

## บทที่ 7 การเคลื่อนที่ของมวล (MASS MOVEMENT)

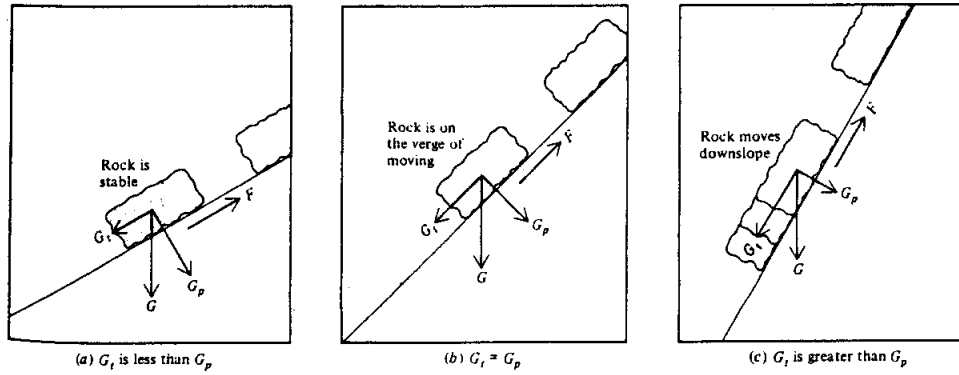
หินแข็งหรือเศษหินและเศษดินเมื่อแตกหักออกมาจะมีการเคลื่อนที่ ปกติจะเคลื่อนไปตามพื้นลาดเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก เราเรียกกระบวนการนี้ว่าการเคลื่อนที่ของมวล กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นบนพื้นผิวของโลกและบางส่วนของพื้นมหาสมุทร การเคลื่อนที่ของมวลจะมีระยะทางสั้น อาจเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด เช่น การเคลื่อนที่ของเศษหินบริเวณหน้าผา หรือเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของดินตามที่ลาด

การเคลื่อนที่ของมวลจะทำให้พื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงคือลดระดับต่ำลงเนื่องจากการสึกกร่อน และในขณะเดียวกันเศษหินต่าง ๆ จะถูกพัดพาไปทับถมทำให้พื้นที่สูงขึ้น เรียกกระบวนการปรับระดับ (process of gradation) กระบวนการนี้อาจเกิดจากตัวการอื่น ๆ ได้อีก เช่น ทางน้ำ น้ำใต้ดิน ธารน้ำแข็ง มหาสมุทรและลม ซึ่งจะอธิบายในบทต่อไปตามลำดับ

### 7.1 ปัจจัยการเคลื่อนที่ของมวล

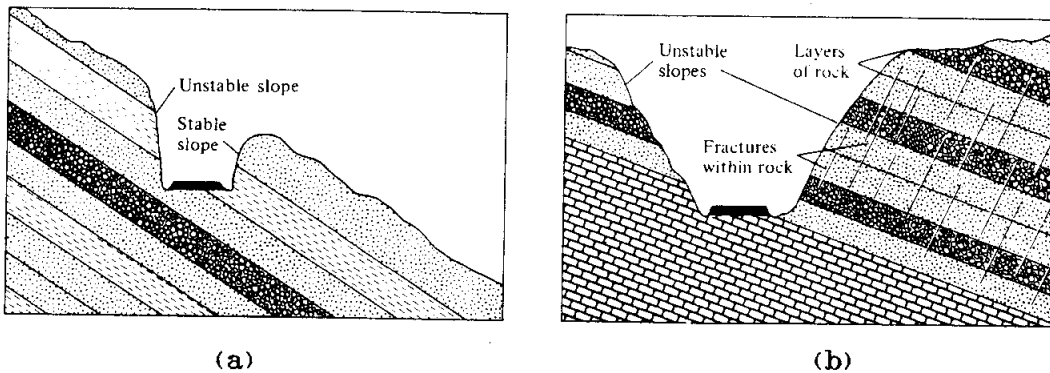
ปัจจัยการเคลื่อนที่ของมวลมีอยู่หลายอย่างดังนี้

1. แรงดึงดูดของโลกและผลต่อวัตถุนบนพื้นลาด แรงดึงดูดของโลกจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการทำให้มวลเกิดการเคลื่อนที่ เรามานิยามว่าแรงดึงดูดของโลกทำให้วัตถุที่วางตัวบนพื้นลาด (slope) เกิดการเคลื่อนที่ได้อย่างไร (ดูรูปที่ 7.1) แรงดึงดูดของโลก ( $G$ ) ที่กระทำกับวัตถุนบนพื้นลาด ( $G_u$ ) และตั้งฉากกับพื้นลาด ( $G_p$ ) ในกรณีที่พื้นที่ลาดมีความลาดเอียงน้อย ค่า  $G_u$  จะน้อยกว่า  $G_p$  วัตถุจะไม่เกิดการเคลื่อนที่ ถ้าความลาดเอียงปานกลาง  $G_u$  จะเท่ากับ  $G_p$  วัตถุจะเริ่มเคลื่อน และเมื่อไรก็ตามที่ความลาดเอียงเพิ่มมากขึ้นค่า  $G_u$  จะมากกว่า  $G_p$  วัตถุจะเคลื่อนที่ลงมาตามความลาด แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแรงเสียดทาน  $F$  (frictional force) ที่ยึดวัตถุไว้ด้วย ถ้าแรงนี้น้อยกว่าแรงที่กระทำกับวัตถุนบนพื้นลาดที่จุดนั้นหรือเศษหินจะเกิดการแตกและเคลื่อนที่ลงข้างล่าง



รูปที่ 7.1 แรงดึงดูดของโลกที่มีผลต่อวัตถุบนพื้นลาดที่มีความเอียงแตกต่างกัน  
(ที่มา : Ludman & Coch, 1982 หน้า 195)

2. แนวของชั้นหินและตะกอน จะมีความสำคัญต่อความสมดุลของพื้นลาด จากที่กล่าวมาแล้วความลาดเอียงสูงหรือชันจะคงที่น้อยกว่าความลาดเอียงน้อย แต่ความลาดเอียงสูงอาจจะคงที่ได้นานถ้าแนวชั้นหินเอียงออกจากพื้นลาด และแนวชั้นหินที่เอียงเข้าหาพื้นลาดจะลดความคงที่ของพื้นลาด (ดูรูปที่ 7.2) เป็นภาพด้านตัดของพื้นลาดที่ตัดถนน รูปที่ 7.2 (a) พื้นลาดสองข้างถนนจะมีความคงที่ไม่เท่ากัน ผังซ้ายของถนนพื้นลาดจะไม่คงที่เพราะเอียงเข้าหาถนน ส่วนผังขวาพื้นลาดคงที่เพราะเอียงออกจากถนน และรูปที่ 7.2 (b) บางครั้งแนวชั้นหินที่เอียงออกจากถนนแต่มีรอยแตก (fracture) ภายในหินเอียงเข้าหาถนน ก็ทำให้พื้นลาดไม่คงที่ได้



รูปที่ 7.2 แสดงความคงที่ของพื้นลาดที่ขึ้นอยู่กับแนวของชั้นหินและตะกอน  
(ที่มา : Ludman, & Coch, 1982 หน้า 196)

3. น้ำ เป็นตัวการที่สำคัญในการเคลื่อนที่ของมวลถ้ามีปริมาณมาก แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าน้ำมีปริมาณพอเหมาะจะทำให้ตะกอนยึดกันแน่นไม่เกิดการเคลื่อนที่ น้ำทำให้มวลเกิดการเคลื่อนที่ดังนี้

การเพิ่มน้ำหนัก (loading) น้ำจะกระทำตัวคล้ายแรงขับเคลื่อน เมื่อน้ำไปเพิ่มน้ำหนักให้กับวัตถุนบนพื้นลาด เช่น มวลทรายที่แห้งวางอยู่บนพื้นลาดมีปริมาณของช่องว่างประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อฝนตกน้ำจะถูกกักอยู่ในช่องว่างของทรายได้มาก น้ำที่เพิ่มเข้าไปในช่องว่างของทรายทำให้น้ำหนักของทรายเพิ่มขึ้น นั่นคือเพิ่มแรงในการเคลื่อน ทำให้ทรายเคลื่อนที่ลงตามพื้นลาด การเพิ่มน้ำในช่องว่างและในรอยแตกของหินและตะกอนเป็นสาเหตุที่สำคัญทำให้มวลเกิดการเคลื่อนที่ระหว่างฝนตกหนักและภายหลังฝนหยุดตกทันที

การลดแรงยึดของหิน (reducing rock strength) น้ำที่ซึบอยู่ตามรอยแตกของหินและช่องว่างของตะกอน อาจจะแข็งตัวเป็นน้ำแข็งโดยการตกผลึก (frost wedging) ทำให้รอยแตกของหินขยายใหญ่ขึ้น และหินบริเวณนั้นเกิดการแตกและเคลื่อนที่ไปตามพื้นลาดได้ง่าย น้ำที่ไหลเวียนในช่องว่างของหินสามารถไปละลายสารซีเมนต์ในหินได้ทำให้ลดความยึดแน่น (cohesion) และความเสียดทาน (friction) ตะกอนจึงสามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น

การขยายตัวของดินเหนียว (expanding clays) สารดินเหนียวที่เรียกเบนโทไนต์ (bentonite) มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ปริมาณมากและจะพองตัวถึงแปดเท่าของปริมาตรเดิม เบนโทไนต์ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวเนื้อละเอียดกลุ่มมอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite group) และเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของหินอัคนีเนื้อแก้วพวกหินเถ้าภูเขาไฟ (volcanic ash) และหินทัฟฟ์ (tuff)

การพองตัวของดินเหนียวอาจเพิ่มแรงดันกับวัตถุถ้ามันดูดซับน้ำในช่องว่างที่มีแรงดัน ทำให้เกิดรอยแตกขึ้นได้ ถ้าเบนโทไนต์อิ่มตัวด้วยน้ำอยู่บนพื้นลาดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นลาดเพิ่มขึ้น และการพองตัวของดินเหนียวที่อิ่มตัวด้วยน้ำบนพื้นลาดจะลดแรงยึดของหินและจะทำให้หินผิวลดแรงเสียดทานขึ้นหินและตะกอนจะเกิดการเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น

การขยายตัวของดินเหนียวบนพื้นลาดเป็นปัญหาในประเทศหนาวเช่นกัน เพราะมีการละลายและการกลายเป็นน้ำแข็งของน้ำเสมอ

## การกลายเป็นของเหลวของดินเหนียว (liquefaction of clays)

ดินเหนียวบางชนิดสามารถเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวได้อย่างเร็วในเหตุการณ์เฉพาะ เราเรียกดินเหนียวแบบนี้ว่า quick clay ชนิดหนึ่งของ quick clay เกิดเริ่มแรกจากแร่ดินเหนียวที่สะสมในน้ำเค็ม ออออนในช่องว่างของน้ำเค็มจะเป็นตัวยึดให้แร่ดินเหนียวเกาะกันเป็นกลุ่มก้อนเป็นแบบโครงสร้าง "house of cards" ต่อมาดินเหนียวชนิดนี้ไถลขึ้นมาโดยการสึกกร่อนไปของพื้นที่และมีน้ำผิวดินซึ่งเป็นน้ำจืดไหลผ่านช่องว่างของดินเหนียว น้ำจืดจะทำให้หน้าเค็มและออออนที่ยึดโครงสร้างของดินเหนียวไว้แยกออก ดินเหนียวที่ยึดกันในตอนแรกจะไม่คงที่ ถ้าพื้นที่ลาดได้รับแรงสั่นสะเทือน (vibrations) โครงสร้างของดินเหนียวจะพังลงและดินเหนียวจะเปลี่ยนอย่างรวดเร็วเป็นของเหลวและไหลลงสู่ที่ต่ำ

**แรงยึดแน่น (cohesive force)** เราอาจคิดว่าน้ำในช่องว่างระหว่างหินและอนุภาคตะกอนเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลได้ง่าย แต่ความจริงแล้วถ้าช่องว่างของหินมีน้ำไปซึ่งอยู่ไม่เต็ม น้ำจะทำหน้าที่ยึดอนุภาคไว้แน่น ความยึดแน่นคือความสามารถของอนุภาคที่ดึงดูดและยึดซึ่งกันและกัน ขึ้นบาง ๆ ของน้ำตามแนวของช่องว่างจะเกิดเป็นความตึงผิว (surface tension) ความตึงผิวคือแรงซึ่งกระทำชานกับพื้นผิวน้ำและดึงพื้นผิวน้ำไว้ เพราะน้ำจะดึงดูดกับพื้นผิวอนุภาค ผลของความตึงผิวจะดึงอนุภาคเข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้อนุภาคยึดแน่น เพื่อว่าอนุภาคสามารถคงอยู่ได้บนพื้นลาดที่ชัน เช่น ทรายที่เปียกจะมีความตึงผิวสามารถก่อเป็นรูปต่าง ๆ ได้ เมื่อทรายแห้งแรงยึดแน่นจะหมดไป สิ่งที่เราก่อไว้ก็จะทลายลง ถ้าทรายแช่อยู่ในน้ำช่องว่างจะอึดตัวด้วยน้ำแรงยึดแน่นก็ไม่มีเช่นกัน

**4. การจับกลุ่มกันของอนุภาค** การเรียงตัวของอนุภาค ขนาดเม็ดทรายในตะกอน เราเรียกการจับกลุ่ม (packing) การจับกลุ่มของอนุภาคจะมีสองแบบด้วยกันคือสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ (cubic) การจับแบบนี้จะไม่แน่นและมีช่องว่างมาก ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (rhombohedral) การจับจะอัดแน่นและช่องว่างมีน้อย อนุภาคที่สะสมอยู่กับที่ส่วนมากจับแบบลูกบาศก์ อนุภาคที่ได้รับการสั่นสะเทือนหรือสะสมกันเนื่องจากแรงพัดของกระแสน้ำหรือลมตามแนวชานกับพื้นผิวที่มีการสะสมจะเป็นแบบขนมเปียกปูน การเปลี่ยนจากการจับตัวอย่างหลวม ๆ เป็นอย่างแน่น จะทำให้ปริมาตรและพื้นที่ผิวลดลง และเกิดขึ้นได้ในเวลาที่ชั้นดินเกิดการสั่นสะเทือนเนื่องจากรถวิ่งบนถนน การสร้างสิ่งก่อสร้าง หรือเวลาเกิดแผ่นดินไหว

5. มุมทรงตัว ความลาดที่มีค่าของมุมเอียงสูงสุด ซึ่งตะกอนสามารถคงที่อยู่ได้ไม่เลื่อนต่อไปเรียกว่ามุมทรงตัว (angle of repose) โดยปกติมุมทรงตัวของตะกอนจะอยู่ระหว่าง 25-40 องศา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของตะกอน การคัดขนาดของตะกอน (sorting) ความกลมของตะกอน (roundness) และความชื้นภายในตะกอน ถ้าตะกอนมีขนาดใหญ่มุมทรงตัวอาจมากกว่า 40 องศา ตะกอนที่ค่อนข้างเป็นเหลี่ยมสามารถเกาะยึดกันได้ดี จะมีค่าของมุมสูงเช่นกัน ตะกอนที่คัดขนาดไม่ดีจะประกอบด้วยตะกอนหลายขนาด การจับตัวกันย่อมดีกว่าขนาดเดี่ยว เพราะตะกอนขนาดเล็กกว่าสามารถแทรกกระหว่างตะกอนขนาดใหญ่ได้ทำให้มีค่าของมุมทรงตัวสูง และตะกอนที่อิ่มตัวด้วยน้ำไม่มากนักก็จะมีค่ามุมทรงตัวสูงเพราะเกิดความตึงผิวของพื้นผิวน้ำในช่องว่างของตะกอน

เมื่อใดก็ตามที่ค่ามุมของความลาดมากกว่าค่าของมุมทรงตัวของตะกอนจะเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้ในการก่อสร้าง

## 7.2 ชนิดของการเคลื่อนที่ของมวล

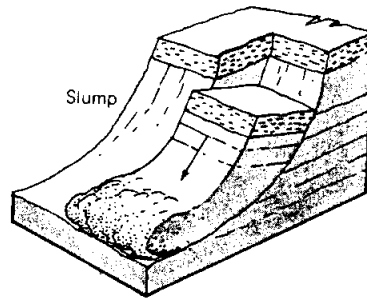
กระบวนการเคลื่อนที่ของมวลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ชนิดของวัตถุ ชนิดของการเคลื่อน ปริมาณน้ำมีหรือไม่มี และความเร็วของการเคลื่อน สิ่งเหล่านี้ใช้ในการแบ่งชนิดของการเคลื่อนที่ของมวล

การเคลื่อนที่ของมวลที่เกิดขึ้นจะมีความเร็วแตกต่างกันไป บางแบบก็เกิดขึ้นช้า ๆ บางแบบก็เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนชนิดของการเคลื่อนที่วัตถุโดยการไหล (flow) การเลื่อนหรือถล่ม (slide) การหล่นหรือตก (fall) และการยุบตัว (subside)

7.2.1 การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว เป็นการเคลื่อนที่ของมวลตามความลาดอย่างรวดเร็ว และสามารถสังเกตเห็นได้ บางครั้งทำให้เกิดความเสียหายรุนแรง การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วมีแผ่นดินถล่ม โคลนไหล และดินไหล

1. แผ่นดินถล่ม (landslides) คือการที่เศษดินเศษหินหรือหินแข็งเกิดถล่มลงมาอย่างรวดเร็วตามความลาดเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก อนุภาคค่อนข้างจะแห้ง แบ่งลักษณะแผ่นดินถล่มได้ดังนี้

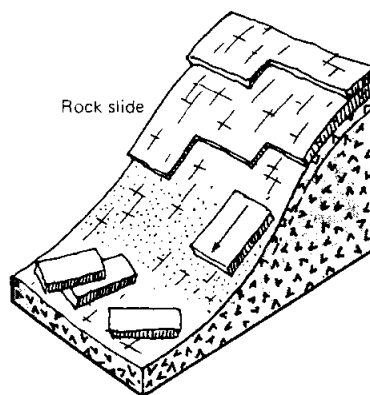
**slump** เป็นการเคลื่อนที่ไปตามความลาดของหินหรือเศษหินและดินที่ยังไม่แข็งตัว เวลาเคลื่อนจะเคลื่อนเป็นหน่วยหนึ่งหรือหลาย ๆ หน่วยติดต่อกันคล้ายชั้นกันได้ไปตามแนวโค้งของรอยแตก และมีการม้วนตัวบนผิวโค้ง ปกติจะเกิดขึ้นบริเวณที่มีความลาดชันมาก มีน้ำช่วยในการเคลื่อนบ้างเล็กน้อย



รูปที่ 7.3 แสดง slump

(ที่มา : sanders, 1981 หน้า 269)

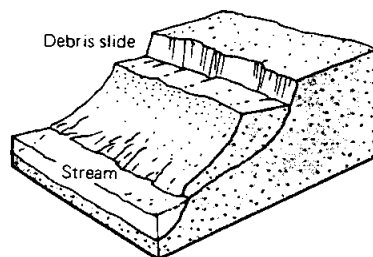
**Rock slides** เป็นการเคลื่อนตัวตามมุมเอียงหรือตามชั้นหรือตามรอยเลื่อนของหิน ส่วนมากเกิดในบริเวณที่มีน้ำไหลซึมออกมาจากชั้นหินและบริเวณที่มีหิมะละลาย การเคลื่อนที่ชนิดนี้จะเกิดความเสียหายอย่างมาก



รูป 7.4 แสดง rock slides

(ที่มา : Sanders, 1981 หน้า 269)

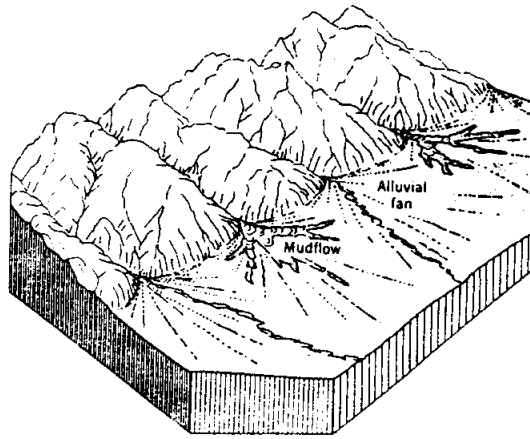
**Debris slides** เป็นการเคลื่อนที่ของพวกเศษหินเศษดินที่ร่วงแล้ว ไปสะสมกันอยู่ข้างล่างเป็นเนินเล็ก ๆ พื้นที่ลาดอาจมีหญ้าปกคลุมก็ได้ การเคลื่อนที่แบบนี้ส่วนมาก เกิดขึ้นภายหลังฝนตกหนักมีความรุนแรงไม่มากนัก เช่น ตามริมฝั่งแม่น้ำ



รูปที่ 7.5 แสดง debris slides

(ที่มา : Sanders, 1981 หน้า 269)

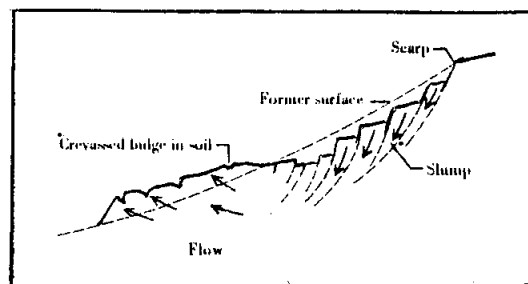
2. โคลนไหล (Mudflow) เป็นการไหลของเศษหินเศษดินปนกับโคลน จากสูงมาต่ำตามความลาดยาวของหุบเขาพอถึงเชิงเขาจะแผ่กระจายคล้ายรูปพัด ต้องการน้ำ ช่วยในการเคลื่อนมากจึงพบบริเวณที่มีฝนตกชุกและพื้นที่มีพืชปกคลุมอยู่น้อย มักพบบริเวณภูเขาใน ทะเลทรายหรือกึ่งทะเลทรายซึ่งหินยึดตัวไม่ดี เมื่อฝนตกหนักเกิดสายน้ำชันไหลตามร่องหุบเขา ก็จะพัดพาเอาเศษหินเศษดินลงมาอย่างรวดเร็ว มาสะสมกันบริเวณเชิงเขา และสามารถพัดพาก้อน หินใหญ่ ๆ มาได้



รูปที่ 7.6 การไหลแบบโคลนไหล

(ที่มา : Strahler & Strahler, 1973 หน้า 279)

3. ดินไหล (Earth flow) เป็นการเคลื่อนโดยรวมเอาแบบสไลม์และการเคลื่อนที่แบบพลาสติกของเศษดินเศษหินที่ยังไม่แข็งตัวซึ่งวางอยู่บนชั้นหินแข็ง ดินไหลจะเคลื่อนอยู่ตลอดเวลาอย่างช้า ๆ แต่สังเกตเห็นได้ ดินที่ถูกพามาจะมีจำนวนมาก แนวที่มีการเคลื่อนแบบสไลม์ในตอนบนของพื้นลาดจะมีลักษณะเป็นหน้าผา มวลดินจะเคลื่อนลงมาเป็นกลุ่มพอถึงตอนล่างของพื้นลาดดินจะไหลคล้ายของเหลว เกิดขึ้นบริเวณที่มีฝนตกชุกแต่ปริมาณน้ำที่ใช้ในการไหลน้อยกว่าโคลนไหล และไหลช้ากว่าโคลนไหล และพื้นที่ลาดเอียงเล็กน้อยซึ่งมีหญ้าปกคลุมอยู่ เช่น บริเวณเชิงเขา

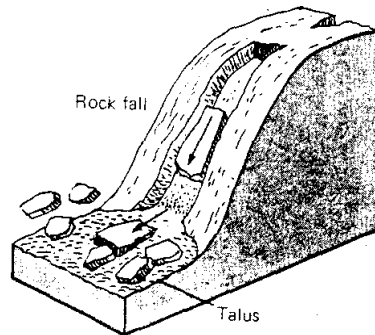


รูปที่ 7.7 การไหลแบบดินไหล

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 200)



4. หินตกและลานหินดินเผา (Rockfall and Talus) เป็นการเคลื่อนที่ตามความลาดชันที่มีความเร็วสูง เป็นการตกหรือหล่นของเศษหินอย่างอิสระจากหน้าผา เศษหินมีขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่มากจะตกไปทับถมกันบริเวณด้านล่างของหน้าผาหรือสันเขาจนเป็นกองหินใหญ่เกิดเป็นลานหินดินเผาขึ้น สาเหตุที่ทำให้หินหล่นเกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินบริเวณนั้น

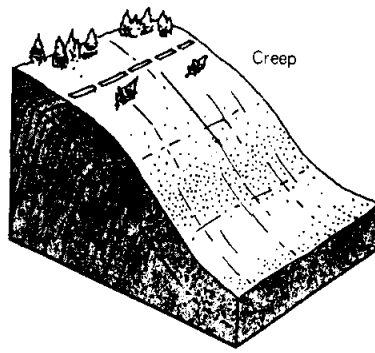


รูปที่ 7.8 แสดงหินตกและลานหินดินเผา

(ที่มา : Sanders, 1981 หน้า 269)

7.2.2 การเคลื่อนที่อย่างช้า เป็นการเคลื่อนที่ของเศษหินเศษดินที่ยังไม่แข็งตัวอย่างช้า ๆ จนไม่สามารถเห็นการเคลื่อนที่ได้ นอกจากสังเกตจากสิ่งปลูกสร้างบริเวณนั้น แต่การเคลื่อนที่แบบนี้ก็มีความสำคัญในการปรับระดับผิวโลกให้เปลี่ยนแปลงได้

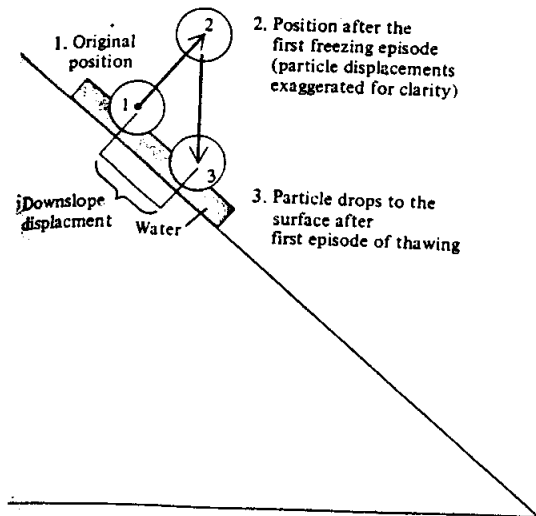
1. **Creep** เป็นการเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ของดินและเศษหินไปตามความลาดด้วยแรงดึงดูดของโลก ซึ่งสังเกตได้จากการเอียงไปตามพื้นลาดของต้นไม้ เสาไฟ เสารั้ว หรือหน้าตัดของดินบริเวณที่เป็นไหล่เขา เศษหินจะเคลื่อนไปกองอยู่เชิงเขาหรือไกลออกไปโดยการเคลื่อนช้า ๆ ของดิน การเคลื่อนที่แบบนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการขยายตัวหรือหดตัวของหินหรือดิน โดยความร้อนและความเย็นของดิน การเป็นน้ำแข็งและการละลาย ความแห้งแล้งสลับกับความชุ่มชื้นของดิน การเจริญเติบโตและการตายของพืชสัตว์ การผุพังของหินและการเพิ่มน้ำหนักที่ผิวดิน



รูปที่ 7.9 แสดง Creep

(ที่มา : Sanders, 1981 หน้า 268)

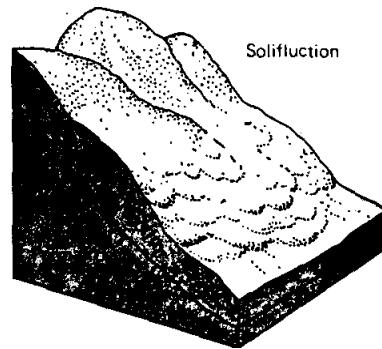
ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวและหดตัวโดยการเป็นน้ำแข็งและการละลายของน้ำแข็ง เราเรียก frost creep รูปที่ 7.10 ในแต่ละวัน น้ำที่ละลายอยู่ในดินจะหุ้มอนุภาคไว้เป็นแผ่นบาง ๆ และจะแข็งตัวในเวลากลางคืนทำให้เกิดการขยายตัวและดันอนุภาคให้เคลื่อนไปในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ลาด เมื่อน้ำแข็งละลายในวันต่อมาอนุภาคจะตกลงสู่พื้นที่ลาดอย่างเดิม แต่จะตกในแนวขนานกับแรงดึงดูดของโลก ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่ไกลออกไป



รูปที่ 7.10 การเคลื่อนที่แบบ creep ของอนุภาคบนพื้นลาด

(ที่มา : Ludman & Coch, 1982 หน้า 205)

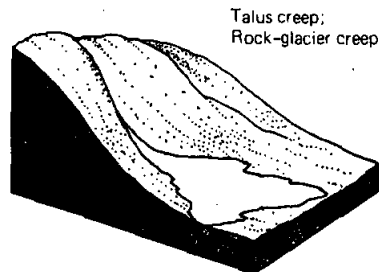
2. **Solifluction** เป็นการเคลื่อนที่ของเศษดินเศษหิน โดยไหลไปตามความลาดในขณะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ มักเกิดในแถบที่มีอากาศหนาวเขตอาร์กติก มีดินไม่ชื้นอยู่บ่อยดินจะได้รับผลจากการแข็งตัวและการละลายของน้ำในดิน เกิดชั้นระหว่างที่หิมะละลาย เริ่มจากส่วนบนลงสู่ส่วนล่าง น้ำที่ละลายไม่สามารถไหลซึมลงเบื้องล่างได้เพราะส่วนล่างยังเป็นน้ำแข็งอยู่ ทำให้ดินตอมนบซึ่งไม่เย็นตัวแข็งเกิดการอิ่มตัวด้วยน้ำ จึงเกิดการไหลของดินลงไปตามความลาดและทำให้เกิดชั้นขึ้น การไหลของดินนี้อาจพาเอาเศษหินลงไปด้วย จะมีอัตราการไหลเร็วกว่า creep



รูปที่ 7.11 แสดง solifluction

(ที่มา : Sanders, 1981 หน้า 268)

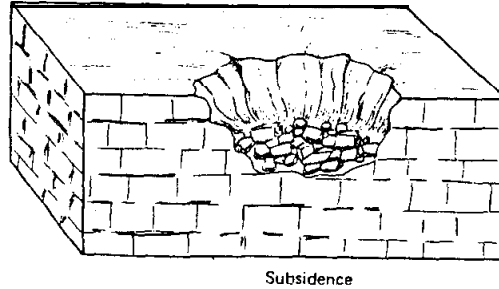
3. **Rock glaciers** เกิดขึ้นบริเวณที่เป็นภูเขาสูง เศษหินจะเคลื่อนที่ลงมาตามหุบเขาคล้ายกับธารน้ำแข็ง เกิดเป็นแนวเศษหินยาว



รูปที่ 7.12 แสดง rock glaciers

(ที่มา : Sanders, 1981 หน้า 268)

4. **Subsidence** เป็นการทรุดตัวอย่างช้า ๆ ของพื้นที่เนื่องจากพื้นที่บริเวณนั้นมีช่องว่างเกิดขึ้น ซึ่งอาจเกิดตามธรรมชาติหรือจากการกระทำของมนุษย์ ทำให้ไม่สามารถรับน้ำหนักของวัตถุนับผิวดินต่อไปได้จึงเกิดการทรุดตัวลงของพื้นที่



รูปที่ 7.13 แสดง subsidence  
(ที่มา : Coates, 1981 หน้า 67)

### 7.3 สรุป

การเคลื่อนที่ของมวลคือการเคลื่อนที่ของหินหรือเศษหินเศษดินที่ร่วงไปตามความลาดเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก มวลหินที่เคลื่อนอาจอยู่ในสภาพของแข็งที่ยึดหยุ่น เป็นพลาสติกหรือของเหลว

ปัจจัยของการเคลื่อนที่ของมวล มีอยู่หลายอย่างเช่น แรงดึงดูดของโลกและผลต่อวัตถุบนพื้นลาด แนวของชั้นหินและตะกอน น้ำ การจับกลุ่มกันของอนุภาค และมุมทรงตัว

น้ำทำให้มวลเกิดการเคลื่อนที่โดยการเพิ่มน้ำหนัก การลดแรงยึดของหิน การขยายตัวของดินเหนียว การกลายเป็นของเหลวของดินเหนียว เกิดแรงยึดแน่น

ชนิดของการเคลื่อนที่ของมวล แบ่งตามความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ 2 แบบ คือ การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว และการเคลื่อนที่อย่างช้า

การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วมีแผ่นดินถล่ม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ slump, rock slides debris slides นอกจากนี้ก็มีโคลนไหล ดินไหล หินตกและลานหินตื้นผา

การเคลื่อนที่อย่างช้ามี creep, solifluction, rock glaciers และ subsidence

## แบบฝึกหัดบทที่ 7

1. การเคลื่อนที่ของมวลคืออะไร และมีบทบาทในการปรับสภาพภูมิประเทศอย่างไร
2. อธิบายแรงดึงดูดของโลกที่มีผลต่อวัตถุนบนพื้นลาดที่มีความเอียงแตกต่างกัน
3. อธิบายแนวของชั้นหินและตะกอนที่มีผลกับความสมดุลของพื้นลาด
4. น้ำทำให้วัตถุเพิ่มน้ำหนักและเกิดการเคลื่อนได้อย่างไร
5. อธิบายน้ำทำให้เกิดแรงยึดแน่นและในทางตรงกันข้ามน้ำไปลดแรงยึดของหินได้อย่างไร
6. อธิบายการขยายตัวของดินเหนียวและการกลายเป็นของ เหลวของดินเหนียวได้อย่างไร
7. อธิบายการจับกลุ่มกันเป็นอนุภาค และทำให้เกิดการยุบตัวของพื้นที่ได้อย่างไร
8. นิยามมุมทรงตัว และอธิบายมุมทรงตัวจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร
9. แผ่นดินถล่มเกิดขึ้นจากวัสดุประเภทใด จงอธิบายให้เห็นความแตกต่างระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของแผ่นดินถล่ม
10. จงอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของมวลแบบโคลนไหลและแบบดินไหล
11. หินตกคืออะไร และเกี่ยวข้องกับลานหินดินเผาอย่างไร
12. Creep เกิดขึ้นที่ไหนบ้าง และกระบวนการใดบ้างที่กระตุ้นให้เกิด Creep ขึ้น และเกิดอย่างไร
13. อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบ solifluction และเกิดขึ้นมากในภูมิอากาศแบบใด
14. อธิบายการเคลื่อนที่แบบ rock glacier และ subsidence