บทที่ 2
ทฤษฎีคลื่นไหวสะเทือนด้านการหักเห

การสำรวจโดยใช้วิธีการทางด้านคลื่นไหวสะเทือนด้านการหักเหเป็นวิธีการหนึ่งทางด้านธรณีฟิสิกส์ซึ่งใช้หาโครงสร้างชั้นดิน-หินใต้พื้นโลก การสำรวจทางด้านคลื่นไหวสะเทือนในระดับตื้นความลึกไม่เกิน 100 เมตร จะใช้ในงานวิศวกรรมโยธาเพื่อสำรวจหาโครงสร้างพื้นดินในการก่อสร้างทางต่างๆ การสำรวจหาชั้นกรวดในบริเวณพื้นที่ดินตะกอนเพื่อหาชั้นน้ำบาดาล โดยการคำนวณหาความเร็วของคลื่นที่เคลื่อนที่ในชั้นดิน-หิน เราสามารถนำมาหาชนิด และความลึกของชั้น ดิน-หิน นั้นๆได้

การที่เราสามารถหาความเร็วของชั้นดิน-หินได้นั้น ก็เนื่องมาจากเมื่อมีคลื่นสั่นสะเทือนเกิดขึ้นโดยการที่อนุภาคของวัตถุใดๆถูกรบกวน อนุภาคในบริเวณนั้นจะถ่ายทอดพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนนี้ไปสู่อนุภาคถัดไป ในรูปการเคลื่อนที่ของคลื่นเดินทางผ่านชั้นดิน-หินนั้นๆ ไปสู่ตัวรับคลื่น (Geophone) ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่กำหนด ค่าเวลาที่ได้จากการที่คลื่นเดินทางมาถึง ณ ตัวรับคลื่นแต่ละตัว สามารถนำมาคำนวณหาความเร็วคลื่นภายในชั้นดิน-หิน นั้นๆได้ แหล่งกำเนิดคลื่นนี้อาจได้แก่ ระเบิด หรือการใช้ค้อนทุบลงไปบนแผ่นเหล็กที่ตั้งอยู่บนพื้นดิน พลังงานจากแหล่งกำเนิดนี้จะส่งผ่านสู่พื้นดิน โดยพลังงานบางส่วนจะเดินทางในชั้นดิน-หิน ชั้นบนสุดสู่ตัวรับคลื่นในแนวตรงจะเรียกว่า คลื่นตรง (Direct wave) ส่วนพลังงานบางส่วนจะเดินทางลงไปสู่ชั้นดิน-หินข้างใต้และหักเหจากแนวรอยต่อชั้นใต้ดินขึ้นมาสู่ตัวรับคลื่นเรียกว่า คลื่นหักเห (Reflection wave) เวลาที่ได้จากตัวรับคลื่นที่ตำแหน่งต่างๆ เราสามารถนำมาคำนวณค่าความเร็วคลื่น และความหนา ของชั้นดิน-หิน ได้

โดยหลักการหาทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นจะสามารถหาได้จากหลักการและกฎต่างๆดังนี้

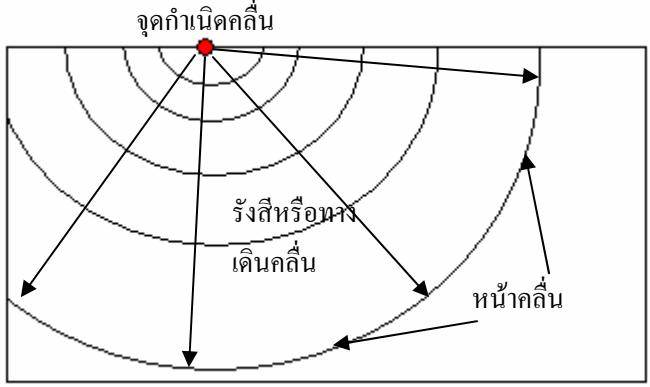
2.1 หลักการของฮอยเกนส์ (Huygens' Principle)

Christian Huygens (1626-1695) นักคณิตศาสตร์ ดาราศาสตร์ และฟิสิกส์ชาวเนเธอร์แลนด์ ได้ตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับคลื่นแสงว่า "ทุกๆจุดบนหน้าคลื่นสามารถถือได้ว่าเป็นจุดกำเนิดคลื่นตัวใหม่ ซึ่งทำให้คลื่นเคลื่อนที่ออกไปได้ทุกทิศทางด้วยอัตราเร็วคลื่นเดิม"

2.2 หลักการของเฟอร์แมท (Fermat's Principle)

Pierre de Fermat (1601-1665) นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้กล่าวถึง หลักการเคลื่อนที่ของคลื่นและเป็นที่รู้จักทั่วไปว่า "การเดินทางของคลื่นจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ระยะทางที่ถือเป็นทางเดินคลื่น คือระยะทางที่สั้นที่สุดที่คลื่นใช้ในการเดินทาง (minimum path)

โดยจากหลักการนี้เราจึงสามารถลากทางเดินของคลื่นเป็นเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และถือว่าเส้นตรงที่ลากนี้เป็นทางเดินรังสีของคลื่นได้



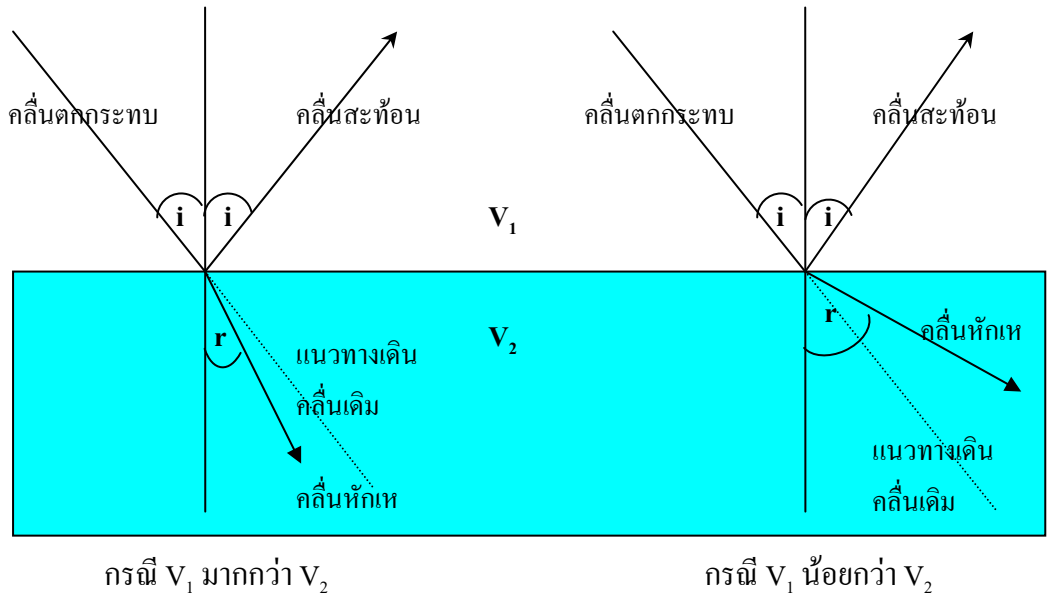
ภาพประกอบที่ 2.1 หน้าคลื่นที่เดินทางออกเป็นรูปวงกลม และทางเดินคลื่น (raypath) ซึ่งลากตั้งฉากกับหน้าคลื่น

สำหรับคลื่นใดๆทางเดินคลื่นสามารถหาได้จากการลากเส้นตรงออกจากจุดกำเนิดคลื่นและตั้งฉากกับหน้าคลื่น ดังภาพประกอบที่ 2.1 ในการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนนี้เราใช้ทางเดินคลื่นเพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของคลื่น เพื่อง่ายต่อการกำหนดทิศทางที่คลื่นวิ่งลงสู่ชั้นดิน-หินและสู่ตัวรับคลื่นทำให้ง่ายต่อการคำนวณหาเวลาในการเดินทางของคลื่น

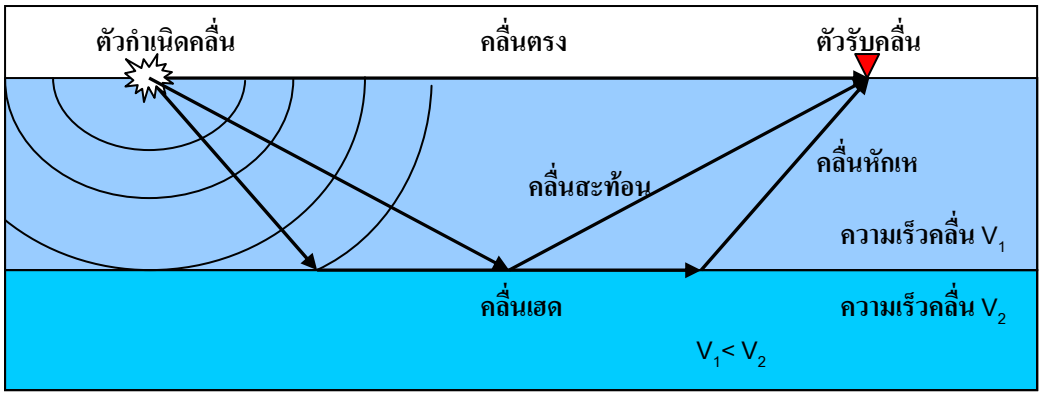
2.3 กฎการสะท้อนและการหักเหของคลื่น

การเปลี่ยนเส้นทางเดินของคลื่นเมื่อคลื่นเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความเร็วคลื่นต่างกัน สามารถอธิบายได้โดยใช้กฎของสเนลล์ ดังสมการที่ (2.1) โดยในการพิจารณาเส้นทางการหักเหของคลื่นจะเลือกเส้นทางที่คลื่นใช้เวลาในการเดินทางน้อยที่สุดสู่ตัวรับคลื่น โดยมีเงื่อนไขว่าชั้นดิน-หินที่สำรวจแต่ละชั้นจะต้องมีความเร็วคลื่นของชั้นล่างมากกว่าความเร็วคลื่นของชั้นบนเสมอ คลื่นหักเหจึงจะสามารถเคลื่อนที่กลับสู่ผิวดินและเข้าสู่ตัวรับคลื่นที่วางอยู่บนผิวดินได้

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} \qquad (2.1)$$



ภาพประกอบที่ 2.2 การหักเหของทางเดินคลื่นเมื่อผ่านผิวรอยต่อระหว่างตัวกลางใดๆ ซึ่งเป็นไปตามกฎของสเนลล์



ภาพประกอบที่ 2.3 เส้นทางเดินของคลื่นชนิดต่างๆ เมื่อผ่านชั้นตัวกลางและวิ่งเข้าสู่ตัวรับคลื่น

2.4 รูปแบบ ทางเดินรังสีหักเหเชิงเรขาคณิตของระนาบ

2.4.1 โครงสร้างใต้ผิวดินหนึ่งชั้น

การหาโครงสร้างใต้ผิวดินหนึ่งชั้น สามารถหาได้จากเวลาในการเดินทางมาถึงยังตัวรับคลื่น ณ ตำแหน่งต่างๆ ของคลื่นตรง ซึ่งจะต้องกำหนดให้ชั้นดิน-หินมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ซึ่งหมายถึงความเร็วคลื่นมีค่าเท่ากันตลอดในตัวกลาง โดยเวลาที่คลื่นเดินทางมาถึง ณ ตัวรับคลื่นใดสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.2

$$t = \frac{x}{v_1} \tag{2.2}$$

เมื่อ

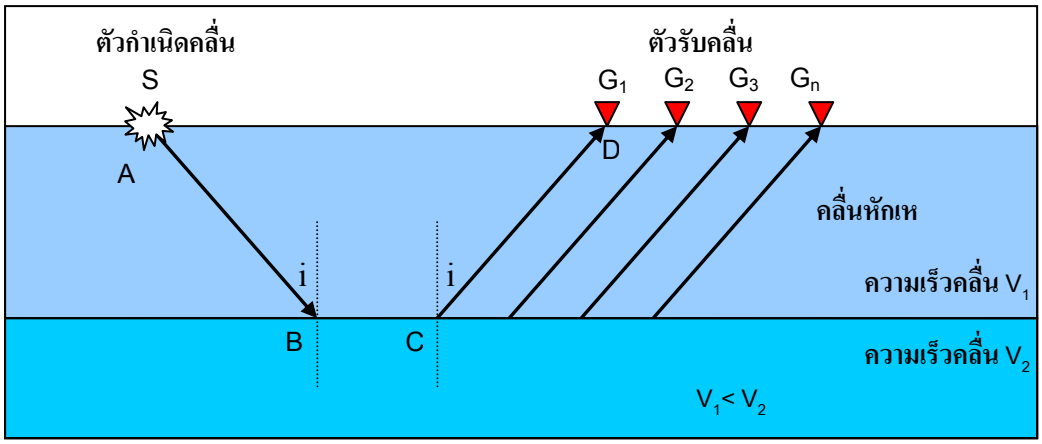
x คือ ระยะทางจากตัวกำเนิดคลื่นถึงตัวรับคลื่น ณ ตำแหน่งที่สนใจ

v1 คือ ความเร็วคลื่นของดินชั้นแรก

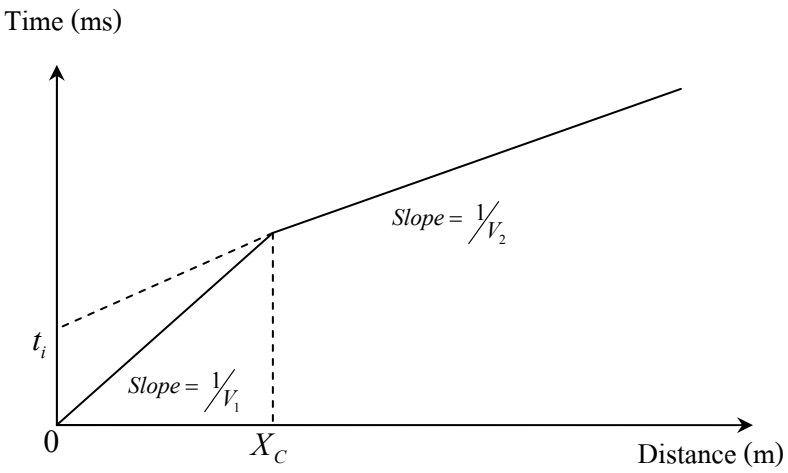
t คือ เวลาที่คลื่นใช้เดินทางมาถึงยังตัวรับคลื่นที่สนใจ

2.4.2 โครงสร้างใต้ผิวดินสองชั้นไม่มีการเทเอียง

พิจารณาทางเดินคลื่นที่ผ่านตัวกลางสองตัวกลางและเกิดการหักเหที่เป็นไปตามกฎของ สเนลล์ (Snell's Law) โดยสมมติให้ใต้ผิวดินมีชั้นหินสองชั้นวางตัวในแนวระนาบ มีความเร็วคลื่นของชั้นดิน-หินคงตัวในแต่ละชั้น และความเร็วคลื่นของชั้นที่อยู่ลึกกว่าจะต้องมีความเร็วคลื่นที่มากกว่าชั้นบนเสมอ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.4 เมื่อทำการสำรวจแบบหักเห เราจะทำการส่งคลื่นสัญญาณเคลื่อนออกจากตัวกำเนิดคลื่นไปสู่รอยต่อระหว่างชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง เมื่อคลื่นตกกระทบทำมุมวิกฤต จะเกิดคลื่นหักเหหรือคลื่นเฮดจะวิ่งไปกับรอยต่อและวิ่งกลับสู้ผิวดินเข้าสู่ตัวรับคลื่นด้วยมุมเดียวกันกับมุมวิกฤต



ภาพประกอบที่ 2.4 การเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหไปสู่ตัวรับคลื่นที่ผิวดิน กรณี 2 ชั้นขนาน ($V_1<V_2$)



ภาพประกอบที่ 2.5 แสดงกราฟระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคลื่นกรณี 2 ชั้นขนาน

จากภาพประกอบที่ 2.4 เวลาที่คลื่นเดินทางจากจุด A ไปยังตัวรับคลื่นที่ จุด D คลื่นจะมีแนวทางเดินจาก $A \to B \to C \to D$ ดังนั้น เราสามารถเขียนเวลาทั้งหมด (T) ที่ใช้ในการเดินทางจากตัวกำเนิดคลื่นถึงตัวรับคลื่นได้ดังนี้

$$T = t_{AB} + t_{BC} + t_{CD} = \frac{AB}{V_1} + \frac{BC}{V_2} + \frac{CD}{V_1} \tag{2.3}$$

จากลักษณะรูปทรงทางเรขาคณิตเราทราบว่า

$$t_{AB} = t_{CD} = \frac{h}{\cos i V_1} \tag{2.4}$$

$$t_{BC} = \frac{X - 2h\tan i}{V_2} \tag{2.5}$$

แทน สมการ 2.4 และ 2.5 ในสมการ 2.3

$$T = \frac{h}{\cos i V_1} + \frac{X - 2h\tan i}{V_2} + \frac{h}{\cos i V_1}$$

$$= \frac{X}{V_2} + \frac{2h}{V_1 \cos i}(1 - \frac{V_1}{V_2}\sin i) \tag{2.6}$$

จากกฎของสเนลล์(Snell's Law) เมื่อมุมตกกระทบเป็นมุมวิกฤต

$$\sin i = \frac{V_1}{V_2} \qquad \text{และ} \qquad \cos^2 i = 1 - \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

ดังนั้นจะได้

$$T = \frac{X}{V_2} + \frac{2h}{V_1 \cos i}(1 - \frac{V_1^2}{V_2^2}) \qquad = \frac{X}{V_2} + \frac{2h\cos i}{V_1} \tag{2.7}$$

และเพราะว่า

$$\cos i = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$$

แทนค่า จะได้

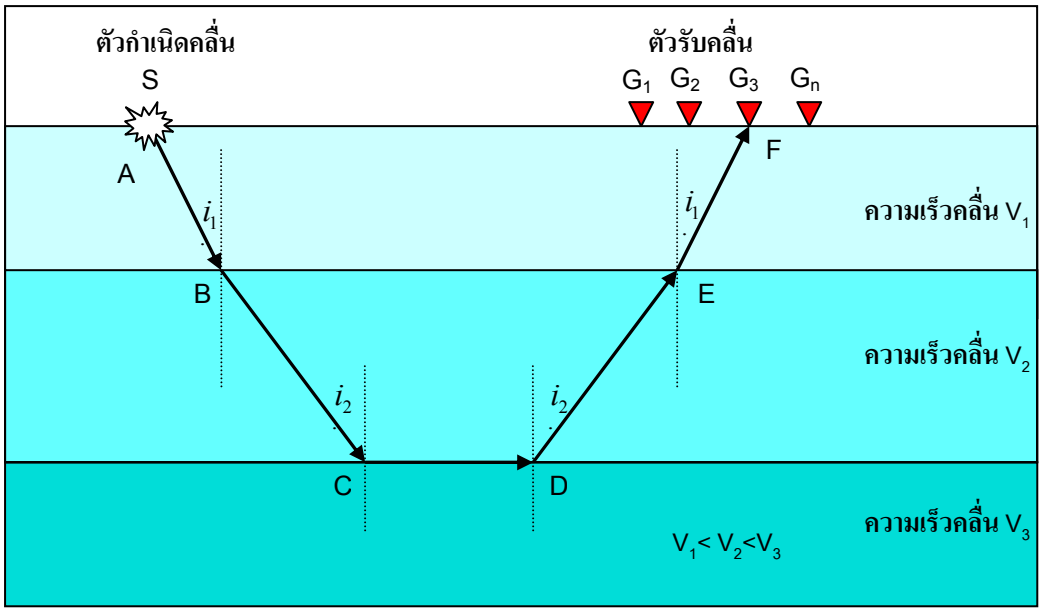
$$T = \frac{X}{V_2} + \frac{2h(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}}{V_1 V_2} \tag{2.8}$$

จากสมการที่ 2.8 จะเห็นว่าเป็นสมการเส้นตรง โดยที่เมื่อพล๊อตกราฟระหว่างระยะทางและเวลาใดๆ จะได้ความลาดชันคือ $\frac{1}{V_2}$ และมีค่าคงที่ของจุดตัดแกนที่ x = 0 คือ ค่า $\frac{2h(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}}{V_1 V_2}$ นั่นเอง

ดังนั้นจากภาพประกอบที่ 2.5 การหาโครงสร้างใต้ผิวดิน สามารถทำได้โดยการบันทึกเวลาของคลื่นที่เข้ามายังตัวรับคลื่นที่ตำแหน่งต่างๆ โดยวางตัวรับคลื่นเป็นแนวเส้นตรง จากนั้นจะสามารถหาความเร็วคลื่นใต้ผิวดินได้ จากการพิจารณาค่าส่วนกลับของความลาดชันของแนวเส้นทางเดินคลื่น

2.4.3 การหาโครงสร้างใต้ผิวดินของระนาบสามชั้นและหลายๆชั้นไม่มีการเทเอียง

การหาโครงสร้างใต้ผิวดินของระนาบสามชั้นและหลายๆชั้นไม่มีการเทเอียง ในกรณีนี้ก็สามารถคำนวณคล้ายกันกับกรณีสองชั้น และต้องอยู่ภายในเงื่อนไขคือ ความเร็วของคลื่นแต่ละชั้นจะต้องมีความเร็วคงที่ตลอดทั้งชั้น และความเร็วคลื่นต้องเพิ่มมากขึ้นตามความลึก สมการของแนวทางเดินคลื่นพิจารณาจากรูปเชิงเรขาคณิตดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.6

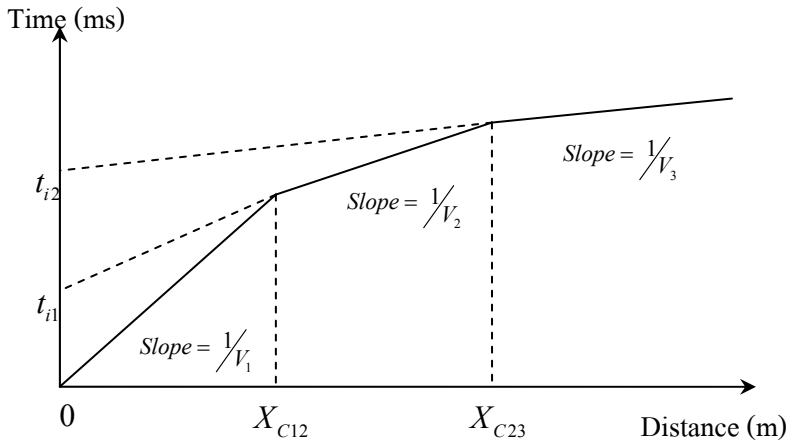


ภาพประกอบที่ 2.6 แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหไปสู่ตัวรับคลื่นที่ผิวดิน กรณี 3 ชั้นขนาน ($V_1<V_2<V_3$)

เวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทางจากจุดกำเนิดคลื่นมาที่ตัวรับคลื่นคือ

$$T = t_{AB} + t_{BC} + t_{CD} + t_{DE} + t_{EF}$$

$$= \frac{AB}{V_1} + \frac{BC}{V_2} + \frac{CD}{V_3} + \frac{DE}{V_2} + \frac{EF}{V_1} \qquad (2.9)$$



ภาพประกอบที่ 2.7 กราฟระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคลื่นกรณี 3 ชั้น

$$T = \frac{2h_1}{V_1 \cos i_1} + \frac{2h_2}{V_2 \cos i_2} + \frac{X - 2h_1 \tan i_1 - 2h_2 \tan i_2}{V_3}$$

$$= \frac{X}{V_3} + \frac{2h_1(V_3^2 - V_1^2)^{1/2}}{V_3 V_1} + \frac{2h_2(V_3^2 - V_2^2)^{1/2}}{V_3 V_2} \qquad (2.10)$$

หรือเขียนเป็นสมการทั่วไปกรณี n ชั้น ไม่มีการเทเอียงได้

$$T = \frac{X}{V_n} + \frac{2}{V_n} \sum_{i=1}^{n-1} h_i \frac{(V_n^2 - V_i^2)^{1/2}}{V_i} \qquad (2.11)$$

2.4.4 การหาโครงสร้างใต้ผิวดินของระนาบสองชั้นแบบมีการเอียงเท

การหาโครงสร้างใต้ผิวดินระนาบสองชั้นแบบมีการเอียงเท โดยที่ค่าความเร็วคลื่นแต่ละชั้นต้องมีค่าคงที่ และจะต้องมีการเอียงเทในแนวระนาบไปทางด้านใดด้านหนึ่ง โดยที่ค่าความเร็วคลื่นของชั้นที่อยู่ลึกจะต้องมีค่าความเร็วคลื่นมากกว่าชั้นที่อยู่ตื้น

เวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทางจากจุดกำเนิดคลื่นมาที่ตัวรับคลื่นคือ

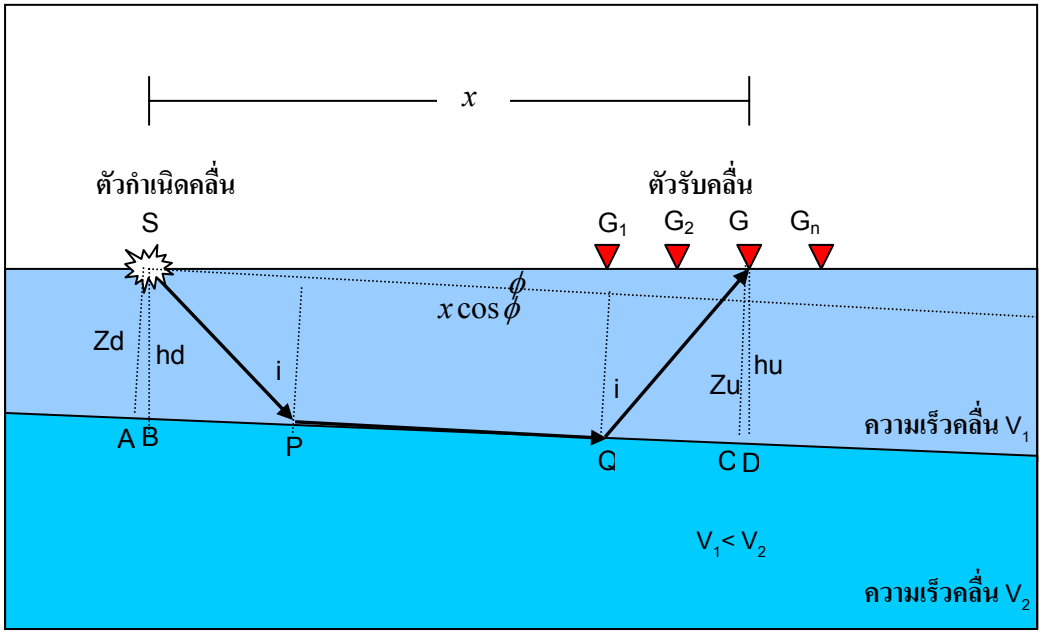
$$T = t_{SP} + t_{PQ} + t_{QG} = \frac{SP + QG}{V_1} + \frac{PQ}{V_2} \qquad (2.12)$$

โดยที่

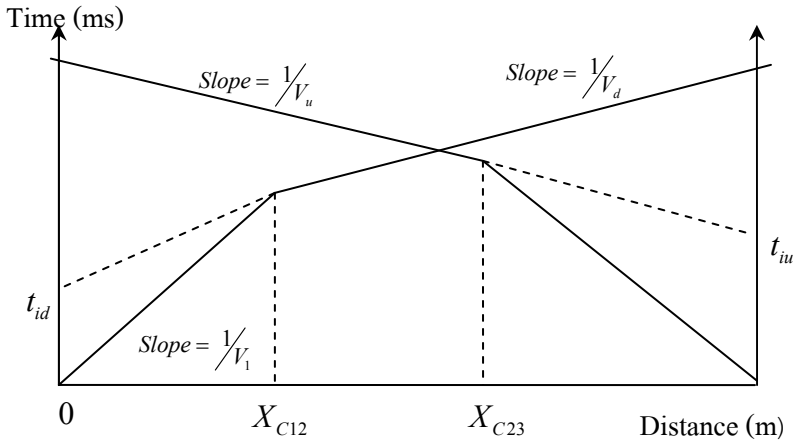
$$t_{SP} + t_{QG} = \frac{Z_d + Z_u}{V_1 \cos i} \quad \text{และ} \quad t_{PQ} = \frac{X \cos\phi - (Z_d + Z_u)\tan i}{V_2}$$

จะได้

$$T = \frac{X \cos\phi}{V_2} + \frac{(Z_d + Z_u)\cos i}{V_1} \tag{2.13}$$



ภาพประกอบที่ 2.8 การเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหไปสู่ตัวรับคลื่นที่ผิวดิน กรณี 2 ชั้นเอียง (V_1<V_2)



ภาพประกอบที่ 2.9 กราฟระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคลื่นกรณี 2 ชั้น เอียง

และเพราะว่า $Z_u = Z_d + X\sin\phi$

จะได้ T_d

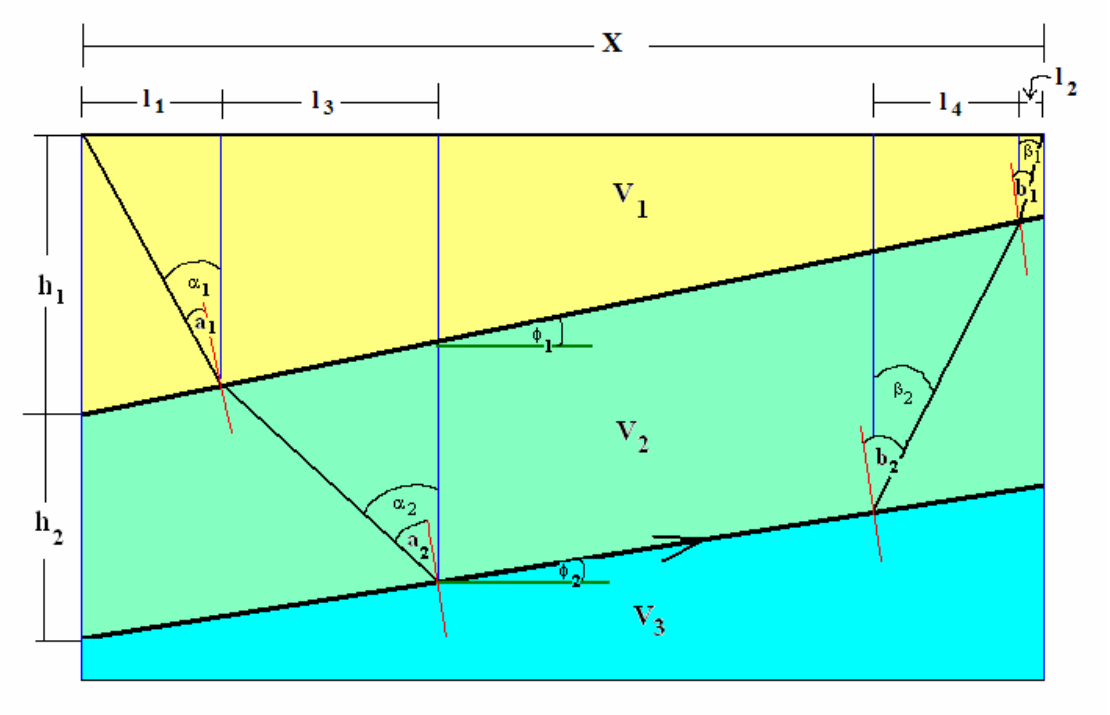
$$T_d = \frac{X}{V_1}\sin(i+\phi) + \frac{2Z_d\cos i}{V_1} \tag{2.14}$$

ทำนองเดียวกัน จะได้ T_u

$$T_u = \frac{X}{V_1}\sin(i-\phi) + \frac{2Z_u\cos i}{V_1} \tag{2.15}$$

2.4.5 การหาโครงสร้างใต้ผิวดินของระนาบหลาย ชั้นแบบมีการเทเอียง

กรณีหลายชั้น จะมีหลักการเช่นเดียวกับ 2 ชั้น แต่การพิสูจน์จะใช้วิธีพิสูจน์แบบอาดาชิ (Adachi) ซึ่งได้พิสูจน์เอาไว้เมื่อปี 1954 โดยสามารถเขียนสมการของเวลาของชั้นใดๆ ได้ดังนี้



ภาพประกอบที่ 2.10 การเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเหไปสู่ตัวรับคลื่นที่ผิวดิน กรณี 3 ชั้นเอียง (Stephen, 1976)

พิจารณา ชั้นดิน-หิน 3 ชั้นดังภาพประกอบที่ 2.10 สำหรับคลื่นหักเหที่เกิดจากการหักเหที่รอยต่อแรก สามารถหาโปรเจกชัน (Projections) ของรังสีคลื่นที่เดินทางลงและขึ้นซึ่งคือ l_1 และ l_2 ได้ในเทอมของ H_1 และมุมเท ϕ_1 จะได้

$$\frac{l_1}{\tan\alpha_1} = H_1 - l_1 \tan w_2 \qquad (2.16)$$

จาก

$$\cos a_1 = \cos(\alpha_1 - w_2) = \cos\alpha_1 \cos w_2 + \sin\alpha_1 \sin w_2$$

ดังนั้น

$$l_1 = \frac{H_1 \tan \alpha_1}{1 + \tan \alpha_1 \tan w_2}$$

$$= \frac{H_1 \sin \alpha_1 \cos w_2}{\cos a_1} \tag{2.17}$$

เช่นเดียวกัน

$$\frac{l_2}{\tan \beta_1} = H_1 - x \tan w_2 + l_2 \tan w_2 \tag{2.18}$$

$$l_2 = \frac{(H_1 - x \tan w_2) \tan \beta_1}{1 - \tan \beta_1 \tan w_2}$$

$$= \frac{H_1 \cos w_2 \sin \beta_1}{\cos b_1} - \frac{x \sin w_2 \sin \beta_1}{\cos b_1} \tag{2.19}$$

เวลาที่คลื่นหักเหจากชั้นที่ 2 เดินทางมาถึง ณ ตัวรับคลื่นที่ระยะ x คือ

$$t(2) = \frac{l_1}{V_1 \sin \alpha_1} + \frac{l_2}{V_1 \sin \beta_1} + \frac{x - l_1 - l_2}{V_2 \cos w_2} \tag{2.20}$$

จาก $\alpha_i = a_i + \phi_i$ และ $\beta_i = b_i - \phi_i$ สำหรับกรณี i = 1 และกฎของสเนลล์ จะได้

$$\frac{1}{V_2} = \frac{\sin a_1}{V_1} = \frac{\sin b_1}{V_1}$$

แทนในสมการที่ (2.20) จะได้

$$t(2) = \frac{x \sin \beta_1}{V_1} + \frac{H_1}{V_1}(\cos \alpha_1 + \cos \beta_1) \tag{2.21}$$

และสำหรับคลื่นหักเหที่เกิดจากการหักเหที่รอยต่อที่สอง สามารถหาโปรเจกชัน (Projections) ของรังสีคลื่นที่เดินทางลงและขึ้นซึ่งคือ l_3 และ l_4 ได้จาก

$$\frac{l_3}{\tan\alpha_2} = H_1 + H_2 + (l_1 + l_2)\tan w_3 - \frac{l_1}{\tan\alpha_1} \tag{2.22}$$

$$l_3 = \frac{H_1 \sin\alpha_1 \sin\alpha_2 \sin(w_2 - w_3)}{\cos a_1 \cos a_2} + \frac{H_2 \sin\alpha_2 \cos w_3}{\cos a_2} \tag{2.23}$$

เช่นเดียวกันกับ

$$\frac{l_4}{\tan\beta_2} = H_1 + H_2 - x\tan w_3 + (l_2 + l_4)\tan w_3 - \frac{l_2}{\tan\beta_1} \tag{2.24}$$

และเขียนได้เป็น

$$l_4 = \frac{H_1 \sin\beta_1 \sin\beta_2 \sin(w_3 - w_2)}{\cos b_1 \cos b_2} + \frac{H_2 \sin\beta_2 \cos w_3}{\cos b_2} - \frac{x\cos\beta_1 \sin\beta_2 \sin(w_3 - w_2)}{\cos b_1 \cos b_2} \tag{2.25}$$

ดังนั้นเวลาที่คลื่นหักเหจากชั้นที่ 2 เดินทางมาถึง ณ ตัวรับคลื่นที่ระยะ x คือ

$$t(3) = \frac{l_1}{V_1 \sin\alpha_1} + \frac{l_2}{V_1 \sin\beta_1} + \frac{l_3}{V_2 \sin\alpha_2} + \frac{l_4}{V_2 \sin\beta_2} + \frac{x - l_1 - l_2 - l_3 - l_4}{V_3 \cos w_3} \tag{2.26}$$

จาก $\alpha_i = a_i + \phi_i$ และ $\beta_i = b_i - \phi_i$ สำหรับกรณีที่ i =1 และ i =2 และกฎของสเนลล์ จะได้

$$\frac{\sin a_1}{V_1} = \frac{\sin(\alpha_2 - w_2)}{V_2}$$

$$\frac{\sin b_1}{V_1} = \frac{\sin(\beta_2 + w_2)}{V_2}$$

$$\frac{V_2}{V_3} = \sin a_2 = \sin b_2$$

แทนในสมการที่ จะได้

$$t(3) = \frac{x \sin \beta_1}{V_1} + \frac{H_1}{V_1}(\cos \alpha_1 + \cos \beta_1) + \frac{H_2}{V_2}(\cos \alpha_2 + \cos \beta_2) \qquad (2.27)$$

ซึ่งจากทั้งสมการที่ (2.21) และ (2.27) นำมาเขียนในรูปทั่วไปได้เป็น

กรณีคลื่นเคลื่อนที่ลง

$$T_d(k) = \frac{x \sin \beta_1}{V_1} + \sum_{i=1}^{k-1} \frac{H_i}{V_i}(\cos \alpha_i + \cos \beta_i) \qquad (2.28)$$

กรณีคลื่นเคลื่อนที่ขึ้น

$$T_u(k) = \frac{x \sin \alpha_1}{V_1} + \sum_{i=1}^{k-1} \frac{H_i}{V_i}(\cos \alpha_i + \cos \beta_i) \qquad (2.29)$$

โดยที่

$$\alpha_i = a_i + \phi_i \quad \text{และ} \quad \beta_i = b_i - \phi_i$$

k คือ จำนวนชั้นดินทั้งหมด

H_i คือ ความลึกของชั้นดินชั้นที่ i ซึ่งอยู่ใต้จุดกำเนิดคลื่น

V_i คือ ความเร็วของชั้นดินชั้นที่ i

α_i , β_i คือ มุมที่รังสีตกกระทบและรังสีหักเหของคลื่นกระทำกับเส้นตั้งฉากในแนวดิ่งตามลำดับ

ϕ_i คือ มุมเอียงของชั้นดิน (Dip Angle)

a_i , b_i คือ มุมตกกระทบ และมุมหักเหตามลำดับ

x คือ ระยะห่างระหว่างจุดกำเนิดคลื่น (Shot Point) กับตัวรับคลื่น (Geophone)