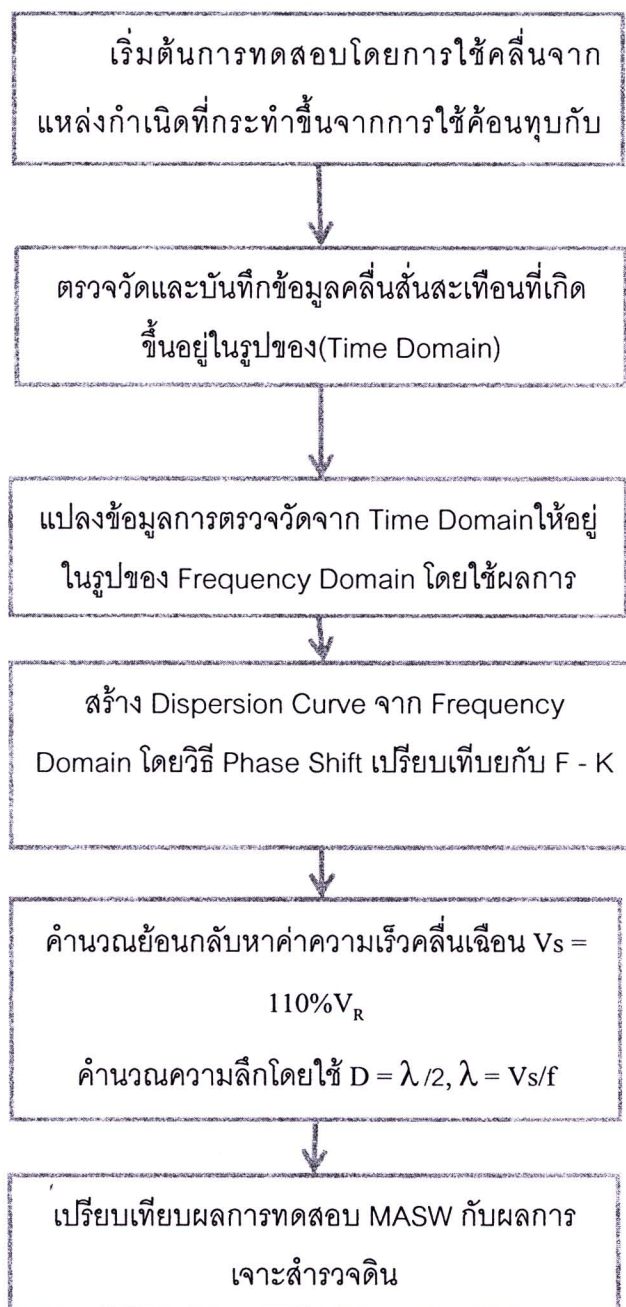


บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

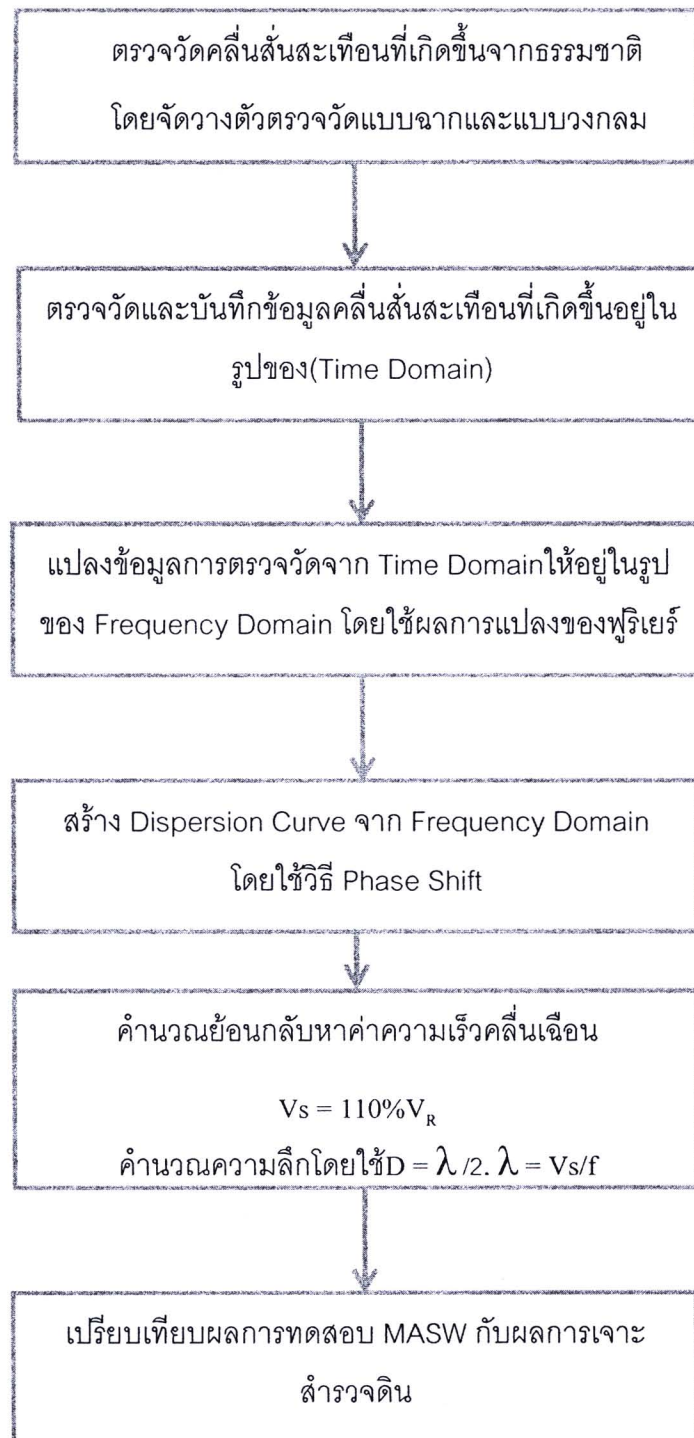
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิธีการทดสอบแบบแอดทีฟ



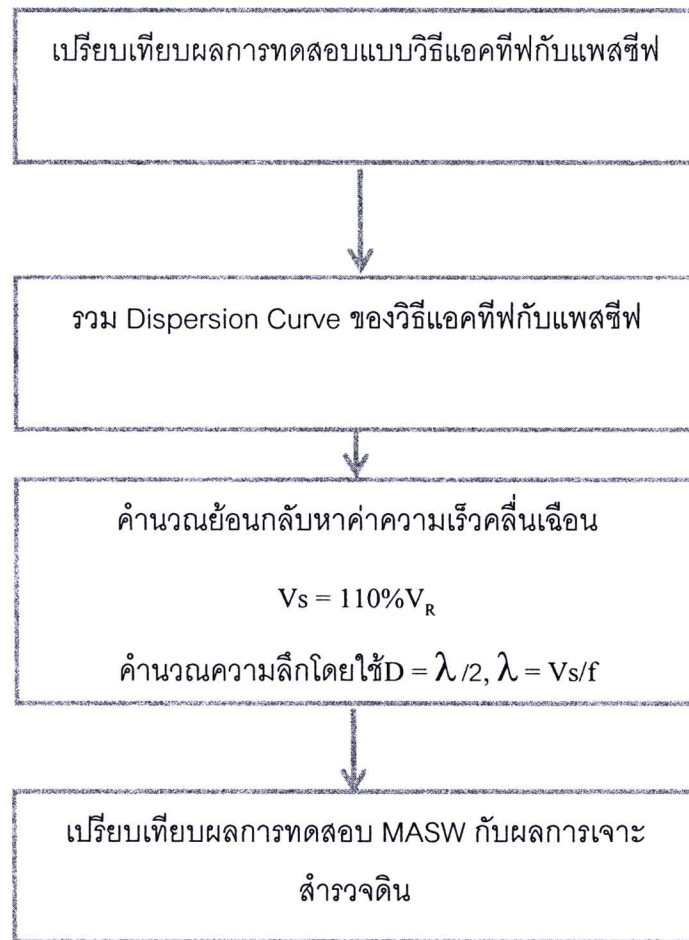
ภาพที่ 3.1 Flow chart แสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงานของวิธีทดสอบแบบแอดทีฟ

3.1.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิธีการทดสอบแบบแพสซีฟ



ภาพที่ 3.2 Flow chart แสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงานของวิธีทดสอบแบบแพสซีฟ

3.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ห้วงโดยใช้ผลจากการตรวจวัดทั้งสองวิธี



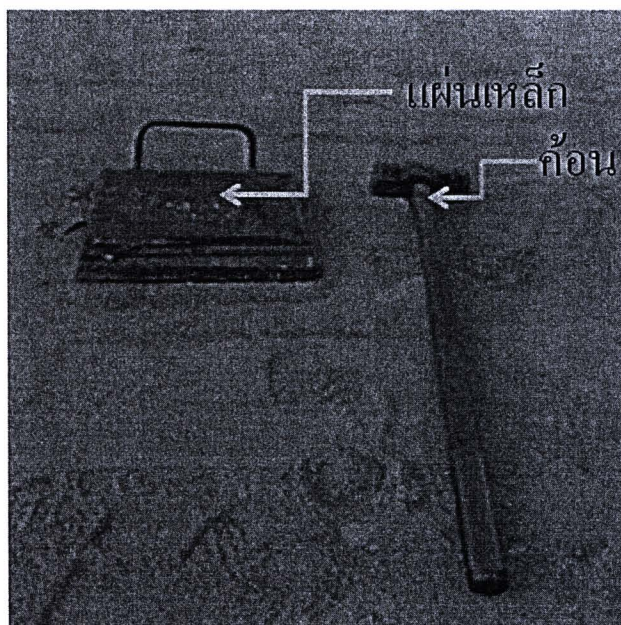
ภาพที่ 3.3 Flow chart แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ห้วงโดยใช้ผลจากการตรวจวัดทั้งสองวิธี

3.2 อุปกรณ์ในการทดสอบ

การทดสอบการวิเคราะห์คลื่นผิวแบบหลายช่องสัญญาณสามารถแบ่งอุปกรณ์การทดสอบออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

3.2.1 ส่วนที่กำเนิดคลื่น(Source)

มีหลายชนิดเลือกใช้ตามสัญญาณภาพของงานและพลังงานที่ต้องการ ในงาน land survey นิยมใช้ค้อน ลูกตุ้มเหล็ก ปืนลูกซอง และ Dynamite ใน marine survey ที่นิยมใช้ airgun , water gun ตัวเลือกอื่นมักใช้กับการศึกษาเฉพาะทาง

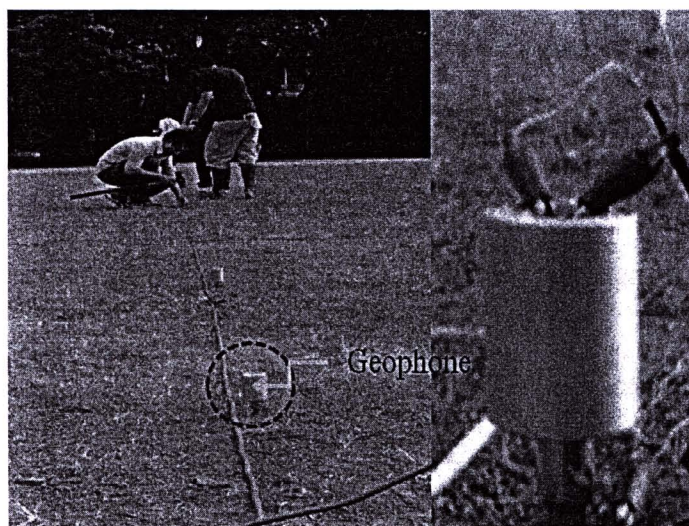


ภาพที่ 3.4 อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดสัญญาณคลื่นสั่นสะเทือน

3.2.2 ส่วนรับคลื่น(Receiver)

ตัวรับคลื่น (Receiver) จะต้องมีความไวสูงมากในการที่จะรับพลังงานที่เคลื่อนกลับขึ้นมาสู่ผิวดินเพราะการเปลี่ยนแปลงแบบยืดหยุ่นที่เกิดจากคลื่นสั่นสะเทือนจะมีการเปลี่ยนแปลงประมาณ $10^8 \cdot 10^{-11}$ (Dobrin and Savit, 1988) ของอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงจึงมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าตัวรับคลื่นที่เรียกว่า "จีโอโฟน (geophone)" มีหลักการง่าย ๆ คือตัวรับคลื่นจะประกอบด้วยขดลวดและแม่เหล็กโดยอาศัยหลักการของการเคลื่อนขดลวดผ่านสนามแม่เหล็กเมื่อมีการสั่นของอนุภาคใต้ผิวดินขดลวดหรือแม่เหล็กอันใดอันหนึ่งเท่านั้นที่จะต้องมีความไวสูงต่อการสั่นและเมื่อสั่นเนื่องจากพลังงานถูกถ่ายทอดออกมาตามการเคลื่อนของคลื่นทำให้ขดลวดและสนามแม่เหล็กเกิดการเคลื่อนที่ติดกันจะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นซึ่งสามารถวัดกระแสไฟฟ้าและแปลงกลับมาสู่การสั่นสะเทือนซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการสั่นแบบอัดและขยายของอนุภาคนั่นเอง

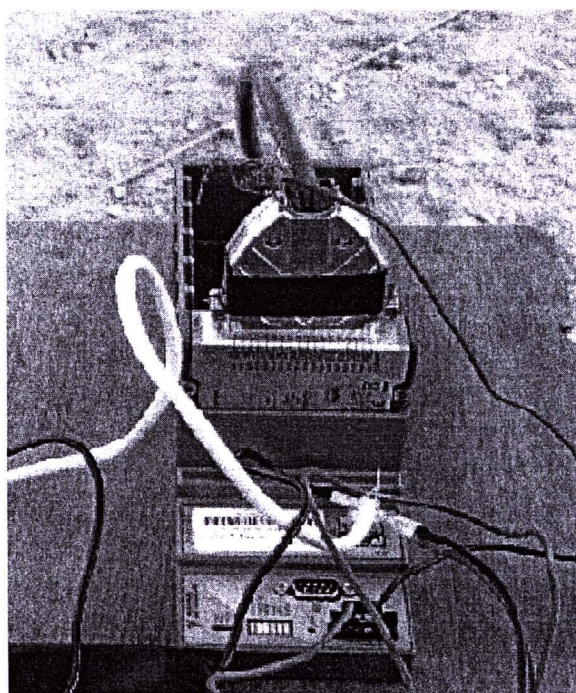
สัญญาณสำหรับ land survey ใช้ geophone ซึ่งภายในมีแม่เหล็กและขดลวดทองแดงวางบนสปริง เมื่อสัญญาณการสั่นสะเทือนขดลวดจะเคลื่อนที่ติดกับแม่เหล็กเกิดสนามไฟฟ้าส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับ



ภาพที่ 3.5 อุปกรณ์การตรวจวัดสัญญาณคลื่นสั่นสะเทือน

3.2.3 ส่วนขยายสัญญาณ

สัญญาณจาก geophone จะถูกส่งมาในรูปแบบ analog signal เมื่อมาถึงเครื่องรับจะขยายสัญญาณขึ้นและตัดความถี่ที่เกินกำลังเครื่องออกแล้วอ่านข้อมูลและแบ่ง Trace โดยตัว Modulator ทำการแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital



ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นสั่นสะเทือน(Modulator)

3.2.4 ส่วนบันทึกสัญญาณ

เมื่อ Modulator ทำการแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital ก็จะทำให้การส่งข้อมูลไปบันทึกที่คอมพิวเตอร์เพื่อจะนำไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 3.7 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล(Computer)

3.3 วิธีการทดสอบ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการทดสอบสามที่ได้แก่

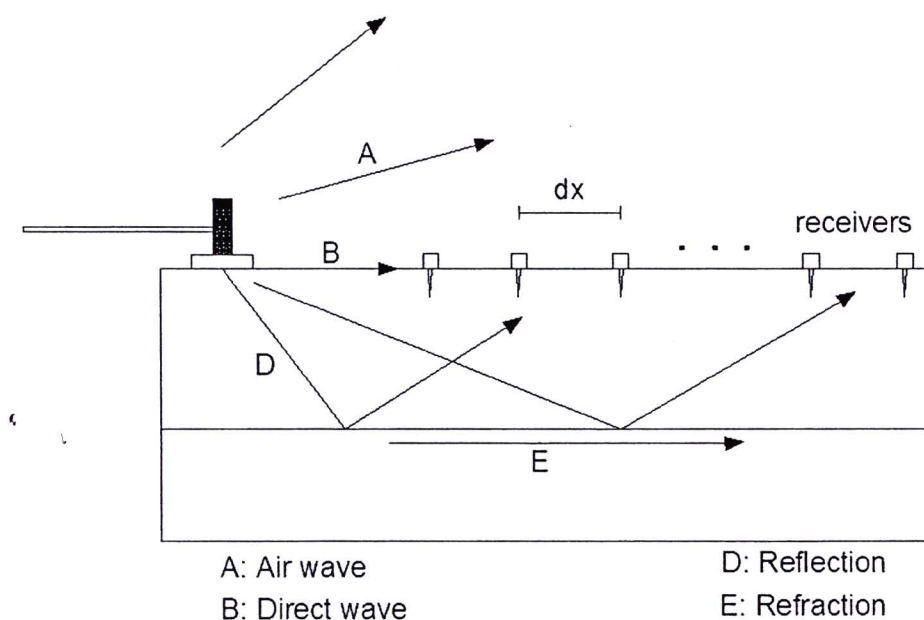
- 1). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้
- 2). จังหวัดเชียงราย
- 3). จังหวัดเพชรบูรณ์

3.4 การตรวจวัดภาคสนาม

3.4.1 การตรวจวัดภาคสนามของการวิเคราะห์แบบแอดทีฟ

สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์แบบแอดทีฟใช้ตัวตรวจวัดสัญญาณความเร็วที่มีความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 4.5 เฮิรตซ์ จำนวน 16 ตัววางห่างกันทุกๆ 2 เมตรในแนวเส้นตรง และให้ตัว

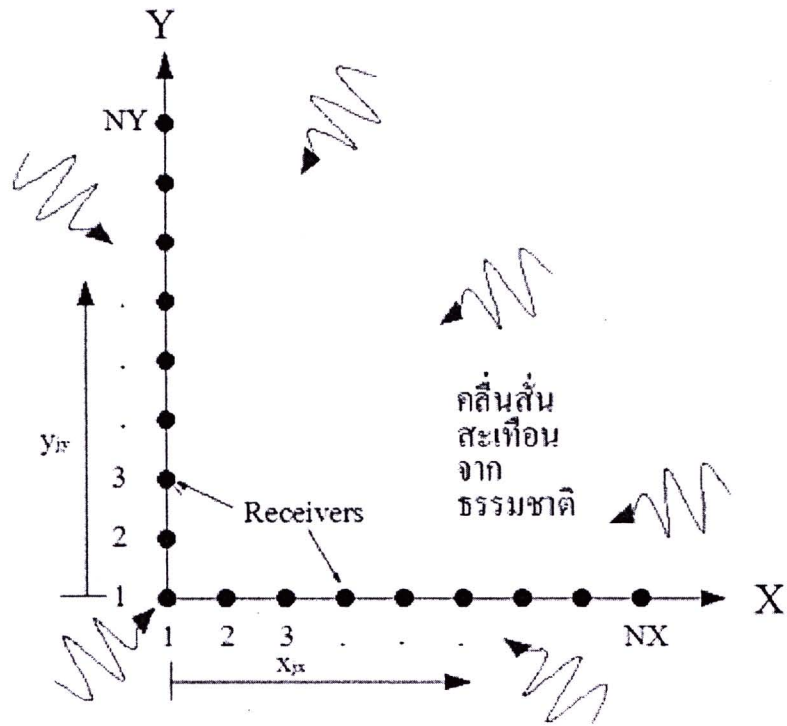
ตรวจวัดสัญญาณความเร็วอันแรกอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่นสั้นสะท้อนเป็นระยะทาง 5 เมตรในการศึกษาใช้ก้อนเหล็กที่มีน้ำหนัก 15 กิโลกรัมทุบลงบนแผ่นเหล็กดังแสดงในภาพที่ 3.8



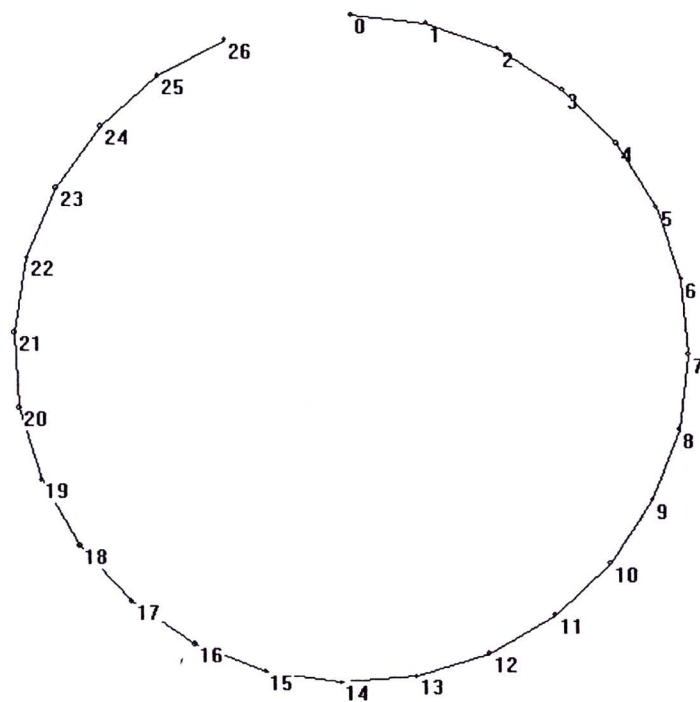
ภาพที่ 3.8 ลักษณะการทดสอบด้วยวิธีแอคทีฟ

3.4.2 การตรวจวัดภาคสนามของการวิเคราะห์แบบแพสซีฟ

สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์แบบแพสซีฟใช้ตัวตรวจวัดสัญญาณความเร็วที่มีความถี่ธรรมชาติ 2 เฮิร์ตซ์จำนวน 16 ตัววางเรียงเป็นรูปมุมฉากดังภาพที่ 3.9 โดยวางห่างกันทุกๆ 2 เมตรและตัวตรวจวัดสัญญาณที่มีความถี่ 4.5 เฮิร์ตซ์จำนวน 27 ตัววางเป็นรูปวงกลมรัศมี 4 5 8 10 20 40 เมตรดังแสดงในภาพที่ 3.10 เพื่อวัดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ



ภาพที่ 3.9 ลักษณะการทดสอบด้วยวิธีแฟลชีฟแบบฉาก



ภาพที่ 3.10 ลักษณะการทดสอบด้วยวิธีแฟลชีฟแบบวงกลม

3.5 การประมวลผล

3.5.1 การประมวลผลการวิเคราะห์คลื่นผิวแบบหลายช่องสัญญาณแบบแอดทีฟ

เมื่อตรวจวัดข้อมูลการสั่นสะเทือนแล้วได้นำผลดังกล่าวมาประมวลผลสำหรับการวิเคราะห์แบบแอดทีฟตามวิธีที่เสนอโดย Park et al.(1998) โดยการใช้การแปลงเรดอน (Radon transform) กระทำกับข้อมูลที่แปลงให้อยู่ในปริภูมิความถี่ (frequency domain) ดังแสดงในสมการที่ 3.1 ซึ่งเป็นการรวมพลังงานของคลื่นฮาร์โมนิก (harmonic) ณ ความถี่เชิงมุม (ω) ต่างๆ ที่วัดได้จากตัวตรวจวัดสัญญาณความเร็วทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยคำนึงถึงความต่างเฟส ($\Delta\phi$) ที่เกิดขึ้นจากตำแหน่งติดตั้ง สำหรับความต่างเฟสของตัวตรวจวัดสัญญาณความเร็วต่างๆ คำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$E(\omega, v) = \left| \sum_{j=1}^N A(\omega)_j e^{i(\phi(\omega)_j + \Delta\phi(\omega)_j)} \right| \quad 3.1$$

$$\Delta\phi(\omega)_j = \omega x_j / v \quad 3.2$$

โดยที่

A คือ แอมพลิจูดที่ได้จากผลการแปลงฟูริเยร์

ϕ คือ เฟสที่ได้จากผลการแปลงฟูริเยร์

i คือ เลขจินตภาพ

x คือ ตำแหน่งของตัวตรวจวัดสัญญาณความเร็วเทียบกับจุดอ้างอิงใดๆ

v คือ ความเร็วเชิงเฟสของคลื่นฮาร์โมนิก

3.5.2 การประมวลผลการวิเคราะห์คลื่นผิวแบบหลายช่องสัญญาณแพสซีฟ

สำหรับการประมวลผลเพื่อการวิเคราะห์แบบแพสซีฟได้ใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับวิธีแอดทีฟ แต่สมมุติให้คลื่นสั่นสะเทือนเกิดขึ้นในทิศทาง (θ) ต่างๆ รอบตำแหน่งตรวจวัด แล้วรวมพลังงานของคลื่นจากทิศทางต่างๆ เข้าด้วยกันดังสมการที่ 3.3

$$E(\omega, v, \theta) = \sum_{jx=1}^{NX} A(\omega)_{jx} e^{i(\phi(\omega)_{jx} + \Delta\phi(\omega)_{jx})} + \sum_{jy=1}^{NY} A(\omega)_{jy} e^{i(\phi(\omega)_{jy} + \Delta\phi(\omega)_{jy})} \quad 3.3$$

$$\Delta\phi(\omega)_{jx} = \omega x_{jx} \cos \theta / v \quad 3.4$$

$$\Delta\phi(\omega)_{jy} = \omega x_{jy} \sin \theta / v \quad 3.5$$

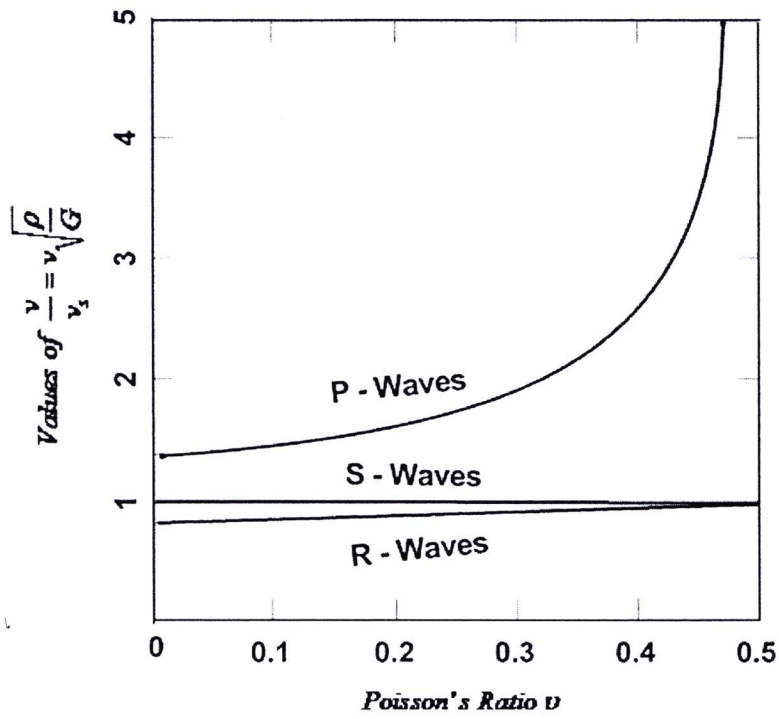
$$E(\omega, v) = \sum_{\theta=0}^{360^\circ} E(\omega, v, \theta) \quad 3.6$$

โดยที่ x_{jx} และ x_{jy} คือตำแหน่งของตัวตรวจวัดสัญญาณความเร็วในแนวแกน X และในแนวแกน Y เทียบกับจุดอ้างอิงใดๆ*

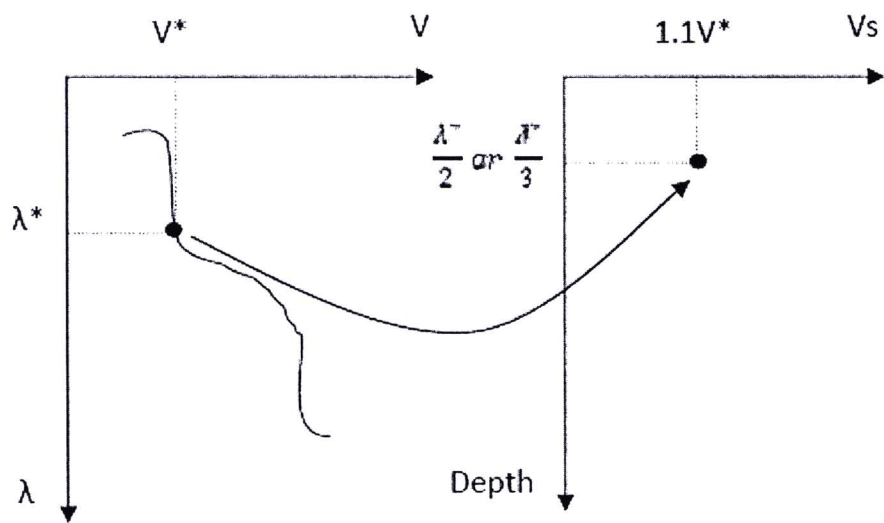
3.5.3 การคำนวณย้อนกลับเพื่อหาค่าความเร็วของคลื่นเฉือน

การคำนวณย้อนกลับเพื่อหาภาพตัดของความเร็วคลื่นเฉือนจากโค้งการกระจายโดยใช้สมมุติฐานว่าถ้าค่า Poisson's Ratio มีค่าประมาณ 0.3 ส่งผลให้ความเร็วคลื่นเฉือนมีค่าประมาณ 110% ของความเร็วคลื่นผิวดังแสดงในภาพที่ 3.11 และความเร็วที่แสดงในตำแหน่งต่างๆ ของโค้งการกระจายเป็นตัวแทนความเร็วของชั้นดินที่ระดับความลึกเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น (λ) ที่ความถี่นั้นๆ ภาพที่ 3.12 และสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.7

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad 3.7$$



ภาพที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Poisson's Ratio กับ ความเร็วของ P-wave, S-wave และ R-wave



ภาพที่ 3.12 การคำนวณย้อนกลับเพื่อหาค่าความเร็วของคลื่นเฉือน