

บทที่ 2

คุณลักษณะโลกปัจจุบัน

1. เปลือกโลก

เปลือกโลกแสดงให้เห็นถึงผลจากการเปลี่ยนแปลงซึ่งนักธรณีเชื่ออย่างนั้น แม้เราจะเคยลงไปในหลุมเหมืองแร่ หรือลงไปอยู่ในน้ำ เราก็มิได้เข้าไปสู่ใจกลางโลกเท่าไร นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาเปลือกโลกว่ามีความหนา 5-6 ไมล์เท่านั้น หุบ และเหว เช่นอย่าง Gran Canyon ช่วยในการศึกษาเปลือกโลก

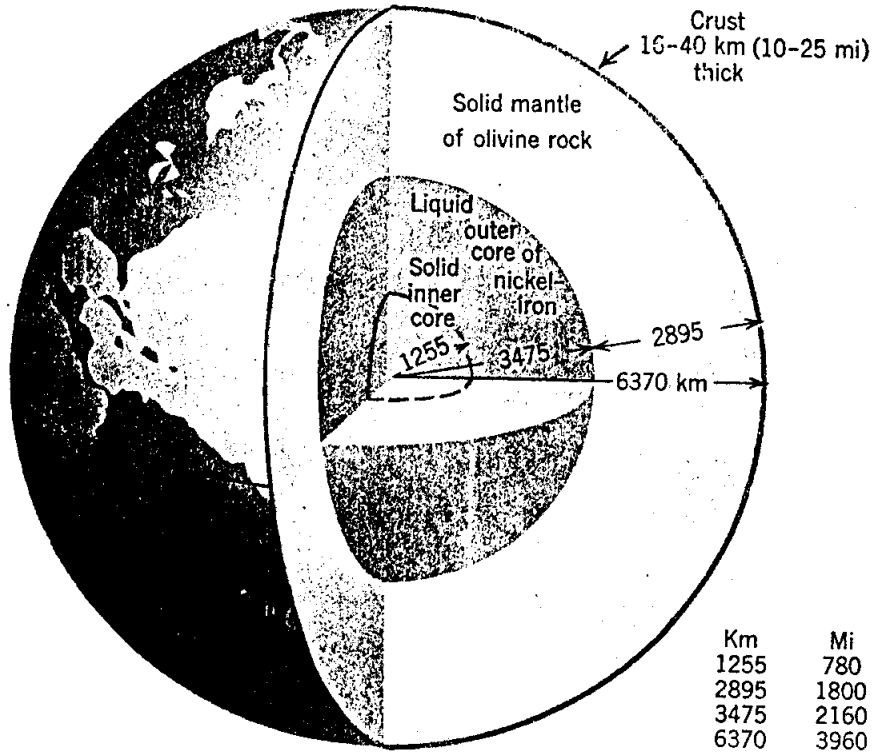
ในรูปแสดงชั้นต่าง ๆ ของโลกโดยอาศัยคลื่นความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่ทะลุทะลวงผ่านชั้นหินต่าง ๆ หรือได้รับความสั่นสะเทือนจากชั้นหินเหล่านี้ คลื่นสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วแตกต่างกันในวัตถุมวลสารที่ต่างกัน นักวิทยาศาสตร์ใช้เครื่องวัดความสั่นสะเทือน (Seismographs) เพื่อเรียนรู้โลกเรายังขึ้น

เปลือกนอกของโลกหมายไว้ด้วย A คือ เปลือกที่มีความหนาจาก 20-40 ไมล์ ลึกลงไปจากพื้นผิว B คือ ชั้นที่อยู่ระหว่างเปลือกแข็งของโลกกับไส้ในเรียก แมนทิล (Mantle) ซึ่งมีความหนาประมาณ 1,800 ไมล์ C คือ ชั้นไส้ส่วนนอก และ D คือ ไส้ส่วนในหรือที่ใจกลางโลก

การรังวัดอุณหภูมิภายในปล่องทางขึ้นลงเหมืองแร่แสดงว่าความลึก 30 ไมล์ อุณหภูมิจะสูงขึ้นถึง 1,000° F ลึกลงไปอีกกว่า 30 ไมล์ นักธรณีเพียงแต่คาดคะเนอุณหภูมิเอาเท่านั้น

เปลือกโลกส่วนใหญ่ประกอบขึ้นด้วยหินต่างกัน 2 ชนิด เรียกว่า หินแกรนิต (Granite) และหินบาสอลท์ (Basalt) ทั้ง 2 ชนิดเป็นหินอัคนีธรรมดา หินแกรนิตมีเฟลด์สปาร์ (Feldspar) และควอรตซ์ (Quartz) บาสอลท์เป็นหินเม็ดละเอียดสีดำ ใต้เปลือกโลกมีชั้นหินที่นักธรณีคิดว่าเป็นรูปวัตถุพลาสติก ซึ่งอาจเป็นบาสอลท์ วัตถุพลาสติกสามารถไหล หรือถูกกดยุบตัวได้คล้ายกับดินน้ำมันหนา

Concentric zones of the earth's interior.



รูปที่ 2.1

จากการบันทึกนักวิทยาศาสตร์เรียนรู้ว่า แมนเทิลจะแข็งมากยิ่งขึ้นถ้ายิ่งลงลึกไปสู่มานในโลก ที่ฐานของแมนเทิลที่ลวดพลาสติกขณะอยู่ในภาวะปกติจะแข็งกว่าเหล็กกล้าประมาณกว่า 4 เท่าทีเดียว

ไส้ในส่วนนอกแข็งน้อยกว่าตัวแมนเทิล คลื่นแผ่นดินไหวเดินทางผ่านไส้ในโลกประหนึ่งกับว่าเป็นของเหลว แน่ละที่ของเหลวถูกกดอย่างมากเช่นอย่างไส้ในโลกนั้นคงไม่เหมือนกับของเหลวที่เราคุ้นกัน นักวิทยาศาสตร์คิดว่าไส้ในโลกเป็นวัตถุหลอมเหลวหลักฐานที่นักวิทยาศาสตร์ได้รับนำไปสู่ความเชื่อว่า ส่วนนอกของไส้ในโลกมีเหล็กและธาตุอื่น ส่วนภายในไส้ในโลกเข้าไปดูเหมือนจะแข็งที่สุด นักวิทยาศาสตร์คิดว่าไส้ในประกอบด้วยแร่ธาตุหนักมาก เช่น เหล็ก และทองคำขาว (Nickel)

นักธรณีไม่แน่ใจเกี่ยวกับส่วนประกอบของชั้นหินต่าง ๆ ของโลกได้บ่อย และเหมือนที่ลึกที่สุด จึงได้วางแผนเจาะโลกโดยเจาะผ่านเปลือกโลกเข้าไปให้ถึงแมนเทิลซึ่งมีคณะกรรมการกองวิทยาการธรณีแห่งสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติดำเนินการ นักวิทยาศาสตร์วางแผนเลือกเจาะพื้นผิวโลกใต้มหาสมุทรแทนการเจาะบนบก จึงให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใด? แนวโมโฮ (Moho) คือ แนวเขตเชื่อมต่อระหว่าง เปลือกโลกกับแมนเทิล

ให้ชื่อตามบุคคลผู้ให้คำนิยามนี้ คือ ศาสตราจารย์ Andrija Mohorovicic ศาสตราจารย์ผู้นี้ได้ค้นพบว่าเนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหว หรือคลื่นจากระเบิดที่มนุษย์สร้างขึ้น มีอำนาจการทะลุทะลวงผ่านเปลือกโลกค่อย ๆ ทวีเพิ่มอัตราเร็วมากขึ้นที่แนวโมโฮ โมโฮโรวิชค (Mohorovicic) ได้ทราบถึงคลื่นของพลังงานเปลี่ยนอัตราความเร็วได้ขณะที่ผ่านจากวัตถุอันมีความแน่นอย่างหนึ่งไปสู่วัตถุที่มีความแน่นอีกอย่างหนึ่ง จากการเปลี่ยนอัตราความเร็วนี้ เขาจึงลงข้อยุติว่า เปลือกโลก และแมนเทิลมีความแน่นไม่เหมือนกัน หากโครงการเจาะโลกสัมฤทธิ์ผล นักธรณีก็จะทราบเรื่องแมนเทิลของโลกได้มากขึ้นกว่าปัจจุบัน นักธรณีบางคนเชื่อว่าเพราะเหตุที่แกรนิตแน่นน้อยกว่าบาชอลท์ แกรนิตจึงลอยอยู่บนบาชอลท์มากคล้ายกับก้อนน้ำแข็งลอยอยู่บนน้ำ ตามเหตุผลของนักธรณีนี้การปรับตัวของเปลือกโลกขณะที่มวลสารต่าง ๆ เคลื่อนตัวจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งนั้น อาจเป็นเหตุให้ภูเขาถูกดันลอยตัวขึ้นมา

ตามทฤษฎีใหม่เรียกว่า “ทฤษฎีการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก” (Crustal-Shift Theory) เปลือกโลกเคลื่อนตัวอยู่บนชั้นหินพลาสติก คล้ายกับลูกบอลกลวงอาจเคลื่อนตัวไปได้รอบ ๆ ลูกบอลที่บรรจุอยู่แนบสนิทภายใน หากบอลกลวงกับลูกบอลบรรจุภายในประกบกันแน่น เมื่อบอลกลวงเคลื่อนตัวอาจแตก หรือเกิดรอยร้าว เปลือกโลกก็อาจมีลักษณะคล้ายกันถ้าหากจะมีการเคลื่อนตัว การเคลื่อนตัวของชั้นหินอาจใช้เวลาหลาย ๆ พันปี อย่างไรก็ดี เมื่อแรงกดต่อชั้นหินมีมากเกินไป หินจะเคลื่อนตัวอย่างกะทันหัน แต่ความกดที่เป็นเหตุให้เกิดการเคลื่อนตัวลักษณะนี้ จะต้องเกิดขึ้นมาเป็นเวลาหลายปีมาก

2. ประวัติเชิงธรณีระยะต้น

นักธรณีเชื่อว่าครั้งหนึ่งทางน้ำตัดผ่านทวีปอเมริกาเหนือ คือ Rocky Mountains ซึ่งขณะนี้สูงกว่า 14,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเล ขณะเวลาที่เริ่มเกิดทางน้ำนั้นชั้นของหินที่ก่อตัวเป็นทวีป 2 ข้างของทะเลนั้นสูงกว่าระดับน้ำทะเล และฝั่งของทะเล หนองน้ำ จะปกคลุมเต็มไปด้วยพืชชอบน้ำ เช่น ต้นผักกูด และพืชที่อยู่ในเครือเดียวกัน ต้นผักกูดงอกงามสูงเท่า ๆ กับต้นไม้ มีสัตว์เลื้อยคลานมาก บ้างก็อาศัยอยู่ในหนอง และบ้างก็อาศัยอยู่ในน้ำ สัตว์เลื้อยคลานบางชนิดบินขึ้นไปบนอากาศได้ ที่นักธรณีทราบที่สัตว์ดังกล่าวอาศัยอยู่ ณ ที่เหล่านี้ก็เพราะได้พบซากสัตว์ชนิดนั้นติดอยู่ในชั้นหินต่าง ๆ เนื่องจากนักธรณีเห็นซากสัตว์ชนิดนี้ซึ่งเป็นสัตว์อาศัยอยู่ในทะเลเท่านั้น ดังนั้นเขาจึงเข้าใจว่าพื้นที่ดังกล่าวเคยอยู่ใต้ท้องทะเลมาก่อน หินที่ประกอบตัวอยู่ใต้น้ำแตกต่างจากหินที่เป็นผลจากการเย็นตัวของลาวาหลอมเหลว ซากสิ่งมีชีวิตจะพบอยู่เฉพาะในหินชั้น (Sedimen-

tary Rock) อะไรจะเกิดขึ้นแก่ซากสิ่งมีชีวิตในหินหากว่าหินละลาย ? หลังจากยุคประวัติของโลก เมื่อน้ำปกคลุมพื้นที่ภูเขาโรคคีย์ (Rocky Mountain) ภูเขาถูกดันขึ้นมา อะไรเป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงใหญ่เช่นนั้น ?

การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกมิได้หยุดอยู่นิ่งเมื่อเปลือกโลกเย็นลงถึงชั้นกลายเป็นของแข็ง แผ่นดินไหวเนื่องมาจากการเคลื่อนตัวที่ก่อให้เกิดการกดขึ้นภายในเปลือกโลก แม้เราจะไม่รู้ลึกใด ๆ ต่อการเคลื่อนตัวอย่างช้า ๆ ของเปลือกโลก แต่ภายใต้เปลือกโลกที่อยู่เบื้องล่างเท้าของเราเคลื่อนตัวขึ้น ๆ ลง ๆ เป็นครั้งคราว นักธรณียังไม่ทราบสาเหตุแม้เขาจะมีทฤษฎีอย่างมากมาย อาจเป็นเพราะสิ่งต่อไปนี้

1) การหดเย็น ของบริเวณอยู่ระหว่างหินแมนเทิล (Mantle Rock) และไส้ใน (Core) โลกอาจเป็นต้นเหตุให้เปลือกโลกยกขึ้น หากเอามือทั้งสองวางลงบนกระดาษชั้นหนึ่งบนโต๊ะ แล้วดันกระดาษเข้าหากันก็จะพบกระดาษยุบยู่ ซึ่งลักษณะนี้คล้ายกับการย่นของเปลือกโลก บางส่วนเป็นภูเขา บางส่วนเป็นที่ราบระหว่างภูเขา

2) บางทีอาจเกิดจากน้ำหนักของธารน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่อยู่ทางส่วนเหนือของโลกมีมาก เปลือกโลกส่วนนั้นจึงถูกกดจมลง ปัจจุบันส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ค่อย ๆ ยกตัวสูงขึ้น

เป็นที่ทราบกันว่าน้ำขยายตัวขณะที่ถึงจุดน้ำแข็ง ดังนั้น ก้อนน้ำแข็งขนาด 1 ลูกบาศก์ จะมีน้ำหนักไม่เท่ากับจำนวนน้ำ 1 ลูกบาศก์นั้น กฎอันหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ คือว่า “มวลของเทห์วัตถุที่ลอยตัวอยู่ จะเท่ากับมวลสารที่มวลของเทห์วัตถุนั้นเข้าไปแทนที่” อันนี้เราเรียกกันว่า “การปรับตัวให้เกิดภาวะสมดุล” (Isostatic Adjustment) เมื่อเปรียบเปลือกโลกแข็งที่ลอยตัวอยู่บนของเหลว การปรับตัวให้เกิดภาวะสมดุลของเปลือกโลก คือ “ภาวะที่ช่วยพยุง หรือยกเปลือกโลกให้อยู่ในสภาพสมดุลกับพลังที่กดเปลือกโลกลงไป”

3. มวลและความแน่นของโลก

คำว่ามวล (Mass) ของเทห์วัตถุใด ๆ คือ “ปริมาณของสสารในเทห์วัตถุนั้นและอาจแสดง หรือนิพจน์ออกมาเป็นหน่วย แกรม หรือปอนด์ ส่วนปริมาตร (Volume) คือ “ปริมาณของที่ว่างที่เทห์วัตถุเข้ากินที่ว่างนั้น” และอาจแสดง หรือนิพจน์เป็นลูกบาศก์ เซนติเมตรหรือลูกบาศก์ฟุต ความแน่น (Density) คือ “มวลที่บรรจุอยู่ในหน่วยปริมาตร” น้ำหนัก (Weight) ของเทห์วัตถุ คือ “แรงที่โลกดึงเทห์วัตถุนั้น”

4. แรงโน้มถ่วง

วิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่า “ทำไม” เหน้วัตถุมีทางจะตกลงสู่โลก แต่นิวตัน (Newton) ได้ค้นพบว่า ปรากฏการณ์อันนี้เป็นเพียงกรณีเฉพาะของกฎทั่วไปของความถ่วงส่วนมาก

“อนุภาคสองอนุภาคใด ๆ ของสสารย่อมดึงดูดซึ่งกันและกันด้วยแรงที่เป็นอัตราส่วนสัมพันธ์ต่อผลคูณของมวลอนุภาค ทหารด้วยระยะระหว่างมวลทั้งสองยกกำลังสอง”

$$F = G \frac{M_1 M_2}{d^2}$$

ซึ่ง M_1 และ M_2 คือ มวลของเห้วัตถุ 2 ชิ้น, d คือ ระยะระหว่างมวลทั้งสองนั้น และ G คือ แรงระหว่างหน่วยมวล ณ หน่วยระยะ เรียกกันทั่วไปว่า “ค่าคงตัวของความถ่วง” ในระบบ cgs ค่าของ G คือ 6.670×10^{-8} แรงนี้เป็นดาัยน์ (Dynes) ซึ่งดาัยน์หมายถึงแรงระหว่างมวลทั้งสองที่หนักอย่างละ 1 แกรม ระยะห่างจากศูนย์กลางมวล 1 เซนติเมตร กระทำต่อกัน

เมื่อเห้วัตถุทั้งสองเป็นจุดปัญหาเกิดขึ้นว่าระยะระหว่างเห้วัตถุอย่างไร นิวตันได้สาธิตว่าสำหรับเห้รูปทรงกลม (ซึ่งความแน่นเป็นอย่างเดียวกันสำหรับจุดทุกจุดที่ระยะเท่ากันจากศูนย์กลาง) ระยะระหว่างทรงกลมต้องวัดจากศูนย์กลางของรูปทรงกลม

น้ำหนักของเห้วัตถุใดที่พื้นผิวโลก (เมื่อไม่คำนึงถึงแรงหนีจากศูนย์กลางอันเนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลก) หาได้จากสูตร $w = G \frac{mE}{R^2}$ ซึ่ง m คือ มวลของเห้วัตถุ E คือ มวลของโลก และ R คือ ระยะไปยังศูนย์กลางโลก ณ จุดที่กำหนดให้ w จะมีส่วนสัมพันธ์กับ m อย่างแท้จริง และเราอาจเขียน $w = mg$ ซึ่ง $g = G \frac{E}{R^2}$ และแทนน้ำหนักของหน่วยมวลหรืออัตราเร่งของความถ่วง อย่างไรก็ตาม ค่าของ g อาจต่างกัน เพราะความต่างในค่าของ R (และขึ้นอยู่กับความต่างในแรงหนีจากศูนย์กลางอันเกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลกอีกด้วย)

5. การประกอบตัวภายในของโลก

วิชาความสันสะเทือนได้มีส่วนช่วยให้ทราบถึงภายในโลกที่สำคัญได้ ความไม่ต่อเนื่องหลัก 3 ประการภายในโลก คือ แนวต่อระหว่างเปลือกโลกกับชั้นแมนเทิล แนวต่อ

ระหว่างชั้นแนวแมนเทิลกับไส้ในโลก และภายในแกนในโลก อนึ่ง อัตราความเร็วคลื่นความสั่นสะเทือนได้ช่วยให้ได้ข้อมูลในเรื่องความหนาแน่นของชั้นหินต่าง ๆ

5.1 เปลือกโลก

เราจะเรียกความไม่ต่อเนื่องอันแรกเป็นพื้นผิวเชื่อมต่อกันกับเปลือกโลกอยู่เหนือ M ซึ่งเรียกตามชื่อโมโฮโรวิชิก (Mohorovicic) ผู้ที่กล่าวถึงความไม่ต่อเนื่องนี้เป็นคนแรกในเอกสารของเขาซึ่งพิมพ์ขึ้นในปี 2452 เขาสมมติชั้นเปลือกโลกชั้นหนึ่งหนา 60 กิโลเมตร เพื่ออธิบายถึงชั้น 2 ชั้นที่ห่างจากแผ่นดินไหวในที่ราบกุลปา (Kulpa Valley) เหตุผลที่ให้ชื่อพิเศษแก่เปลือกโลกเหนือพื้นผิวเชื่อมต่อกัน M ก็เพื่อแยกความแตกต่างออกไปจากเปลือกโลกแข็ง ซึ่งขึ้นอยู่กับคำนิยามที่สัมพันธ์ต่อปฏิกิริยาเชิงกายภาพต่อความเค้น

เนื่องจากการพิมพ์เอกสารของโมโฮโรวิชิกนั้น ได้มีการศึกษาพิจารณากันมากถึงพื้นผิวเชื่อมต่อกันที่อาจเป็นไปได้ระหว่างชั้นผิวของโลกในภาคพื้นทวีป ความไม่ต่อเนื่องได้พบอยู่ระหว่างชั้นหินตะกอน และชั้นหินแกรนิตเบื้องล่าง และระหว่างชั้นหินแกรนิตกับชั้นล่างสุดของเปลือกโลก M ซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่าชั้นกั้นระหว่างกลาง (Intermediate layer) แต่ก็ยังไม่เห็นภาพชัดเจน อัตราเร็วเชิงสั่นสะเทือนในชั้นกั้นระหว่างกลางนี้ดูเหมือนชี้ให้เห็นว่าเป็นหินบาซอลต์ (Basalt) แต่ความหนาของชั้นหินนี้ กับความหนาของชั้นหินแกรนิต ปรากฏว่าแปรเปลี่ยนมากบนพื้นผิวโลก ผลของ Jeffrey (2469) ที่พิจารณาชั้นหินแกรนิตหนา 12 กิโลเมตร และชั้นหินบาซอลต์หนา 25 กิโลเมตรนั้น ชัดกับตัวเลขที่ได้จากที่อื่น ลี (Lee) ได้จากยุโรปตอนเหนือว่าชั้นหินตะกอนหนา 1 กิโลเมตร ชั้นหินแกรนิตหนา 14 กิโลเมตร และชั้นหินบาซอลต์หนา 15 กิโลเมตร ในปี 2480 Jeffrey ได้พิจารณาข้อมูลยุโรปทั้งหมดที่มีอยู่อย่างจริงจัง และแล้วได้พบกับความไม่มีลักษณะเป็นเอกรูปอย่างมาก โดยสมมติความหนาของชั้นหินแกรนิต 17 กิโลเมตร และความหนาของชั้นหินบาซอลต์ 9 กิโลเมตร ส่วนทางแคลิฟอร์เนียตอนใต้ กูเตนเบิร์ก (Gutenberg) พบหลักฐานชั้นหิน 4 ชั้น หนา 14, 11, 6 และ 8 กิโลเมตรตามลำดับ และทางแคลิฟอร์เนียตอนเหนือบายเออเลย์ (Byerley) และวิลสัน (Wilson) ได้รับความหนาชั้นหิน 3 ชั้น คือ หนา 13, 12 และ 6 กิโลเมตรตามลำดับ ลีต (Leet) ได้พบปี 2476 ว่าชั้นพื้นผิวหนา 23 กิโลเมตรสำหรับ New England ผลของรอบเบอร์ตัน (Robertson) สำหรับที่ Missouri แสดงชั้นหิน 2 ชั้น คือ หนา 16 และ 13 กิโลเมตรตามลำดับ ความแตกต่างของตัวเลขปรากฏชัด แมเซลเวเน (Macelwane) ให้เหตุผลในการแสดงถึงความไม่สำเร็จที่จะหาจำนวนเหล่านี้โดยการผสมกลุ่มการรังวัดที่แตกต่างกันอันมีความละเอียดไม่พอจากแผ่นดินไหวเป็นอันมาก

เราจะไม่ถกแถลงในเรื่องนี้ต่อไป แต่เราจะสมมติโครงสร้างของชั้นหินแกรนิตปานกลางของเปลือกโลกภาคพื้นทวีปลึก 17.5 กิโลเมตร มีความหนา 2.67 และชั้นหินบาสอลต์ลึก 17.5 กิโลเมตร มีความหนา 3.00 ต่อไป อย่างไรก็ตาม ขณะที่เราใช้ตัวเลขเหล่านี้จะต้องระลึกถึงความไม่แน่นอนอันเป็นผลจากการแปรเปลี่ยนของโครงสร้าง

แม้จากข้อมูลปัจจุบันของเปลือกโลกใต้มหาสมุทรก็น้อยกว่าข้อมูลที่ได้นบนบกหรือบนภาคพื้นทวีปก็ตาม แต่ข้อมูลเหล่านั้นกลับมีความสอดคล้องต้องกันเป็นอย่างดี อีวิง (Ewing) และบูลลาร์ด (Bullard) ได้เริ่มงานทางทะเล และดำเนินการต่อเนื่องด้วยเพื่อนร่วมงานของเขากับฮิล (Hill) และ เรตต์ (Raitt) ผลปรากฏว่าเปลือกโลกใต้มหาสมุทรประกอบด้วยชั้นหินบางปกตินาน้อยกว่า 1 กิโลเมตร จากตะกอนที่มีได้เกาะตัวแน่น (จากอัตราความเร็วคลื่น P นิดหน่อย v_p) สำหรับตะกอนหนา 1 กิโลเมตร ($v_p = 4.5 - 5.3$ กิโลเมตร/วินาที) ชั้นบาสอลต์บางที่ ($v_p = 6.5 - 7.0$ กิโลเมตร/วินาที) บางที่บรรจุเอาตะกอนเก่าแก่ หรือตะกอนธรรมดา (Dolomitized Sediments) และที่สุดไปถึงหินอัคนีที่มีซิลิกา (Silica) มากเกินไป (ตามเรตต์ $v_p = 8.0 - 8.6$ กิโลเมตร/วินาที) ดังนั้น ตราบเท่าที่ความรู้ของเรามีอยู่จนถึงปัจจุบัน บางทีเราอาจเข้าไปใกล้ความจริงถ้าเราสมมติว่าเปลือกโลกบริเวณมหาสมุทรที่แข็งประกอบด้วยตะกอนมีได้เกาะตัวแน่นหนา 0.8 กิโลเมตรโดยเฉลี่ยมีความหนา 2.0 และมีตะกอนหนา 2.5 กิโลเมตร ความหนา 2.7 ชั้นหินบาสอลต์หนา 5 กิโลเมตร ความหนา 3.0 และต่ำจากนั้นเป็นหินที่มีซิลิกามากเกินไป ซึ่งมีความหนา 3.27 ความคิดเห็นนี้เข้ากันได้กับการประมาณของคูเเนน (Kuenen) ว่ามีตะกอนหนา 3 กิโลเมตร ตลอดระยะเวลาทางธรณีที่ผ่านมา และเป็นไปตามแนวความคิดในการอธิบายและการแบ่งชั้นของหิน เพื่อให้เห็นภาพรายละเอียดยิ่งขึ้นเราอาจต้องเปลี่ยนความหนาของชั้นตะกอน และบางทีก็ชั้นหินบาสอลต์ เรตต์เน้นถึงความแปรเปลี่ยนของความหนาเหล่านี้

เมื่อสมมติว่าความไม่ต่อเนื่อง M เป็นแนวเชื่อมต่อระหว่างชั้นหินบาสอลต์และชั้นหินอัคนีที่มีซิลิกามากเกินไปแล้ว เปลือกโลก M ควรจะหนาเพียง 8.3 กิโลเมตร ดังนั้น จึงไม่น่าสงสัยใด ๆ ว่าตราบใดที่เกี่ยวข้องกับมหาสมุทรจะมีความแตกต่างกันมากระหว่างแนวความคิดเรื่องเปลือกโลกสองแห่งนี้ เปลือกโลก M และเปลือกแข็งเราพบหลักฐานว่าเปลือกโลกแข็งต้องหนาจาก 30-40 กิโลเมตร

เราพบหน้าหน้า P ของแท่งมวลที่หน้าตัดเป็นหน่วยบริเวณมหาสมุทร และภาคพื้นทวีปว่าอยู่ในภาวะสมดุลย์ถ้าทะเลมีความลึก 500 เมตร ซึ่งดูเหมือนเป็นตัวเลขที่ยอมรับได้สำหรับความลึกปานกลางของกลุ่มมหาสมุทรลึก

ตารางข้างล่างแสดงให้เห็นถึงความสมดุลซึ่งดูได้จากตัวเลขดังต่อไปนี้

ตาราง 2.1

เปลือกโลกบนภาคพื้นทวีป และในมหาสมุทร

						$\frac{5.1 \times 1.028}{0.8} \times 2.0$
						$\frac{2.5 \times 2.7}{5.0 \times 3.0}$
						$\frac{21.6 \times 3.27}{17.5 \times 3.00}$
ความหนา	ความแน่น	น้ำหนัก (บก)	ความหนา	ความแน่น	น้ำหนัก(ทะเล)	
		(P_c)			(P_o)	
17.5 กม.	× 2.67	= 46.73	5.1 กม.	× 1.028	= 5.24	
17.5 กม.	× 3.00	= 52.50	0.8 กม.	× 2.0	= 1.60	
			2.5 กม.	× 2.7	= 6.75	
			5.0 กม.	× 3.00	= 15.00	
			<u>21.6 กม.</u>	× 3.27	= <u>70.63</u>	
<u>35 กม.</u>		<u>99.23</u>	<u>35 กม.</u>		<u>99.22</u>	

ซึ่งในตารางนี้กำหนดตามข้อสมมติฐานของ Airy เกี่ยวกับความถ่วงให้เกิดสมดุลย์ของเปลือกโลก โดยสมมติให้เปลือกโลกภาคพื้นทวีป และมหาสมุทรประกอบด้วยมวลสารอย่างเดียวกัน มีความแน่น 2.67 ซึ่งลอยอยู่บนชั้นหินพลาสติกใต้เปลือกโลกที่มีความแน่น 3.27

สำหรับความหนา T กรณีไม่มีมวลสารลักษณะภูมิประเทศเลย คือ เป็น 0 ได้นำเอาค่าความหนา 20, 30, 40 และ 60 กิโลเมตรมาใช้ และตารางสำหรับลดทอนความถ่วงเชิงสมดุลของเปลือกโลกได้อาศัยความลึกเหล่านี้ จากการเขียนรูปตัดทางยาวจากความถ่วงโลกที่รังวัดมา 37 ค่าบนภาคพื้นทวีป เมื่อลดทอนลงตามตารางแล้ว ค่าของ T ในพื้นที่เหล่านั้นดูเหมือนอยู่ระหว่าง 20-30 กิโลเมตร น่าสนใจที่พบว่า เปลือกโลกทางตั้งตามที่กล่าวข้างต้นนั้น ผลปานกลางของ 2 ค่านี้เปลือกโลกก็อยู่ในภาวะสมดุลย์เสียแล้ว ในตาราง แทนกรณีนี้ และตารางให้น้ำหนักของเปลือกโลกลึกทางตั้งมีน้ำหนัก P_c และ

เกือบจะเท่ากับ P_c และ P_o ดังกล่าว และดังนั้น ผลทางความถ่วงตรวจสอบได้เป็นอย่างดีกับที่ได้ทางความสันสะเทือน ตาราง 2.2 เป็นเปลือกโลกที่เป็นระบบซึ่งใช้สำหรับการลดทอนความสมดุลของเปลือกโลก

ตาราง 2.2

	ความหนา		ความแน่น		P_c
25×2.67	25 กิโลเมตร	\times	2.67	=	66.75
	10 กิโลเมตร	\times	3.27	=	<u>32.7</u>
					99.45

เราอาจถามว่าความลึกของน้ำทะเลนั้นลึกมากอย่างไรหากไม่มีตะกอนปกคลุมทับถมชั้นหินบาชอลต์ ทำการเปรียบเทียบเปลือกโลกภาคพื้นทวีปทางตั้งที่ตรงกันกับเสื้อไออันนี้ เราพบว่าความลึก 6,200 เมตร จะเกิดผลภาวะสมดุล น้ำหนัก P_o ของรอยตัดทางขวางหน่วยหนึ่งนั้นจะเป็น

$$\begin{aligned} P_o &= 6.2 \times 1.028 + 5 \times 3.00 + 23.8 \times 3.27 \\ &= 6.37 + 15.00 + 77.83 \\ &= 99.20 \end{aligned}$$

และค่าตรวจสอบกันได้ด้วยกับ P_c จากตาราง 2.1 หากเราสมมติว่าไม่มีหินบาชอลต์ และให้พื้นมหาสมุทรก่อตัวด้วยสสารพิเศษ มีความแน่น 3.27 เราพบที่ความลึกมหาสมุทร 6,800 เมตร น้ำหนักโครงสร้างทางลึกของเปลือกโลกจะเป็น

$$\begin{aligned} P &= 6.8 \times 1.028 + 28.2 \times 3.27 \\ &= 6.99 + 92.21 \\ &= 99.20 \end{aligned}$$

เนื่องจากวิทยาทางสันสะเทือนแสดงว่าเมื่อผลความกดเพิ่มขึ้น และไม่คำนึงถึงอุณหภูมิความแน่น 3.27 บางทีอาจลึกลงไปถึง 100 กิโลเมตร เราจะมาถึงข้อยุติที่น่าสนใจว่า ความลึกที่ได้รับจะเป็นความลึกสูงสุดสำหรับพื้นมหาสมุทรในภาวะสมดุลย์ของเปลือกโลก ผลอันนี้ดูเหมือนสอดคล้องกับค่าความลึกของพื้นมหาสมุทรอันกว้างใหญ่ได้อย่างดี ซึ่งมักลึกไม่เกิน 6,500 กิโลเมตรมากนัก

5.2 ชั้นหินแมนเทิล

ส่วนของโลกที่อยู่ถัดใต้ หรือแกนในของโลกโดยไม่นับเอาเปลือกโลกซึ่งอยู่ชั้นนอกสุดเข้าไว้ด้วยเรียกว่า **หินแมนเทิล** เปลือกนอกสุดเรียก **เปลือกโลก** ส่วนใหญ่ของโลกซึ่งอยู่ระหว่างแนวเขตกัน M และความไม่ต่อเนื่องลึก 2,900 กิโลเมตรจะถึงชั้นหินแมนเทิล ในตัวของชั้นหินแมนเทิลเองไม่ปรากฏหลักฐานว่ามีความไม่ต่อเนื่อง แต่มีได้หมายถึงความแน่นคงที่

เบิร์ช (Berch) ได้หาโค้งความแน่นไว้หลังจากได้ลดทอนสภาวะเชิงอุณหภูมิจากความกดดันในแต่ละค่าสู่พื้นผิวด้วยผลที่น่าสนใจยิ่ง เขาได้พบชั้นหินแมนเทิลส่วนบนใต้เปลือกโลกไปจนถึงความลึก 200 กิโลเมตร ซึ่งบางที่มีความแน่นคงที่ประมาณ 3.3 ต่อไปชั้นความลึกจาก 200-900 กิโลเมตร ความแน่นเปลี่ยนไปที่ละน้อยจาก 3.3 ถึง 4.0 และในที่สุดชั้นหินจาก 900-2,900 กิโลเมตร ความแน่นคงที่เป็น 4.0 โดยตลอด ข้อเท็จจริงมีอยู่ว่าส่วนใหญ่ของชั้นหินแมนเทิลซึ่งลึกถึงจาก 900-2,900 กิโลเมตรนั้น ดูเหมือนจะเป็นจุดที่ประกอบขึ้นด้วยสิ่งที่เหมือนกัน จึงทำให้รักษาความแน่นอยู่ในสภาพเช่นนั้น ชั้นบนของหินแมนเทิล 200 กิโลเมตร ปรากฏว่าประกอบขึ้นด้วยสิ่งที่เหมือนกันด้วย แต่จาก 200 กิโลเมตรลงไปกว่า 700 กิโลเมตร ความแน่นเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

เมื่อเอาหลักฐานต่าง ๆ นี้รวมเข้าด้วยกัน Vening Meinesz เอนเอียงที่จะเชื่อว่ากระแสนำความร้อนปรากฏมีอยู่ทั่วความหนาทั้งหมดของชั้นหินแมนเทิลที่อยู่ใต้เปลือกโลกแข็ง การยอมรับข้อสมมติฐานอันนี้ต้องการข้อสมมติจากการประกอบขึ้นด้วยมวลสารที่เหมือนกัน เชิงเคมีตลอดความลึกทั้งหมดนั้น ซึ่งหมายความว่า การเปลี่ยนแปลงเป็นก้อนต่าง ๆ ของหิน 2 ชั้น คือ ชั้นบน (ลึกจาก 35 ถึง 200 กิโลเมตร) และหินชั้นล่าง (ลึกจาก 900-2,900 กิโลเมตร) และการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในระหว่างความลึก 700 กิโลเมตร

5.3 ใจกลางหรือไส้ในโลก (Core)

พุนจำลองของโลกซึ่งแสดง หรือเสนอให้เห็นนั้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างของชั้นหิน มีเหตุผลหลายประการทำให้เชื่อว่าการรวมกันของมวลสารที่มีกัมมันตภาพจะลดลงตามความลึก จากการศึกษาหินที่โผล่ขึ้นมาซึ่งครั้งหนึ่งเคยจมลึกลงไปเผยให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ส่วนใหญ่ของหินนั้นแข็งตัวจากภาวะเหลวมาก่อน หากโลกเหลวมาครั้งหนึ่งแม้จะไม่หลอมละลายขณะเดียวกันก็ตาม ความแตกต่างของส่วนต่าง ๆ ย่อมเกิดขึ้นได้จากการรวมตัวเป็นก้อน ธาตุต่าง ๆ มีทางโน้มแยกจากกันตามความแน่นของธาตุ ฉะนั้น โลหะหนัก เช่น เหล็ก จะจมลึกลงไป ส่วนธาตุอื่น เช่น ซิลิคอน (Silicon),

แคลเซียม (Calcium) และแมกนีเซียม (Magnesium) จะรวมตัวลอยอยู่ใกล้ ๆ พื้นผิว มวลสารเหล่านี้แม้จะถึงชั้นละลายแล้ว แต่ไม่อาจรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ กลับแยกตัวเองจัดเข้าชุดเป็นชั้นหิน ในห้วงจักรวาลส่วนมากเหล็กเป็นธาตุร่วมอันหนึ่ง และจะต้องคาดไว้ว่าส่วนเกินใด ๆ ของเหล็กจะไม่ผสมกับออกซิเจน, ซิลิคอน และอลูมิเนียม (Aluminum) ที่เป็นธาตุร่วมก็เพียงหินเท่านั้น จะจมลงสู่แก่นลึกในประเภทสารละลาย ที่ศูนย์กลางโลกคือ ใส้ หรือ โลกกลาง (Core) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเหล็ก และทองขาว ส่วนนอกของชั้นนี้เป็นชั้นของซิลิเกตซึ่งปนเหล็กเป็นอย่างมาก ซึ่งบางส่วนเป็นเหล็กเหมือนโลหะผสมอยู่ เนื่องจากชั้นหินที่อยู่ใกล้พื้นผิว ปริมาณมวลสารไม่ใช่โลหะจะลดลงจนกระทั่งถึงส่วนบนของชั้นหินแมนทีลที่เป็นหินซิลิเกต ซึ่งอยู่รอบ ๆ ใส้ในอันเป็นโลหะ ส่วนประกอบมีลักษณะใกล้เคียงกับส่วนประกอบของซิลิเกตส่วนใหญ่ เช่น ดูนิต (Dunite) หรือเพริโดไทต์ (Peridotite) เหนือจากนี้เป็นเปลือกโลกซึ่งมีส่วนประกอบเฉลี่ยใกล้เคียงกับส่วนประกอบของบาซอลต์ ณ ส่วนล่าง และมีแกรนิตอยู่ข้างบน

ส่วนนอกของใส้ในโลกเหลวพอที่จะกั้นการเดินทางของคลื่นสั่นสะเทือนชนิดทรานสเวอร์สไม่ให้ผ่านไปได้ Jeffrey ได้สาธิตให้เห็นว่าพฤติกรรมเช่นนี้ใส้ในต้องเป็นของเหลว ภายในใส้ในโลกลึกเข้าไปประมาณ 5,000 กิโลเมตร ปรากฏว่ามีความไม่ต่อเนื่อง ซึ่งบางที่อาจเกิดขึ้นในโซนผ่านแคบ ๆ จากความลึกประมาณ 4,980-5,120 กิโลเมตร ส่วนภายในโซนปกติเรียกใส้โลกส่วนใน ธรรมชาติของใส้โลกส่วนในเรายังไม่ทราบ ในปี 2489 Bullen แสดงความเห็นที่ว่าอัตราเร็วคลื่นสั่นสะเทือนสามารถจะอธิบายได้โดยการสมมติให้ใส้โลกส่วนในประกอบด้วยส่วนผสมของเหล็ก และทองขาวอย่างเดียว ส่วนภายนอกของใส้ในเป็นส่วนที่มีสภาวะแข็ง ในปี 2495 Bullen ได้ถกเถียงบางเรื่องเกี่ยวกับส่วนประกอบของมวลสารอย่างเดียวกัน และว่าภายในใส้ส่วนในมีปริมาณมวลสารที่แน่นกว่าเหล็ก และทองขาว

ทฤษฎีใหม่ได้ทอแสงอันยิ่งใหญ่ให้เห็นเงาของธรรมชาติเกี่ยวกับใส้ในโลกเมื่อไม่นานมานี้ ทฤษฎีใหม่เกี่ยวข้องกับสภาพการเป็นแม่เหล็กในระยะเวลายาวอันเนื่องมาจากความไม่เป็นระเบียบของการหมุนรอบตัวเองของโลก Newcomb เป็นคนพบคนแรก และนักดาราศาสตร์มากมายได้ทำการศึกษาตรวจพิจารณาต่อมา ปรากฏการณ์ห้วงคู่มิการแปรผันตามเวลาค่อย ๆ กัน ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาสองสามศตวรรษเนื่องจากทั้งเปลือกโลก และชั้นหินแมนทีลไม่มีการเคลื่อนไหวได้เพียงพอที่จะอธิบายปรากฏการณ์เหล่านี้ได้ และแม้จะว่าเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของมวลอันเกิดจากกระแสบรรยากาศ และมหาสมุทรก็ยังไม่เพียงพอตามความมุ่งหมายนี้อีก แนวความคิดจึงเกิด

ขึ้นว่าบางทีการเคลื่อนตัวในไส้ในนั้นอาจเป็นต้นเหตุก็ได้ ที่สอดคล้องกับความคิดเห็นเหล่านี้ คือ จากความจริงว่าแผนที่โลกแสดงการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของสภาพแม่เหล็ก ซึ่งเราได้ลอกมาจาก Vestine เฉพาะความเข้มทางตั้ง ณ ยุค 1912.5 และ 1942.5 แสดงจำนวนอันจำกัดของพื้นที่การแปรผันซึ่งมีขนาด และลักษณะที่ย่อมให้เราสมมติได้ว่าตัวการเกิดขึ้นที่ความลึก 3,000 กิโลเมตร ความจริงเช่นเดียวกันนี้เกิดจากการตรวจสอบพิจารณาของ Vestine โดยอาศัยฮาโมนิคทรงกลม (Spherical Harmonics) จากความลึกซึ่งบนแผ่นทรงกลมของกระแสไฟฟ้าอาจสมมติว่าผลิตสนามแม่เหล็กโลกออกมาในระยะยาวที่มีแรงแม่เหล็กไม่เท่ากัน เขาพบว่าความลึกควรเป็น 3,000 กิโลเมตร แต่ไม่ควรจะลึกกว่านั้น เพราะว่าถ้าลึกกว่านั้นชุดของสนามแม่เหล็กซึ่งนิพจน์ออกมาถึงสถานะทางกายภาพผิดแผกไป