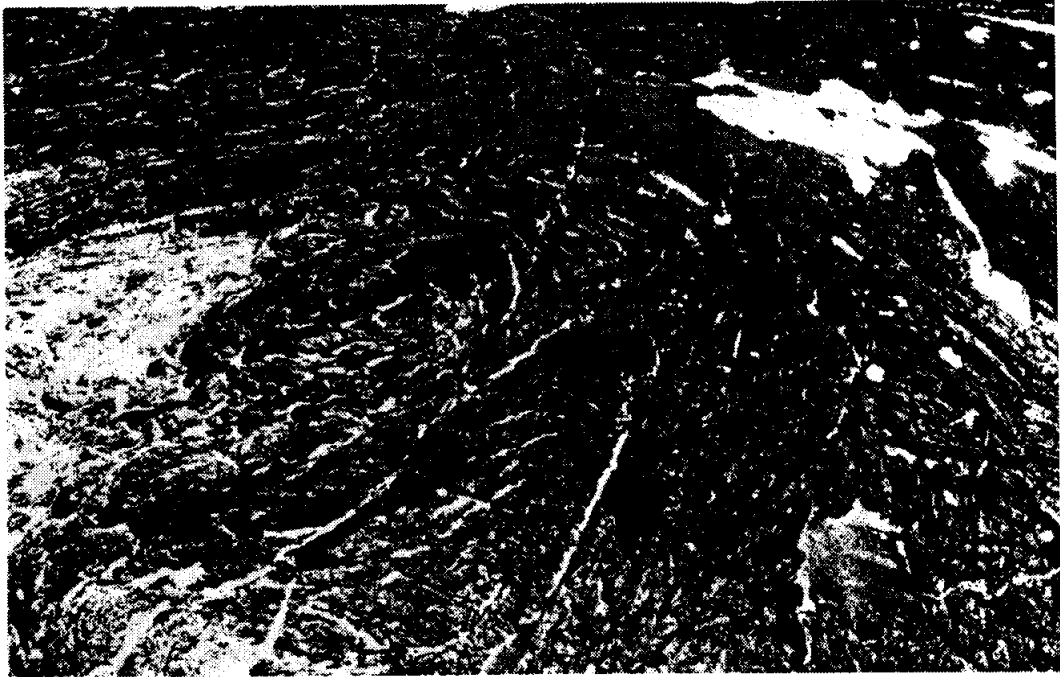
เกือบขาวจะเห็นในภาพถ่ายเป็นสีขาวหรือสีอ่อนมาก ส่วนหินน้ำเค็มระเหย (EVAPORITES) ซึ่งเป็นหินชั้นที่ประกอบด้วยแร่ที่ตกตะกอนเนื่องจากน้ำเค็มระเหยเช่น บิมซิม แอนไฮไดรต์ (ANHYDRITE) จะเห็นในภาพถ่ายเป็นสีอ่อนและบางครั้งเห็นเป็นแถบค้ำย

4.1.3 หินแปร (METAMORPHIC ROCK) เป็นหินที่เกิดจากการแปรสภาพจากหินเดิมคือหินอัคนีหรือหินชั้น ภายใต้ขบวนการแปรสภาพที่สำคัญ 2 ขบวนการคือ การแปรสภาพสัมผัส (CONTACT METAMORPHISM) ซึ่งเกิดจากการแทรกคั่นของหินหนืดขึ้นมาสัมผัสกับหินเดิม ความร้อนและสารจากหินหนืดจะทำให้หินบริเวณนั้นแปรสภาพไปจากเดิม อีกขบวนการคือ DYNAMOTHERMAL METAMORPHISM ซึ่งมีความร้อนและความกดดันเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้หินเดิมแปรสภาพไป หินแปรนี้บางชนิดอาจยังมีแร่คล้ายคลึงกับหินเดิมแต่บางชนิดก็มีโครงสร้างภายในและเนื้อหินที่แตกต่างไปจากหินเดิมโดยสิ้นเชิงหินแปรที่พบเสมอคือ หินไนส์ หินชีสต์และหินชนวน การแปรหินแปรจากภาพถ่ายทางอากาศจะยากกว่าหินชั้นและหินอัคนีมากจึงขอกล่าวเพียงสั้น ๆ

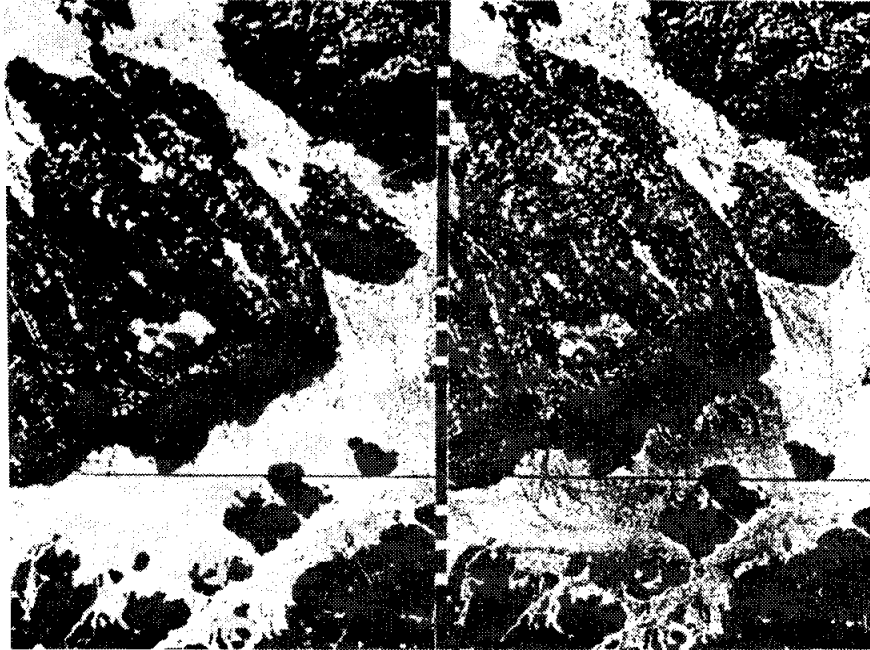
หินไนส์ ส่วนมากจะแปรสภาพมาจากหินแกรนิต แร่ประกอบหินจะเรียงตัวเป็นแถบเป็นลายสลับสีกัน รูปแบบการระบายน้ำเป็นแบบกึ่งไม้ซึ่งหักเป็นมุมเนื่องจากการเกิดรอยแตก (FRACTURE) ริวรอยขนาน (FOLIATION) นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นไนส์ได้จากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นประเภทเขาขอยแบ่ง (DISSECTED HILLS)

หินชีสต์ เกิดจากการแปรสภาพของหินอัคนี จะมีลักษณะการแตกเป็นแผ่นบาง ๆ ในเขตอากาศชื้นคืนที่ปกคลุมหินชีสต์อาจทำให้มองไม่เห็นลักษณะแผ่นบาง ๆ ใด ในเขตแห้งแล้งหินชีสต์จะบุพังจนกลายเป็นหินโคลที่ขรุขระ รูปแบบการระบายน้ำบนหินชีสต์จะเป็นแบบทิ้งฉาก

หินชนวน เกิดจากการแปรสภาพของหินดินดานภายใต้ความกดดันชั้นต่ำ หินชนวนจะทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศที่ทุรกันดารในทุกเขตภูมิอากาศระบบการระบายน้ำ



a



รูป 4.6

- a ฟินแฟรประเภหินไนส์
- b สเตอริโอแกรมแสดงหินซิสต์

ที่มา :: T.Eugene Avery, Interpretation of Aerial Photographs, 1968, หน้า 224.

เป็นแบบทั้งฉากที่เห็นชัดกว่าในหินดินคานหรือหินซิสต์ หินชนวนจะมีสีเทาอ่อนในภาพถ่ายทางอากาศ

โครงสร้างของหินจะทำให้เกิดรูปแบบการระบายน้ำที่ต่างกัน เช่นหินที่มีความแน่นทึบสม่ำเสมอโดยทั่วไปจะเกิดการระบายน้ำแบบกึ่งไม่ที่ไม่แสดงการควบคุมของโครงสร้างเลย อย่างไรก็ตามรูปแบบการระบายน้ำบางชนิดอาจจะเกิดจากอิทธิพลของภูมิอากาศ ความลาดชันของพื้นที่ กระบวนการแปรโครงสร้างของเปลือกโลกก็ได้

ความหนาแน่นและเนื้อของลำธารยังสัมพันธ์กับชนิดโครงสร้างและการวางชั้นหินด้วย เช่น หินดินคาน และหินที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ง่ายชนิดอื่น ๆ นั้นโดยทั่วไปจะมีรูปแบบการระบายน้ำแบบกึ่งไม่ที่มีร่องธารเล็กและประชิดกันมาก เพราะพื้นที่ตกลงมาส่วนใหญ่จะไหลผ่านไปบนผิวดินแทนที่จะซึมลงใต้ดิน ตัวอย่างเช่นภูมิประเทศแบคแลนด์ (BADLANDS) มักจะเกิดขึ้นบนหินดินคาน ดินมาร์ลที่พืชพรรณธรรมชาติขึ้นน้อย และมีระดับน้ำใต้ดินต่ำ หินทรายจะมีรูปแบบการระบายน้ำแบบกึ่งไม่ที่มีเนื้อหยาบ เพราะเป็นหินที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย น้ำจึงทำการกัดกร่อนแบบผิวแฉก (SHEETWASH) มากกว่าจะเป็นแฉกร่องธาร (GULLY) เป็นต้น

นอกจากหินแล้วดินชนิดต่าง ๆ ก็ให้สีในภาพถ่ายต่างกันโดยขึ้นอยู่กับการระบายน้ำและเนื้อของดิน โดยทั่วไปดินที่มีการระบายน้ำเร็วเนื้อดินละเอียดจะเห็นเป็นสีค่า ในขณะที่ดินที่มีการระบายน้ำดีและมีเนื้อดินหยาบจะมีสีอ่อน ดังนั้นในสภาวะปกติแล้วหินทรายที่มีความพรุนในเขตเนินตะกอนรูปพัด คันดินธรรมชาติและบริเวณที่พบธรณีสัณฐานที่เกิดจากการกระทำของลมจะเห็นเป็นสีขาวถึงเทาอ่อน ในขณะที่ดินเหนียวในบริเวณที่ระบายน้ำท่วมถึงหรือท้องทะเลสาบจะเห็นเป็นสีเทาเข้มถึงเทาปานกลาง แคลสภาพการระบายน้ำเร็วแม้ว่าเนื้อดินหยาบก็อาจปรากฏเป็นสีค่าได้ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงเศษซากอินทรีย์วัตถุที่ทับถมด้วย ถ้าเห็นรอยหย่อมสีค่าบนพื้นผิวสีขาวในภาพถ่ายอาจเนื่องมาจากการสะสมของเศษซากอินทรีย์วัตถุหรือความชื้นของดินบริเวณนั้นสูงซึ่งจะสะท้อนให้เห็นว่าเป็นที่เหมาะกับ



การเจริญเติบโตของพืชพรรณธรรมชาติมาก ถ้าเห็นเป็นรอยสีชาวมบนพื้นผิวสีค่าจะแสดงถึงการระบายน้ำที่คั่งขึ้นเนื่องมาจากสภาพลักษณะภูมิประเทศหรือความหยาบของเนื้อดินก็ได้

พืชพรรณธรรมชาติก็มีความสัมพันธ์กับหินดินที่พืชปกคลุมอยู่ ดังนั้นลักษณะของพืชพรรณที่มองเห็นจากทางอากาศก็นับว่ามีความสำคัญเช่นเดียวกัน บริเวณหินดินคานและหินปูนในเขตร้อนจะมีพวกหญ้าขึ้น ส่วนบริเวณหินทรายที่มีความพรุนมากจะพบพวกไม้พุ่มหรือต้นไม้ขึ้น อย่างไรก็ตามอาจมีสิ่งทีก่อให้เกิดความผิดปกติขึ้นได้ เช่นการปลูกป่า การเลี้ยงสัตว์ การเพาะปลูกและกิจกรรมอื่น ๆ ของมนุษย์ที่รบกวนสภาพพืชพรรณตามธรรมชาติอย่างรุนแรง ดังนั้นผู้แปลภาพจะต้องทราบว่าการกระจายของพืชพรรณธรรมชาติในบริเวณที่กำลังศึกษานั้นเป็นลักษณะตามธรรมชาติจริงหรือไม่

#### 4.2 โครงสร้างที่เกิดจากการจัดวางตัวของชั้นหิน

คงได้กล่าวแล้วว่าหินชั้นเป็นหินสำคัญที่เรามองเห็นมากที่สุดในภาพถ่ายทางอากาศ ในหัวข้อนี้เราจะกล่าวเฉพาะการจัดวางตัวของหินชั้นเท่านั้น

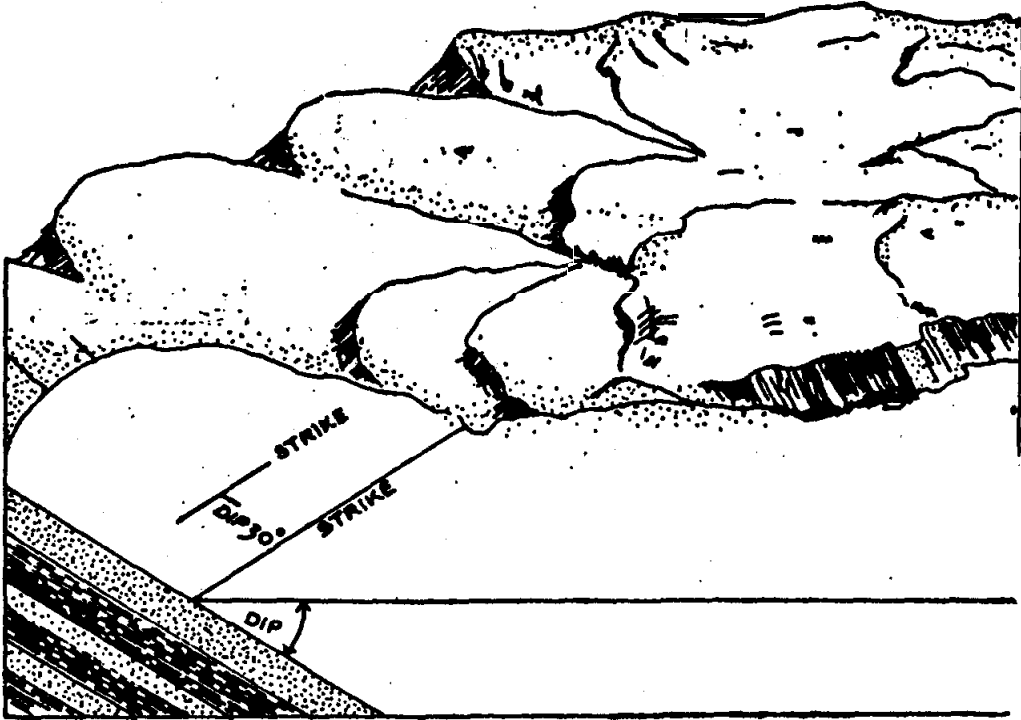
##### 4.2.1 มุมเทและแนวระกำ (DIP AND STRIKE)

มุมเทและแนวระกำจะบอกให้ทราบถึงทิศทางและการเอียงตัวของชั้นหินซึ่งจะช่วยให้เราแปลโครงสร้างต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

มุมเทคือมุมที่เกิดจากระนาบของโครงสร้างทางธรณีวิทยาตัดกับระนาบแนวนอน ทิศทางของแนวเทจะตั้งฉากกับแนวระกำ มุมเทจะมีค่าระหว่าง  $1^{\circ}$ - $90^{\circ}$  ส่วนแนวระกำคือแนวตามระนาบที่ขนานกับผิวหน้าของชั้นหินที่เอียงและจะตั้งฉากกับมุมเทเสมอ

##### 4.2.2 ธรณีสัณฐานที่เกิดจากชั้นหินวางตัวในแนวระนาบหรือเกือบระนาบ

ในบริเวณชั้นหินที่วางตัวในแนวระนาบหรือเกือบระนาบเกิดถูก



รูป 4.7 แสดง Dip, Strike.

ยกตัวสูงขึ้น และถูกกัดกร่อนจะทำให้เกิดที่ราบขนาดต่าง ๆ กันขึ้น ถ้ามีขนาดใหญ่มาก จะเป็นลักษณะของที่ราบสูงที่เกิดจากโครงสร้างบังคับ (STRUCTURAL PLATEAU) ถ้าเล็กลงมามีขนาดประมาณ 1-2 ตารางกิโลเมตรเรียกว่าเนินเมซา (MESA) ถ้าเหลือเป็นแคเนินขอกบ้านเล็ก ๆ จะเรียกว่าเนินบุต (BUTTE)

ถ้าเป็นเนินเขาที่ชั้นหินวางตัวในแนวระนาบและมีชั้นหินอ่อนสุดขอบบนขอกเนิน และล้อมรอบด้วยชั้นหินที่มีอายุมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงหินชั้นล่างสุดจะมีอายุมากที่สุด ชั้นหินที่ถูกล้อมรอบนั้นเรียกว่าหินตกชาก (OUTLIER) ตรงกันข้ามถ้าชั้นหินบนสุดมีอายุมากที่สุด ล้อมรอบด้วยชั้นหินที่มีอายุน้อยลงมาถึงหินชั้นล่างสุดจะมีอายุน้อยที่สุดแล้ว ชั้นหินที่ถูกล้อมรอบจะเรียกว่าหินเขย (INLIER) ถ้ามองจากทางอากาศหินตกชากจะมีลักษณะคล้ายหินที่มีอายุมากล้อมรอบหินที่มีอายุน้อย และหินเขยจะมีลักษณะคล้ายหินที่มีอายุน้อยล้อมรอบหินที่มีอายุมาก

ในกรณีที่ชั้นหินมีความแข็งและอ่อนวางตัวสลับกัน ชั้นหินเหล่านี้จะกำหนดกระบวนการกัดกร่อนและบุฟงอยู่กันที่ต่างกัน เมื่อชั้นหินเหล่านี้ผ่านกระบวนการกัดกลาวจะทำให้เกิดลาคเขาที่มีจุดเปลี่ยนความลาดมากมาย ส่วนโค้งบน (CONVEX) จะเป็นลาคเขาตอนที่หินกำหนดการสึกกร่อนโคคี่และส่วนโค้งเว้า (CONCAVE) จะเป็นลาคเขาตอนที่หินกำหนดการสึกกร่อนโคคี่น้อยกว่า ถ้าชั้นหินที่กำหนดการสึกกร่อนหนาประมาณ 10 เมตรหรือกว่านั้นจะเห็นลาคเขามีลักษณะคล้ายชั้นมันไคอย่างชัดเจนในภาพถ่าย ถ้าหนาเพียงแค่ 2 - 3 เมตรช่วงการเปลี่ยนแปลงความลาดในลักษณะภูมิประเทศของชั้นมันไคอาจจะมองเห็นได้ยากในภาพถ่าย ในเขตอากาศชื้นลักษณะภูมิประเทศที่เกิดขึ้นจะไม่แตกต่างเด่นชัดมากเท่าในเขตอากาศร้อน

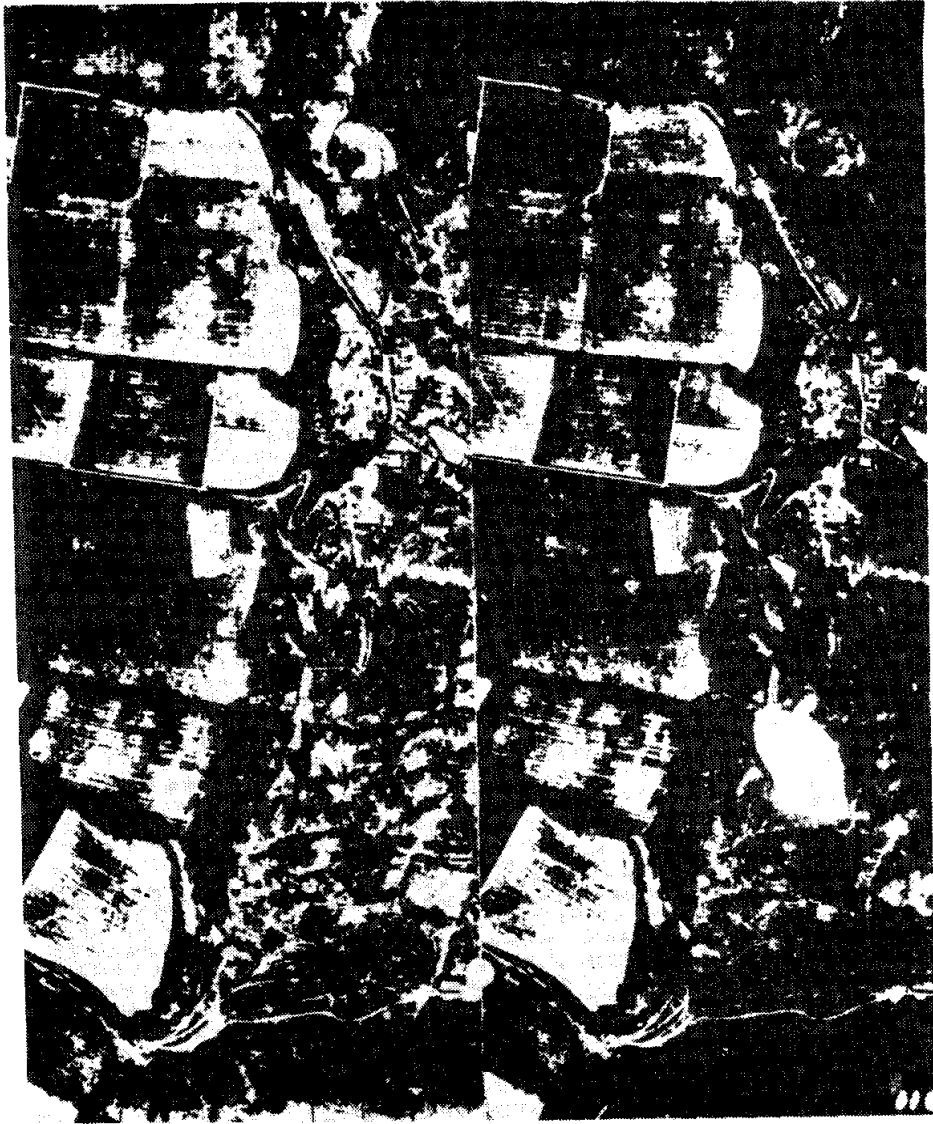
#### 4.2.3 ธรณีสัณฐานที่เกิดจากชั้นหินมีการเอียงตัว

ในกรณีที่ชั้นหินเอียงตัวเล็กน้อยทำมุมประมาณ 5 - 10 องศา

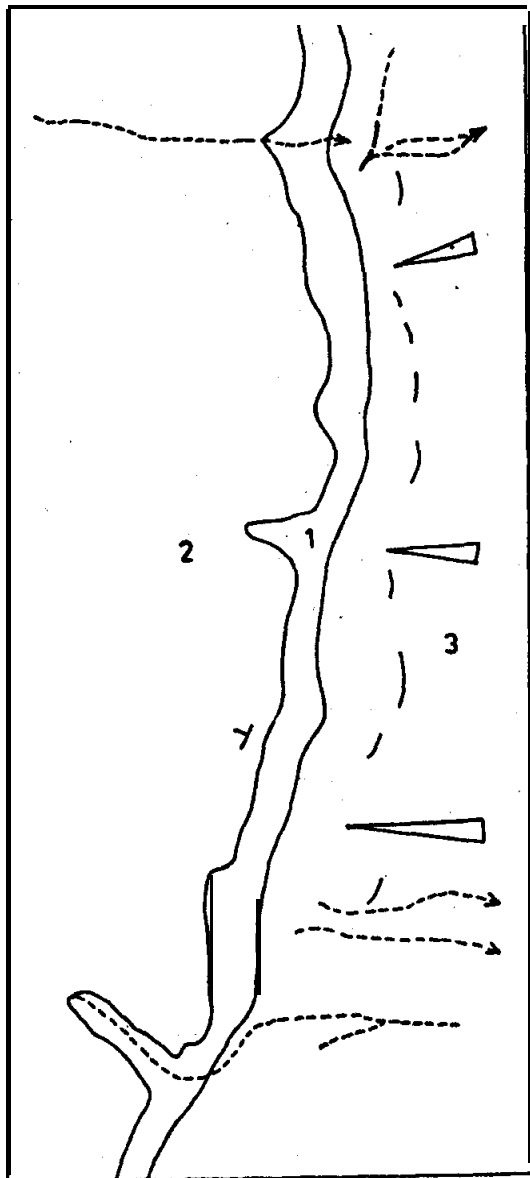


รูป 4.8 ภาพถ่ายที่แสดงการเคลื่อนของสันหลังหมูเนื่องจากเกิดการขยเลื่อน

ที่มา : William D. Thornbury, Principles of Geomorphology, 1969, หน้า 243.



รูป 4.9 ตัวอย่างบริเวณเกษตร



## LEGEND

1' CUESTA SACK SLOPE

2' CUESTA FACE SLOPE

3' FOOTSLOPE

 OUTCROPPING LITHOLOGICAL LAYER

 UP AND STRIKE

 FOOTSLOPE DIRECTION

 DRAINAGE

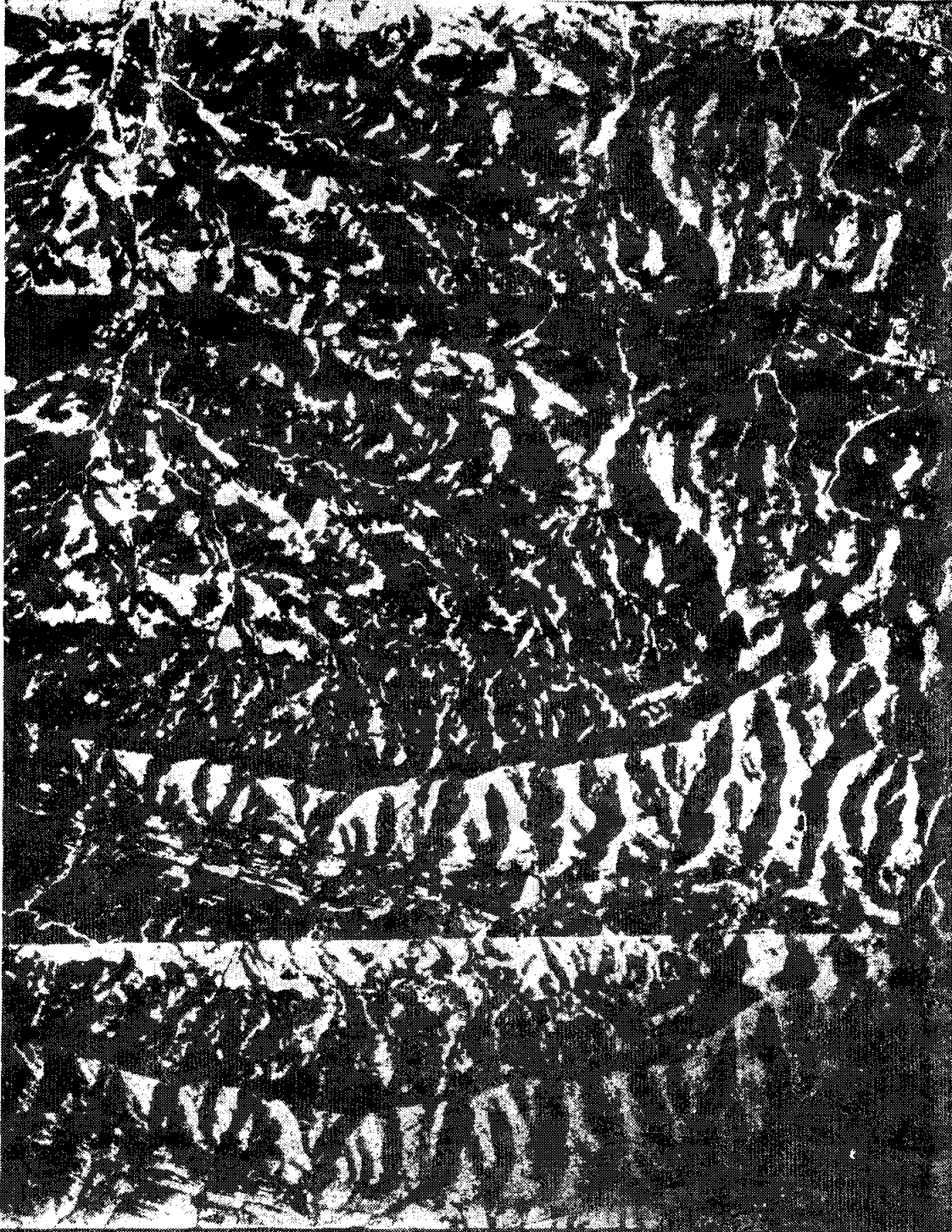
การแปลรูป 4.9

ที่มา : คัดแปลงจาก R.A.van Zuidam and F.I.van Zuidam - Cancelado Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs, 1978 - 79, หน้า 116.

และประกอบด้วยชั้นหินที่แข็งและอ่อนแตกต่างกัน หินแข็งจะต้านทานการสึกกร่อน ส่วนหินที่อ่อนจะง่ายต่อการพังทลาย ดังนั้นในส่วนของหินแข็งจะทำให้เกิดสันเขาอสมมาตร (ASYMMETRICAL RIDGE) ซึ่งจะมีความลาดชันทั้ง 2 ด้านไม่เท่ากัน โดยด้านหนึ่งจะมีความลาดชันมากเรียกว่ายารัน (ESCARPMENT) ส่วนอีกด้านจะลาดและมักจะมีลาดตามแนวเท (DIP SLOPE) ไปในทิศทางเดียวกันกับแนวเทของชั้นหินที่รองรับอยู่ข้างใต้ ธรณีสัณฐานนี้จะเรียกว่าเขาเคลสตา (CUESTA) ถ้ามุมเทของชั้นหินมากขึ้นจะทำให้เกิดลาดชันมากกว่าเขาเคลสตา ในกรณีที่ความลาดชันเท่ากันจะทำให้เกิดธรณีสัณฐานที่เรียกว่าสันหลังหมู (HOGBACK) ขึ้น ถ้าชั้นหินเอียงเกือบเป็นแนวตั้งหรือมุมฉากจะเกิดเป็นแนวยาวขึ้นในชั้นของหินแข็งที่เรียกว่าไดค์ (DIKE)

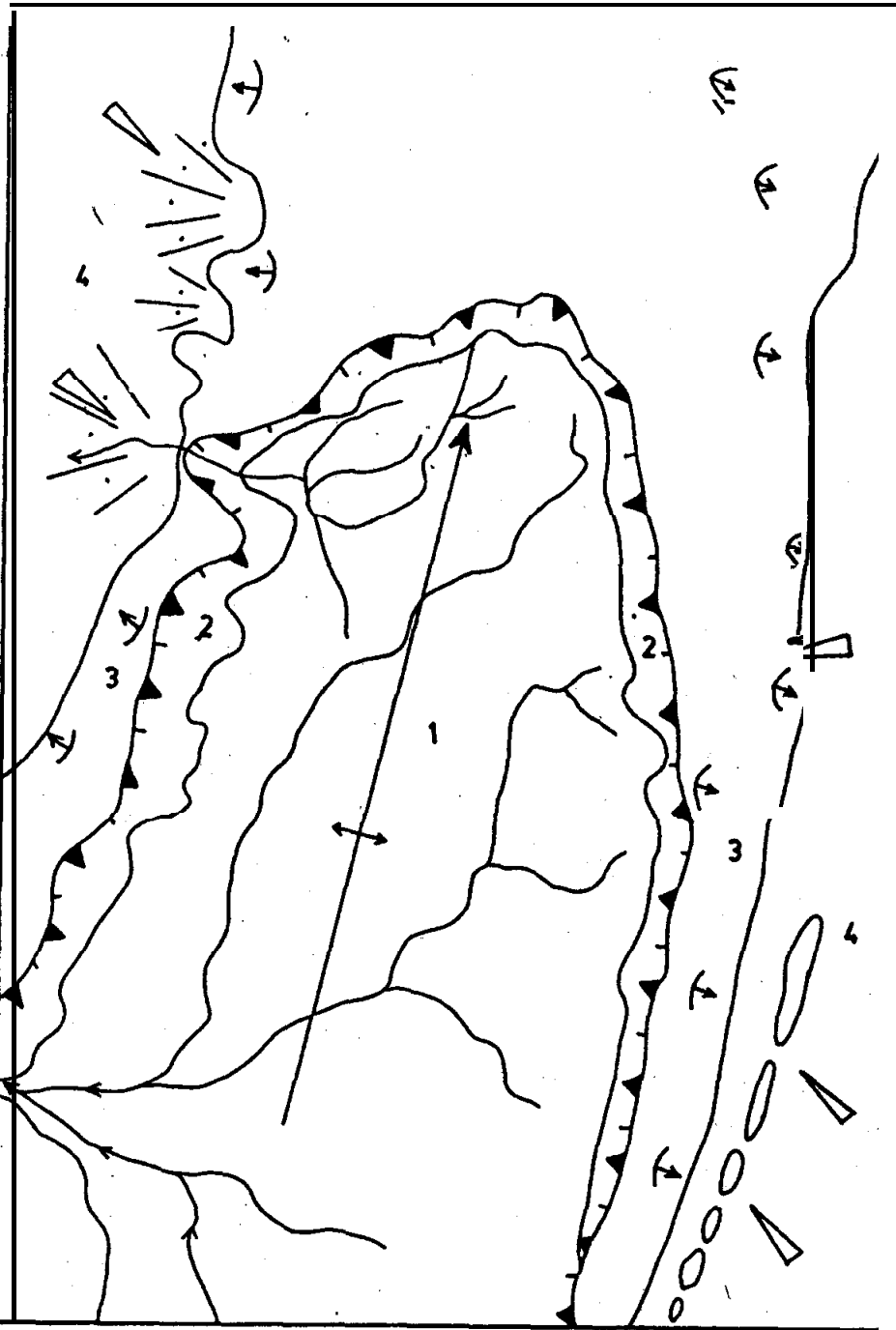
#### 4.3 โครงสร้างรอยคคโค้ง (FOLDED STRUCTURE)

ชั้นหินเปลือกโลกส่วนที่ไม่มั่นคงอาจถูกบีบจากแรงความเค้นและความเครียดภายในเปลือกโลกจนทำให้เกิดรอยคคโค้งคล้ายลูกคลื่นขึ้น รอยคคโค้งที่เกิดขึ้นอาจมีขนาดเล็กเพียงไม่กี่เซนติเมตรไปจนถึงขนาดใหญ่หลาย ๆ กิโลเมตรก็ได้ การคคโค้งของชั้นหินจะทำให้เกิดส่วนที่โค้งนูนขึ้นมาเรียกว่าชั้นหินโค้งรูปประทุน (ANTICLINE) โดยมีมุมเทออกจากแกน (LIMB) ทั้งสองด้านชั้นหินที่อยู่บริเวณใจกลางจะเป็นชั้นหินที่มีอายุมากที่สุด ส่วนชั้นหินคานนอกสุดจะมีอายุน้อยที่สุด และเกิดส่วนที่โค้งเว้าลงไปเรียกว่าชั้นหินโค้งรูปประทุนหงาย (SYNCLINE) โดยมีมุมเทเอียงเข้าหาแกน และมีชั้นหินตรงบริเวณใจกลางเป็นชั้นหินอายุน้อยที่สุดส่วนชั้นหินคานนอกสุดจะมีอายุมากที่สุด ถ้ารอยคคโค้งที่เกิดขึ้นมีชั้นหินสองข้างทำมุมกับแกนของรอยคคโค้งเท่ากันจะเรียกว่ารอยคคโค้งสมมาตร (SYMMETRICAL FOLD) แต่ถ้ายรอยคคโค้งมีชั้นหินสองข้างทำมุมกับแกนของรอยคคโค้งไม่เท่ากันจะเรียกว่า รอยคคโค้งอสมมาตร (ASYMMETRICAL FOLD)



รูป 4.10 ตัวอย่างบริเวณ Eroded anticline.





การแปลรูป 4.10 (ดู Legend ประกอบในหน้า 60)

ที่มา : คัดแปลงจาก R.A.van Zuidam and F.I.van Zuidam - Cancelado, Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs, 1978 - 79, หน้า 122.

## LEGEND

- 1) ERODED ANTICLINE (COMBE)
- 2) FRONT SLOPE
- 3) BACKSLOPE
- 4) FOOTSLOPE WITH SOME FAN

 FOOTSLOPE DIRECT I ON

 ANTICLINE AXIS

 DIPSLOPE

 MAJOR SCARP

 ALLUVIAL FAN

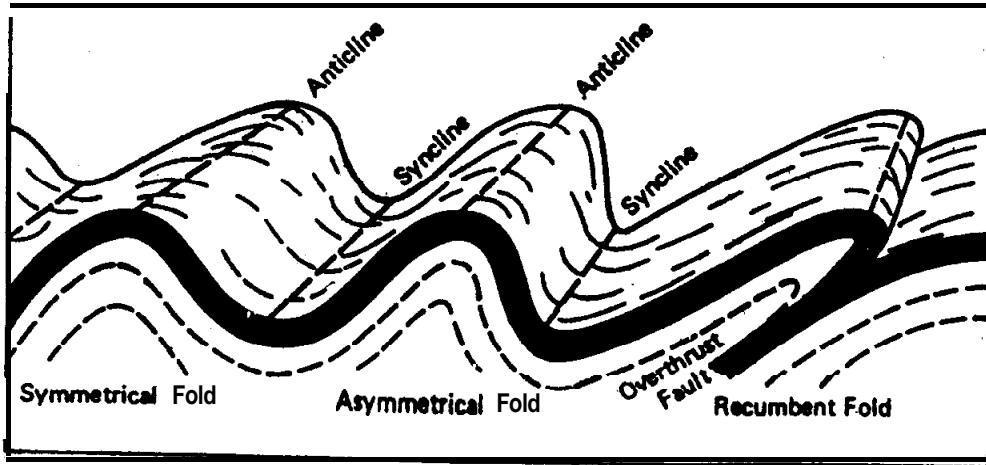
 DRAINAGE

รอยคคโค้งที่เกิดขึ้นอาจมีลักษณะธรรมดาหรือสลับซับซ้อนขึ้นอยู่กับความรุนแรงของแรงเค้น ในกรณีที่รอยคคโค้งถูกบีบตัวให้โค้งเอียงมากจะทำให้เกิดรอยคคโค้งทอตัว (OVERFOLD) ขึ้น ถ้าแรงเค้นยิ่งรุนแรงมากขึ้นจะกลายเป็นลักษณะที่เรียกว่ารอยคคโค้งนอนทับ (RECUMBENT FOLD) ในบางครั้งชั้นหินตรงที่ถูกแรงกดกันคานแนวนอนอย่างรุนแรงทำให้โค้งตัวมากจนส่วนโค้งตอนบนย้ายลงมาทับตัวเองจะเรียกว่าชั้นหินทบตัว (NAPPE) บริเวณที่เกิดรอยคคโค้งแล้วอาจจะถูกกระบวนการกัดกร่อนทำลายทำให้เกิดธรณีสัณฐานที่มีลักษณะพิเศษออกไปอีกหนึ่งขึ้นอยู่กับการทำงานทานการกัดกร่อน เช่น เราจะดูชั้นหินโค้งรูปประทุนที่ถูกกัดกร่อน (ERODED ANTICLINE) ได้โดยพยายามสังเกตจากลักษณะโครงสร้างเดิม

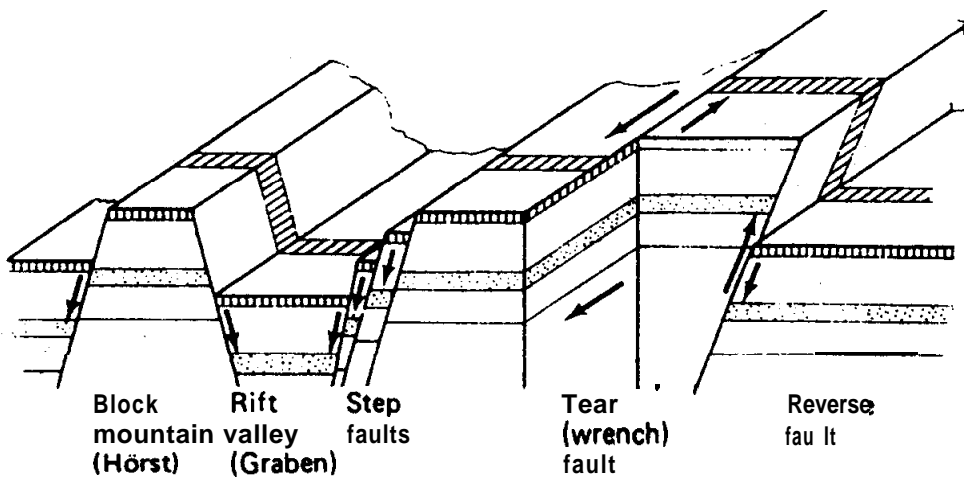
#### 4.4. โครงสร้างรอยเลื่อน (FAULTED STRUCTURE)

รอยเลื่อนเป็นรอยแตกหรือแนวคคของหินสองฟากที่เคลื่อนที่ในทิศทางที่ขนานกับรอยแตกเนื่องจากเกิดความเค้นและความเครียดขึ้นในเนื้อหินเปลือกโลก อาจเกิดภายใต้ผิวโลกโดยไม่ปรากฏบนพื้นดินหรือโผล่ขึ้นมาปรากฏให้เห็นบนพื้นดินก็ได้ การวางตัวของรอยเลื่อน (FAULT ATTITUDE) เราวัดได้จากแนวระคัม (STRIKE) ของรอยเลื่อน (ทิศทางที่ระนาบรอยเลื่อนตัดกับระนาบแนวนอน) และจากมุมเทของรอยเลื่อน (คามุมเทซึ่งระนาบรอยเลื่อนตัดกับระนาบแนวนอน) ซึ่งวัดในทิศทางที่ตั้งฉากกับแนวระคัม

รอยเลื่อนที่เกิดอาจจะยาวเพียงแค่ 2 - 3 เซนติเมตรหรือยาวเป็นสิบลม ๆ กิโลเมตรก็ได้ การเลื่อนตัวของหินในทิศทางต่าง ๆ ทำให้เกิดรอยเลื่อนแบบต่าง ๆ ขึ้น เช่น ถ้าหินสองฟากรอยเลื่อนเกิดเคลื่อนขึ้นลงตามสภาพความคึงตูดของโลกโดยปกติจะเรียกว่ารอยเลื่อนปกติ (NORMAL FAULT) ถ้าหินสองฟากรอยเลื่อนเคลื่อนตัวย้อนทางกับความคึงตูดของโลก จะเรียกว่ารอยเลื่อนย้อน (REVERSE FAULT) แต่ถ้าหินทั้งสองฟากรอยเลื่อนเคลื่อนตัวไปทางซ่าง ๆ โดยแนวรอยเลื่อนขวางแนวนอนของชั้นหินและไม่มีการยกตัว



รูป 4.11 รอยคดโค้งแบบต่าง ๆ



รูป 4.12 รอยเลื่อนแบบต่าง ๆ



รูป 4.13 โครงสร้างรอยเลื่อน

ที่มา : C.R.Twidale, Analysis of Landforms, 1976,  
หน้า 99.

ของชั้นหินเรียกว่า รอยเลื่อนเหลื่อมข้าง (TEAR FAULT) หน้าผาที่ปรากฏขึ้นหลังจาก  
เกิดรอยเลื่อนเรียกว่าผารอยเลื่อน (FAULT SCARP) ซึ่งจะมีทั้งทรงและคคโค้งขึ้นอยู่กับ  
กับอัตราความรุนแรงในการเลื่อน การพุ่งหลายและการต้านทานการลึกร่อน

การเกิดรอยเลื่อนมักไม่เกิดเดี่ยว ๆ แต่มักจะเกิดเป็นจำนวนมาก ผลที่  
เกิดภายหลังการเลื่อนตัวก็คือเปลือกโลกบางส่วนจะยุบหรือต่ำกว่าบริเวณอื่น ส่วนของ  
แผ่นดินที่ยกสูงกลายเป็นเขาที่ถูกยกตัวขึ้นตามแนวรอยเลื่อนเรียกว่าฮอร์สต์ (HORST)  
และส่วนทรุกต่ำที่อยู่ระหว่างฮอร์สต์สองข้างเรียกว่าแ่งกราเบน (GRABEN) หรือบางครั้ง  
เรียกว่าหุบเขาทรุก (RIFT VALLEY)

ลักษณะบางประการซึ่งบางครั้งอาจใช้พิสูจน์ทราบว่าเกิดรอยเลื่อนขึ้นในภาพถ่าย  
ทางอากาศคือ

1. ลักษณะภูมิประเทศ อาจปรากฏว่าคานเลื่อนขึ้น (UPTHROWN PART) ก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศที่สูงขึ้นไป ส่วนคานเลื่อนลง (DOWNTROWN PART) อาจทำให้เกิดเป็นแอ่งและทะเลสาบขึ้นได้ ถ้าเป็นการเลื่อนตัวในแนวระนาบเราอาจจะ  
ต้องเฝ้าดูเมื่อลักษณะภูมิประเทศนั้นเกิดการเลื่อนตัวขึ้นอีกในหินฟากตรงข้าม

2. แนวตรงที่มีรูปร่างและความเข้มของสีที่แตกต่างออกไปจะเป็นสิ่ง  
ชี้บอกแนวรอยเลื่อนในภาพถ่ายทางอากาศ

3. การเปลี่ยนแปลงสี พืชพรรณธรรมชาติ รูปแบบการระบายน้ำ  
โดยพื้นที่จะชี้ให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะหินเกิดขึ้น

4. เกิดการเปลี่ยนแปลงของชั้นหินทันทีหรือชั้นหินเกิดหายไป จะเป็น  
สิ่งชี้บอกที่ง่ายที่สุดว่าเกิดรอยเลื่อนในภาพถ่ายทางอากาศ

## 5. ลักษณะของน้ำพุและน้ำซึมที่เกิดจากหินที่มีรอยเลื่อน

### 4.5 โครงสร้างภูเขาไฟ (VOLCANIC STRUCTURE)

ลักษณะภูมิประเทศที่เกี่ยวข้องกับภูเขาไฟจะพิสูจน์ทราบจากภาพถ่ายทางอากาศได้ไม่ยากนัก และลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่จะเกิดจากการทับถมของลาวาและวัสดุอื่น ๆ ที่ปะทุจากภูเขาไฟซึ่งทำให้เกิดธรณีสัณฐานที่เด่นแตกต่างออกไปจากธรณีสัณฐานที่เกิดจากตัวกระทำอื่น ๆ มาก

ภูเขาไฟเกิดจากการปะทุของหินหนืดที่ร้อน แรงแค้นสูงออกมาออกผิวโลก หินหนืดจะประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ถูกเขาสะลายในอุณหภูมิสูงภายใต้เปลือกโลกและยังมีก๊าซอีกมากมายหลายชนิดด้วย เมื่อหินหนืดปะทุพ้นเปลือกโลกออกไปจะเรียกว่าลาวา (LAVA) และลาวาที่ไหลลามาออกไปจากปล่องภูเขาไฟเรียกว่าธารลาวา (LAVA FLOW) เมื่อภูเขาไฟปะทุนอกจากลาวาไหลออกมาแล้วยังมีวัสดุภูเขาไฟอื่น ๆ ออกมาอีกด้วยคือก๊าซและพวกไพโรคลาสติก (PYROCLASTIC MATERIALS) เช่น ภูเขาไฟ (CINDER) ซี้เต้า เป็นต้น

4.5.1 การปะทุของภูเขาไฟ การปะทุของภูเขาไฟมีหลายชนิด โดยทั่วไปจะแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดคือ

1. ชนิดฮาวายเอียน (HAWAIIAN TYPE) การปะทุจะไม่รุนแรง ลาวาที่ไหลออกมาเป็นพวกลาวาบะซอลท์ที่เหลวและมักจะไหลออกจากปากปล่องใหญ่แต่จะไหลออกมาจากรอยแตกแยกตามขอบข้างภูเขาไฟ

2. ชนิดสโตรมโบลีเนียน (STROMBOLIAN TYPE) การปะทุจะเกิดเป็นครั้งคราว ลาวาที่ไหลออกมาจะหนืดมากกว่าชนิดแรกและจะมีพวกไพโรคลาสติก เช่น ซี้เต้า ตะกั่วภูเขาไฟ (SEORIA) ออกมาด้วย

3. ชนิดโวลคาเนียน (VOLCANIAN TYPE) การปะทุระเบิดเป็นไปในทางคั่งและรุนแรงมากขึ้น อวาระจะยิ่งขึ้นหนักมากขึ้นและจะแข็งตัวทันทีที่สัมผัสกับอากาศ ระหว่างการปะทุจะมีเศษหินหินทรายและขี้เถ้าออกมามากด้วย

4. ชนิดพีเลียน (PELEAN TYPE) การปะทุระเบิดจะรุนแรงมากทำให้ห้องฟ้าเต็มไปด้วยเถ้าถ่าน ก๊าซและก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากด้วย อวาระอาจไหลออกมาจากปล่องด้านข้างไคด้วยเนื่องจากมีแรงกดดันจากภูตืหลัก (NUÉE ARDENTE) ซึ่งประกอบด้วยมวลก๊าซ ไอน้ำร้อนภูตืและฝุ่นภูเขาไฟที่ร้อนและมีอุณหภูมิสูงมากกันทะลวงให้ปล่องเปิดออกมา อวาระจะเป็นอวาระกรกที่ขึ้นหนักมากที่สุด

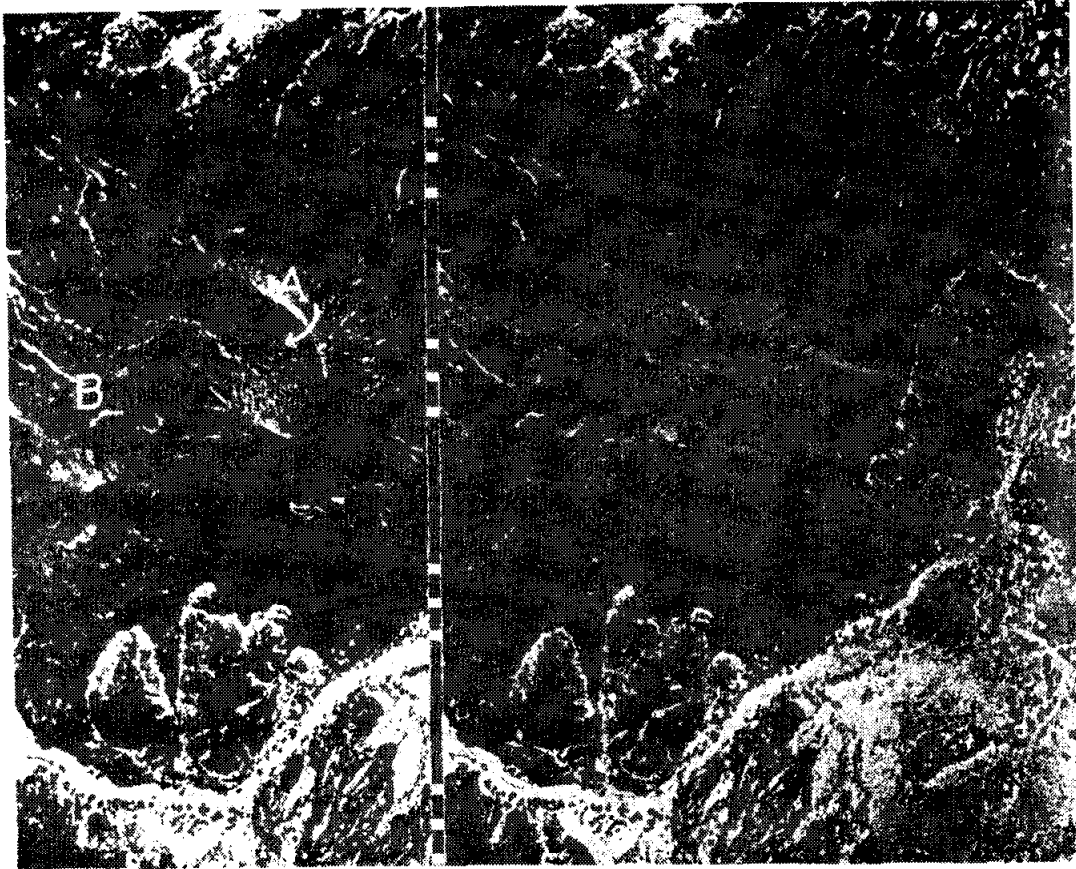
การปะทุของภูเขาไฟทำให้เกิดธรณีธรรม์ฐานต่าง ๆ ขึ้นหลายแบบ

4.5.2 รูปร่างภูเขาไฟ มีหลายแบบ พอดีแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ไคดังนี้

1. แบบกรวยซับซ้อน (STRATO, COMPOSITE VOLCANOES) มีรูปร่างสูงชันที่เกิดจากการทับถมของลาวาซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นประเภทแอนดิไรต์หรือไรโอไลต์ที่หนักขึ้นไหลไปไคไคสลับชั้นกับพวกโทโรคาสติก ความลาดชันด้านข้างอาจถึง 30 องศาหรือมากกว่านี้ การปะทุในครั้งหลัง ๆ อาจจะทำให้ขึ้นบริเวณขอบข้างที่ต่ำลงมาทำให้เกิดกรวยกาฝาก (PARASITE CONE) ขึ้นไค ภูเขาไฟที่สำคัญของโลกจะเป็นแบบนี้ เช่น ภูเขาไฟฟูจิเยส เคนนาในอิตาลี ภูเขาไฟฟูจิยามาในญี่ปุ่น

2. แบบรูปโล่ (SHIELD VOLCANOES) มีรูปคล้ายโคมใหญ่ยอดแบนและกว้าง ความลาดชันน้อยโดยทั่วไปประมาณ 4 - 10 องศาเท่านั้น เกิดจากการทับถมของลาวาที่เหลว เช่น ลาวาเบซอลต์จึงไหลไปไคเป็นระยะทางไกล ๆ มากกว่าจะทำให้เกิดเป็นกรวยสูงชันมา การระบายน้ำเป็นแบบรัศมีเพราะทางน้ำจะไหลออกจากยอดโคมลงมา





รูป 4.14 สเตอริโอแกรมแสดง  
 A กรวยภูเขาไฟที่ดับแล้ว  
 B ขารลาวาบะซอลต์

ให้สังเกตระบบการระบายน้ำแบบรีสมิคานข้างของกรวยภูเขาไฟ

ที่มา :: T.Eugene Avery, Interpretation of Aerial  
 Photographs, 1968, หน้า 222.

ตามลักษณะภูเขาไฟประเภทนี้ใช้เวลาสร้างตัวหลายล้านปี ภูเขาไฟที่พบในหมู่เกาะฮาวาย จะเป็นภูเขาไฟแบบนี้

3. แบบกรวยภูเขาไฟ (CINDER CONES) เป็นแบบกรวยสูงที่เกิดจากการตกทับถมของพวกไฟโรคลาสติก เช่น ภูเขาไฟ (CINDER) ธุ้เถ้า (ASH) หรือทัฟฟ์ (TUFF) แทนที่จะเป็นลาวา ภูเขาไฟประเภทนี้ความสูงไม่มากนักระหว่าง 150 - 450 เมตร ความลาดชันระหว่าง 25 - 30 องศา ภูเขาไฟประเภทนี้ใช้เวลาสร้างตัวเพียง 2 - 3 เดือนหรือเป็นปีเท่านั้น

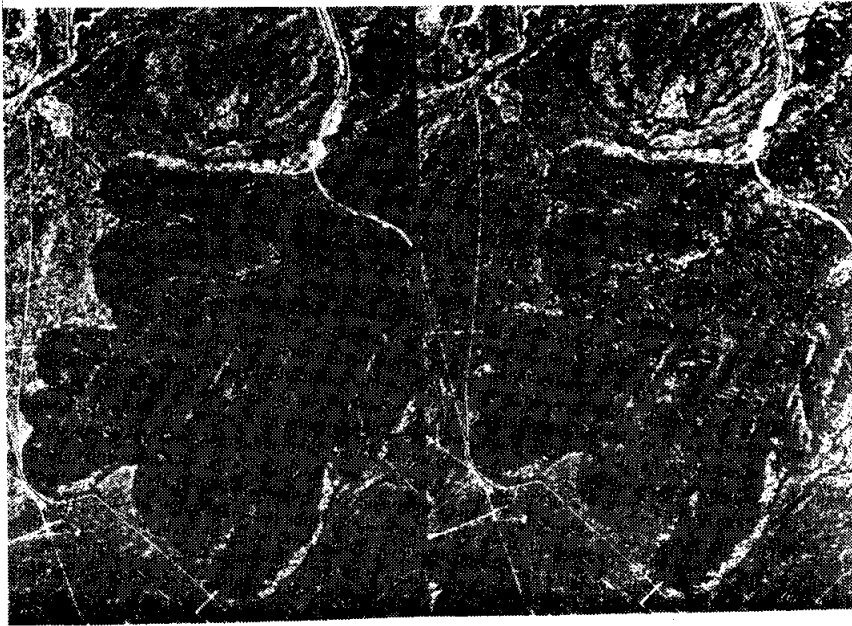
เมื่อภูเขาไฟเกิดปะทุขึ้นหลังระเบิดจะทำให้ปากปล่องพุ่งตัวลงมา เกิดเป็นพุมขนาดเล็กสูงชันเรียกว่าพุมภูเขาไฟ (CRATER) ถ้ามีขนาดกว้างใหญ่จะเรียกว่า แคลดีรา (CALDERA)

4.5.3 ขารลาวา มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับความหนืดชั้นของลาวาที่ไหลออกมา ลาวาจะมีความหนืดมากถ้ายังมีส่วนผสมของซิลิกา ( $SiO_2$ ) และอลูมินา ( $Al_2O_3$ ) มาก ลาวาที่เหลวหรือหนืดน้อยที่สุดคือลาวาเบซอลต์ (BASALTIC LAVA) ซึ่งจะประกอบด้วยซิลิกาและอลูมินาประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ ลาวาแอนดีไซท์ (ANDESITIC LAVA) จะประกอบด้วยซิลิกาและอลูมินาประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ และลาวาไรโอไลต์ (RHYOLITIC LAVA) เป็นลาวาที่หนืดมากที่สุดประกอบด้วยซิลิกาและอลูมินาประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ขารลาวาจะมีรูปร่างทั้งเรียบและไม่เรียบสม่ำเสมอซึ่งพอจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1) -อาอา (AA) เป็นขารลาวาที่มีลักษณะผิวขรุขระ เนื้อฟูและแข็งแกร่ง ทั้งนี้เพราะในลาวามีก๊าซและไอน้ำปนอยู่ด้วย เมื่อไหลเอ่อออกจากปล่องภูเขาไฟความกดดันจะลดลง ก๊าซและไอน้ำขยายตัวโตขึ้นจึงทำให้เนื้อลาวาฟู

2) ป่าโฮเอโฮเอ (PAHOEHOE) เป็นขารลาวาที่เรียบสม่ำเสมอ เกิดจากหินตะกอนที่มีความร้อนสูงและก๊าซที่แทรกซึมอยู่ในหินจะละลายค่อย ๆ ระบายออกไป

a



b



รูป 4.15

a สเทอริโอแกรมของตารางป่าขอลด

b Columnar jointing

ที่มา : Thomas M.Lillesand and Ralph W.Kiefer,  
Remote Sensing and Image Interpretation,  
1979, หน้า 225, 230.

การแข็งตัวของธารลาวาจึงเป็นไปอย่างสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน

การแปลธารลาวา ใหญ่จากรูปร่างของลาวาที่ไหลออกมาทำให้เกิดรูปร่างคล้ายดิน ชั้นของลาวานี้จะซ้อนหรือสลับชั้นกันกับพวกมูลูอาไฟท์ไค้ ธารลาวาแอนคิไซท์ และไรโอไลต์ซึ่งหนักชั้นจะมีชั้นหนาเห็นจากในภาพถ่ายทางอากาศโคเคนซัค ส่วนธารลาวา-เหลวหรือธารลาวามะขอลท์จะมีชั้นที่บางกว่าไม่เกิน 15 เมตร บนธารลาวาการระบายน้ำภายในจะดีมาก เราจึงไม่ใคร่เห็นวิวัฒนาการของรูปแบบการระบายน้ำทั้งระบบโคเคนซัค จะเห็นธารลาวามะขอลท์ในภาพถ่ายมีสีค่า ธารลาวาแอนคิไซท์มีสีเทาปานกลางและธารลาวา-ไรโอไลต์มีสีอ่อนจาง และโดยทั่วไปบนธารลาวาที่เพิ่งเกิดจะยังไม่มีการใช้ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกหรือมีพืชพรรณธรรมชาติปกคลุมจึงเห็นเป็นสีค่ากว่าธารลาวาที่เกิดุพังและมีพืชพรรณขึ้นปกคลุมแล้ว

4.5.4 ที่ราบมูลูอาไฟท์ (LAVA, CINDER AND ASH PLAIN) เป็นที่ราบที่เกิดขึ้นจากฝุ่น ซี้เถ้า มูลูอาไฟท์ ทัมมิซ (PUMICE) ตะกรันกูเขาไฟ (SCORIA) และหินกรวดเหลี่ยมขนาดต่าง ๆ ที่ปะปนออกมากับธารลาวาทัมมกัน ไกลบริเวณภูเขาไฟหรือถูกลมพัดพาไปทัมมเป็นชั้นหนาจนเกิดเป็นที่ราบกว้างขวางขึ้น ภายหลังจากปะทุใหม่ ๆ ผิวหน้าของที่ราบอาจมีลักษณะต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับส่วนประกอบ ความหนักชั้นและก๊าซในลาวา ถ้าเป็นการทัมมของธารลาวาป่าโฮเอโฮเอจะมีลักษณะเป็นคลื่นหรือเป็นสายมิกคล้ายเกลียวเชือก ถ้าเป็นธารลาวาอาอาก็จะมีผิวขรุขระมาก

4.5.5 โคมปลัก (PLUM DOME) เมื่อภูเขาไฟปะทุลาวาประเภทแอนคิไซท์ และไรโอไลต์ที่มีความหนักชั้นมากจะไม่สามารถไหลออกไปจึงแข็งตัวอยู่ในช่องปะทุของภูเขาไฟ ทำให้มีรูปร่างคล้ายแท่งหินรูปโคมขึ้น

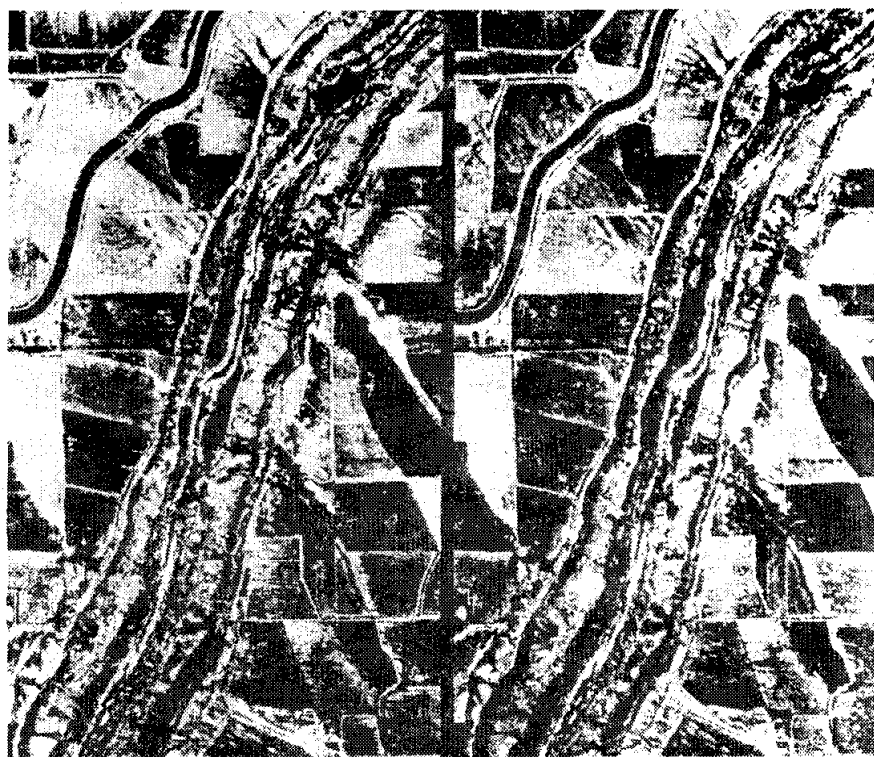
4.5.6 ลำหินปล่องภูเขาไฟ (VOLCANIC NECK) คือกรวยภูเขาไฟหรือโคมปลักเดิมที่ขานการกัดกร่อน หินส่วนที่ขานทานการสึกกร่อนจะเหลือเป็นลำหินตั้งสูงเด่นขึ้นมา

4.5.7 โคลนเคลื่อนภูเขาไฟ (VOLCANIC MUDFLOW, LAHAR) เกิดในขณะที่มีการปะทุ ฝุ่นที่ออกมาอาจจะผสมกับไอน้ำประกออบกับมีฝนตกลงมาในขณะที่ภูเขาไฟกำลังปะทุด้วย นอกจากนั้นน้ำฝนยังพัดพาเอาหินวัสดุต่าง ๆ ที่ถูกพ่นออกมาจากการปะทุครั้งก่อน ๆ มาด้วยจึงทำให้เกิดโคลนไหลเป็นระยะทางไกล ๆ ไปทับถมและก่อให้เกิดความเสียหายแก่หมู่บ้านที่ตั้งอยู่ตามเชิงภูเขาไฟ ในบางครั้งวัสดุจากโคลนไหลจะตกทับถมทำให้เกิดเนินตะกอนรูปพัดหรือที่ราบบริเวณเชิงเขาก็ได้

4.5.8 ที่ราบบะซอลท์ (FLOOD BASALT) เกิดจากธารลาวาบะซอลท์ที่ไหลออกมาตามรอยแตกแยกและทับถมตัวในแนวระนาบ การไหลออกมาอาจทับถมบริเวณเชิงเขาและหุบเขาก็ได้ทำให้เกิดเป็นที่ราบกว้างใหญ่ ธารลาวาที่ไหลออกมาแต่ละครั้งอาจจะมีหน้า 15 - 30 เมตรหรือหนากว่านี้ก็ได้ เมื่อเวลาผ่านไปอาจจะเห็นธารลาวาบะซอลท์วางตัวสลับกับหินตะกอนทะเลสาบหรือหินตกค้างอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงช่วงระยะเวลาที่ธารลาวาไหลออกมาแต่ละครั้ง การทับถมของธารลาวาอาจมีระดับต่ำหรือสูงจนเกิดเป็นที่ราบสูงกว้างใหญ่ที่เรียกว่าที่ราบสูงบะซอลท์ (PLATEAU BASALT) การทับถมของที่ราบบะซอลท์จะทำให้เกิดรอยแยกรูปเสา (COLUMNAR JOINTING) เกิดขึ้นเมื่อลาวาบะซอลท์ที่ไหลออกมาเกิดการเย็นตัวจะทำให้เกิดรอยแยกเป็นแนวสม่ำเสมอและหลายชุด หินที่แตกแยกจึงมีลักษณะเป็นแท่ง ๆ และเป็นรูปหกเหลี่ยม ลักษณะดังกล่าวนี้ช่วยให้การระบายน้ำภายในดีมาก

การแปลที่ราบบะซอลท์จะดูได้จากลักษณะของที่ราบสูงหรือที่ราบที่มีผิวเกือบเรียบ และมักจะมีลำน้ำสายใหญ่กักเซาะทำให้เกิดหุบเขาลึก จะเห็นรอยแยกรูปเสาได้ชัดในบริเวณหุบเขาและตามผนังชายชัน ทางน้ำผิวพื้นมีน้อยเพราะการระบายน้ำภายในที่มากนั่นเอง การกัดกร่อนในลักษณะร่องซารเห็นไม่เด่นชัดเว้นแต่ในบริเวณที่มีหินตกค้างปกคลุมเป็นชั้นหนา หินบะซอลท์จะมีสีดำเข้มในภาพถ่ายซึ่งโดยทั่วไปจะเห็นได้ชัดเจนตามผนังของหุบเขาและชายชันคานหน้าเพราะบริเวณอื่นอาจมีพืชพรรณธรรมชาติขึ้นปกคลุมโดยเฉพาะในส่วนที่มีหินปกคลุม

a



b



รูป 4.16

a สเทอริโอแกรมแสดง Flood basalt ที่มีการขุดประทานในเขตแห้งแล้ง  
 b สเทอริโอแกรมแสดง Flood basalt ในเขตแห้งแล้ง

ที่มา

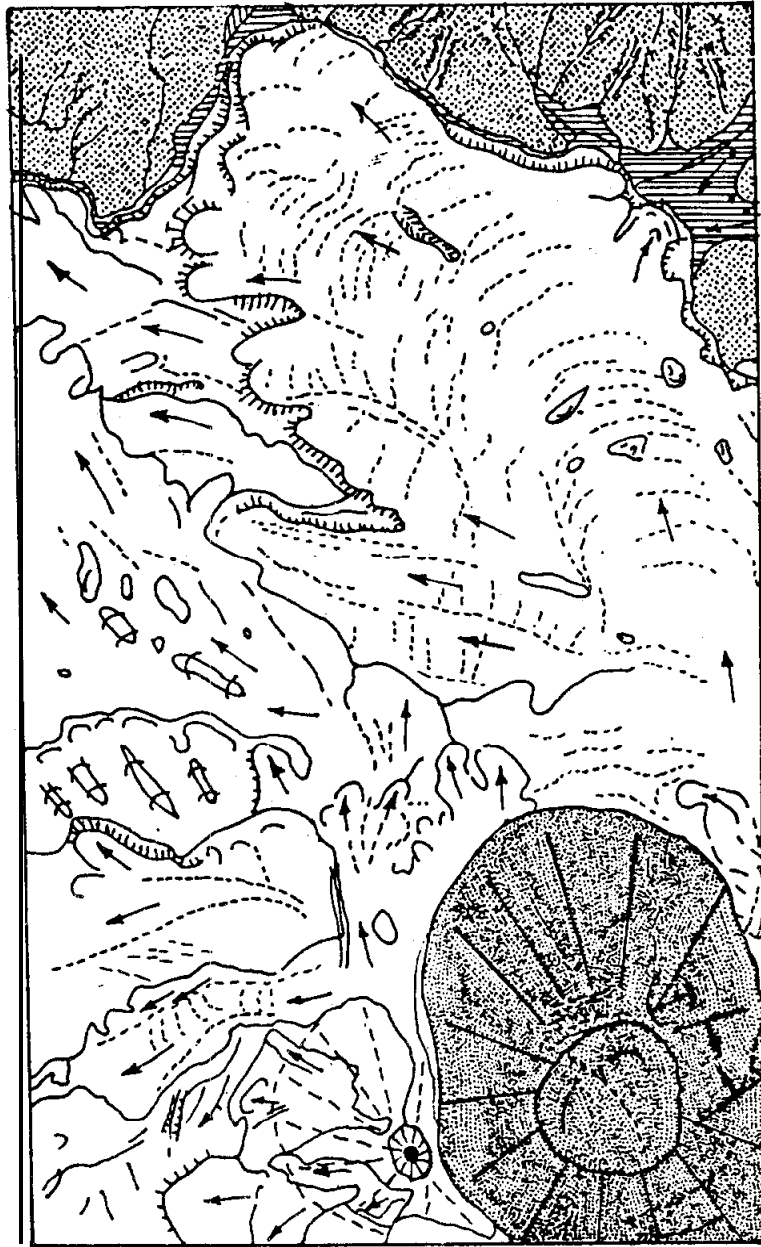
: Thomas M.Lillesand and Ralph W.Kieffer, Remote Sensing and Image Interpretation, 1979, หน้า 231, 233.

การใช้ที่ดินบริเวณที่ราบบะซอลต์ที่มีดินปกคลุมและอยู่ใกล้ลำน้ำในเขตแห้งแล้งจะใช้เพาะปลูก  
 ดินบริเวณนั้นมีการชลประทาน ถ้าทำการชลประทานไม่ไค้จะใช้เลี้ยงสัตว์หรือทิ้งว่างเปล่า  
 อาจจะมีลักษณะของแผ่นดินถล่มเกิดขึ้นบ่อย ๆ ความหนาตาของที่ราบบะซอลต์โดยเฉพาะเมื่อ  
 ล้ำธารก็ค้เขาบริเวณฐานของหน้าตา การแปลที่ราบสูงบะซอลต์ในภาพถ่ายอาจจะสับสนกับ  
 ที่ราบสูงหินทรายไค้ ข้อแตกต่างที่สำคัญของธรณีสัณฐาน 2 ประเภทนี้คือ สีของหินโคล  
 หินบะซอลท์จะมีสีค้เข้มในขณะที่หินทรายจะมีสีอ่อนในภาพถ่าย ในบริเวณที่ราบสูงบะซอลท์  
 จะเห็นรอยแยกรูปเส้า ส่วนในบริเวณหินทรายจะพบรอยแยกมากและมีทิศทางสำคัญเพียง  
 2 - 3 แนว ดังนั้นขอบของหน้าตาหรือแค่นขอบของที่ราบบะซอลท์จะปรากฏเป็นหยักฟันปลา  
 ในขณะที่ขอบของหน้าตาหรือแค่นขอบของบริเวณหินทรายจะมีลักษณะเป็นหินก้อน ๆ การ  
 ระบายน้ำในที่ราบบะซอลท์ที่สำคัญเป็นแบบการระบายน้ำภายใน ส่วนบริเวณหินทรายเป็น  
 แบบกิ่งไม้ที่มีความหนาแน่นของการระบายน้ำค้



รูป 4.13 ตัวอย่างภาพถ่ายคิงบริเวณภูเขาไฟ








การแปลรูป 4.13 (ดู Legend ประกอบในหน้า 76)











ที่มา : คัดแปลงจาก R.A. van Zuidam, Guide to Geomorphological Photo-Interpretation, 1973, หน้า 90.

## LEGEND

### GEOMORPHOLOGICAL UNITS

-  VOLCANIC CONE
-  LAVA FIELD
-  HILLY REGION COVERED BY ASHES

### OTHER SYMBOLS

-  ASH AND CINDER VOLCANO
-  ADVENTIVE CRATER
-  LAVA FIELD WITH FLOW DIRECTION
-  FLOW RIDGES IN LAVA FIELD
-  BOMB CRATER
-  WATER DIVIDE
-  RIVER AND VALLEY FORMS
-  GULLY
-  ALLUVIAL FAN
-  FILLED LAKE / DRY REVERBED