การหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนด้วยเบนเดอร์อิลิเมนต์และขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่

นายครรชิต สงฆ์สุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DETERMINATION OF SHEAR WAVE VELOCITY BY BENDER ELEMENT AND SWEPT SINE WAVE

MR. KHANCHIT SONGSUWAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

490875

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนด้วยเบนเดอร์อิลิเมนต์และขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
โดย	นายครรชิต สงฆ์สุวรรณ
สาขาวิชา	สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์.ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ทวี ธนะเจริญกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์.ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์.ดร.บุญชัย อุกฤษฏชน)

..... กรรมการ

(Dr.T.H. Seah)

ครรชิต สงฆ์สุวรรณ : การหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนด้วยเบนเดอร์อิลิเมนต์และขบวนคลื่นไซน์แปรความถี่. (DETERMINATION OF SHEAR WAVE VELOCITY BY BENDER ELEMENT AND SWEPT SINE WAVE) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐี, 128 หน้า

การหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เบนเดอร์อิลิเมนต์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สะดวกและเป็นที่นิยม จากการทดลองที่ผ่าน ๆ มาจะทำการทดลองโดยการใช้คลื่นรูปแบบง่าย ๆ คือ คลื่นดลรูปไซน์ และ คลื่นรูปขั้นบันได โดยการทดลองจะทำการส่งคลื่นผ่านตัวอย่างดินจากเบนเดอร์อิลิเมนต์ตัวส่ง และ จะทำการหาเวลาในการเดินทางของคลื่น แต่การทดลองโดยใช้คลื่นดลรูปไซน์และคลื่นรูปขั้นบันไดการหาตำแหน่งเวลาเริ่มต้นของสัญญาณคลื่นตัวรับ ยังทำได้ไม่ถูกต้องชัดเจน ทำให้ยังเกิดความสงสัยกันอยู่ว่าควรใช้ตำแหน่งใดในการหาเวลาในการเดินทางของคลื่น ในงานวิจัยนี้ จึงทำการทดลองโดยใช้ขบวนคลื่นไซน์แปรความถี่ และ ใช้เทคนิคการคอรีเรชั่นในการหาตำแหน่งเวลาบนสัญญาณคลื่นให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

จากการทดลอง สัญญาณที่อ่อนที่ได้จากการทดลองของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ เมื่อผ่านกระบวนการคอรีเรชัน จะทำให้ได้สัญญาณใหม่ที่ แรง และชัดเจนมาก ด้วยเหตุนี้ ทำให้สามารถหาเวลาในการเดินทางของคลื่นได้ถูกต้อง และมีความละเอียดแน่นอนมาก เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองโดยใช้ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ กับการทดลองด้วยการใช้คลื่นดลรูปไซน์ และ คลื่นรูปขั้นบันได ทำให้ทราบถึงตำแหน่งเริ่มต้นของสัญญาณคลื่น บนคลื่นดลรูปไซน์ และ คลื่นรูปขั้นบันได ว่าควรใช้ตำแหน่งในการตรวจวัดหาเวลาในการเดินทางของคลื่นเฉือนที่มีความถูกต้องที่สุด

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2549.....

4670240421 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: BENDER ELMENT / SHEAR WAVE VELOCITY / SWEPT SINE WAVE / CROSS-CORRELATION

KHANCHIT SONGSUWAN : DETERMINATION OF SHEAR WAVE VELOCITY BY BENDER ELEMENT AND SWEPT SINE WAVE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. TIRAWAT BOONYATEE, Dr.Eng, 128 pp

Bender element test is one of the convenient techniques to determine the shear wave velocity in laboratory. The conventional test uses a simple wave form such as sine pulse wave or step wave to stimulate the transmitter bender element and measure the traveling time of the wave through a soil sample. By using this conventional procedure, it is not clear which part of the received signal should be considered as the point of signal arrival. Therefore, the uncertainty in travel time measurement is suspected. In this article, the swept sine wave is proposed and applied to stimulate the soil specimen. After applying the cross-correlation technique, the weak and long stimulating wave can be transformed into the strong and sharp signal. Hence, better time resolution can be obtained and leads to a more accurate determination of travel time. The travel time determined from swept sine wave is successfully used as a reference signal to locate the point of arrival signal for sine pulse and step waves. From the comparison results, the exact location of the arrival signal for sine pulse and step waves are proposed.

Department.....Civil Engineering.....Student's signature.....

Field of study.....Civil Engineering.....Advisor's signature.....

Academic year.....2006.....

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "ความเร็วของคลื่นเฉือนด้วยเบนเดอร์อิลิเมนต์และขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่" ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐี อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำต่าง ๆ ในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวี ธนะเจริญกิจ รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล รองศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย อุกฤษฎชน และ Dr.T.H.Seah ที่ได้ร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ Mr. Chan Kok Hooi นิสิตปริญญาเอก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำในการสร้างเครื่องมือทดสอบ และคำปรึกษาในการวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการปฐพีทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมปฐพีทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ท้ายสุดนี้ ผู้เขียนขอระลึกถึงพระคุณของ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ทุกท่านที่ได้กรุณาอบรมสั่งสอนผู้เขียนจนได้สำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....4
2.1.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ โมดูลัสเฉือน.....4
2.1.3 ลักษณะพฤติกรรมของโมดูลัสเฉือน ที่ระดับความเครียดต่าง ๆ.....5
2.1.4 วิธีการวัดค่าโมดูลัสด้วยวิธีต่าง ๆ.....6
2.1.4.1 การหาโมดูลัสเฉือนในห้องปฏิบัติการ.....6
2.1.4.2 การทดสอบหาค่าโมดูลัสเฉือนในสนาม.....14
2.1.5 Correlation.....19
2.1.6 ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่.....22
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....30
3.1 สถานที่เก็บตัวอย่างดิน.....30
3.2 การทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐาน.....30
3.3 การทดสอบหาความเร็วคลื่นเฉือน.....30
3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง.....30
3.3.2 การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง.....31

หน้า

3.3.2.1 การเตรียมเบนเดอร์อิลิเมนต์ 31
3.3.2.2 การประกอบและติดตั้งเบนเดอร์อิลิเมนต์ ใน
Top & Bottom Cap 33
3.3.2.3 การเตรียมแผ่นหินพรุน 35
3.3.2.4 การเตรียมแผ่นกระดาษกรอง (Fitter paper) 38
3.3.3 วิธีการทดลอง 38
3.3.3.1 การเตรียมตัวอย่างดิน 38
3.3.3.2 การบรรทุกน้ำหนักและบันทึกข้อมูล 39
3.3.3.3 การส่งและวัดคลื่นแรงเฉือน 39
3.4 การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล 41
3.4.1 การหาเวลาในการเดินทางของคลื่นเฉือน 41
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 44
4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรม
ของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ 44
4.2 การอัดคายน้ำของตัวอย่างก่อนการทดลอง 44
4.3 ผลการส่งคลื่นเฉือนผ่านตัวอย่างการทดลองโดยใช้คลื่นรูปแบบต่าง ๆ 45
4.3.1 คลื่นดลรูปไซน์ 45
4.3.2 คลื่นรูปขั้นบันได 46
4.3.3 ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ 47
4.4 รูปแบบและลักษณะของสัญญาณคลื่นแบบต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง 57
4.4.1 สัญญาณคลื่นของตัวส่งและตัวรับที่ใช้ในการหาความเร็วคลื่นเฉือน 57
4.4.2 ลักษณะสัญญาณของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ 58
4.5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณคลื่นแต่ละชนิด 59
4.5.1 ความแตกต่างของค่าความเร็วคลื่นเฉือน 59
4.5.2 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ 60
4.5.3 ความแตกต่างของการเลือกตำแหน่งเวลา
บนสัญญาณคลื่นแบบต่าง ๆ 62
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ 65

หน้า

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 65
5.1.1 ค่าความเร็วของคลื่นเฉือน โดยใช้ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ประกอบกับการประยุกต์ใช้ เทคนิค คอรีเรชัน (Correlation method).....65
5.1.2 ความแตกต่างของความเร็วของคลื่นเฉือน ที่ได้จากการใช้
ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ คลื่นรูปขั้นบันได และ คลื่นดลรูปไซน์.....65
5.1.3 ผลของการใช้ความกว้างแถบความถี่ที่แตกต่างกันที่มีต่อ
ความถูกต้องของการวัดค่าความเร็วของคลื่นเฉือน..... 66
5.2 ข้อเสนอแนะ.....67
รายการอ้างอิง.....68
ภาคผนวก..... 70
ภาคผนวก ก.....71
สัญญาณคลื่นรูปดลรูปไซน์.....71
คลื่นรูปขั้นบันได..... 81
ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่.....84
ภาคผนวก ข.....125
เครื่องมือการทดลอง..... 126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....128

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของดินและวิธีการหาคุณสมบัติที่ Strain ต่าง ๆ 18

ตารางที่ 3.1 โปรแกรมการทดสอบ โดยใช้ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ 40

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ค่าความถี่ต่างๆของคลื่นดลรูปไซน์ 45

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความเร็วคลื่นเฉือนของคลื่นรูปขั้นบันได 46

ตารางที่ 4.3 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ที่ความถี่เริ่มต้น 500 Hz 48

ตารางที่ 4.4 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ที่ความถี่เริ่มต้น1000 Hz 49

ตารางที่ 4.5 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ที่ความถี่เริ่มต้น1500 Hz 50

ตารางที่ 4.6 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ที่ความถี่เริ่มต้น 2000 Hz 51

ตารางที่ 4.7 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ที่ความถี่เริ่มต้น 2500 Hz 52

ตารางที่ 4.8 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ที่ความถี่เริ่มต้น 3000 Hz 53

ตารางที่ 4.9 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ที่ความถี่เริ่มต้น 3500 Hz 54

ตารางที่ 4.10 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ที่ความถี่เริ่มต้น 4000 Hz 55

ตารางที่ 4.11 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่
ที่ความถี่เริ่มต้น 4500 Hz 56

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ 61

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงค่าของ G ช่วง Strain ต่างๆ 5

รูปที่ 2.2 Cyclic Simple Shear Test 7

รูปที่ 2.3 การคำนวณ Shear Modulus และ Damping Ratio 8

รูปที่ 2.4 Cyclic triaxial test 9

รูปที่ 2.5 การคำนวณ Shear Modulus และ Damping Ratio 9

รูปที่ 2.6 ลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นเมื่อมีคลื่น Shear wave และ compressive wave 10

รูปที่ 2.7 Hardin & Richart ,(1963) Resonant Column Test (a) Torsion Vibration,(b)Longitudinal Vibration 11

รูปที่ 2.8 Drnevich Resonant Column Test,(1967) 11

รูปที่ 2.9 (a) แสดงการต่อวงจรตัวกำเนิดสัญญาณ (X-pole), (b)แสดงการต่อวงจรตัวรับสัญญา(Y-pole), (c) แสดงวิธีการเคลือบ Epoxy ของเบนเดอร์อิลิเมนต์ 12

รูปที่ 2.10 แสดงวิธีการต่อวงจรการทดสอบด้วยเบนเดอร์อิลิเมนต์ 13

รูปที่ 2.11 Seismic Refraction Survey 15

รูปที่ 2.12 Cross Hole Test 16

รูปที่ 2.13 แสดงเส้นทางการเดินทางของคลื่นเมื่อชั้นดินด้านล่างมีความแข็งแรงกว่า 16

รูปที่ 2.14 Down Hole Method 17

รูปที่ 2.15 แสดงสัญญาณคลื่นตัวรับ X(n), สัญญาณตัวส่ง t(n), cross-correlation Y(n) 20

รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างกระบวนการ correlation ของสัญญาณคลื่น 21

รูปที่ 2.17 แสดงรูปแบบสัญญาณของขบวนคลื่นไซน์แปรความถี่ 22

รูปที่ 2.18 อิทธิพลของ Parameter ต่างๆต่อ Shear Modulus (Shibuya et al,1992) 25

รูปที่ 2.19 Max Shear modulus for Normal Consolidated 26

รูปที่ 2.20 อิทธิพลของค่า PI และค่า OCR 27

รูปที่ 2.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง K_s และ n_o กับ Plasticity Index 28

รูปที่ 2.22 คำจำกัดความของช่วงเวลา (a) Sine pulse wave (b) Continues Sine wave (c) Square wave 29

รูปที่ 3.1 แสดงเบนเดอร์อิลิเมนต์ และน้ำยาประสาน (Flux) 31

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการต่อสายไฟฟ้าของเบนเดอร์อิลิเมนต์ 32

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 3.2 การเคลือบเบนเดอร์อิลิเมนต์ด้วยกาว Epoxy..... 33
รูปที่ 3.3 แสดง Top cap หลังการติดตั้งเบนเดอร์อิลิเมนต์..... 34
รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งการหาเวลาบนสัญญาณ cross- correlation..... 42
รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งการหาเวลาเวลาบนสัญญาณคลื่นดลรูปไซน์..... 42
รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งการหาเวลาบนสัญญาณคลื่นรูปขั้นบันได..... 43
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระว่าง strain กับ square root time..... 44
รูปที่ 4.2 แสดงค่าความเร็วคลื่นเฉือนที่ค่าความถี่ต่างๆของคลื่นดลรูปไซน์..... 46
รูปที่ 4.3 แสดงค่าความเร็วคลื่นเฉือนของคลื่นรูปขั้นบันได..... 45
รูปที่ 4.4 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ที่ความถี่เริ่มต้น 500 Hz..... 48
รูปที่ 4.5 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ที่ความถี่เริ่มต้น1000 Hz.....49
รูปที่ 4.6 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ที่ความถี่เริ่มต้น1500 Hz.....50
รูปที่ 4.7 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ที่ความถี่เริ่มต้น2000 Hz.....51
รูปที่ 4.8 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ที่ความถี่เริ่มต้น2500 Hz.....52
รูปที่ 4.9 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ที่ความถี่เริ่มต้น3000 Hz.....53
รูปที่ 4.10 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ที่ความถี่เริ่มต้น3500 Hz.. 54
รูปที่ 4.11 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ที่ความถี่เริ่มต้น4000 Hz.. 55
รูปที่ 4.12 ค่าความเร็วคลื่นเฉือนของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ที่ความถี่เริ่มต้น4500 Hz.. 56
รูปที่ 4.13 แสดงรูปสัญญาณคลื่นของแบบต่าง ๆ..... 57
รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ..... 58
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณจากเบนเดอร์อิลิเมนต์..... 58
รูปที่ 4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงและความแตกต่างค่าความเร็วคลื่นเฉือนแบบต่าง ๆ..... 60
รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณคลื่นรูปขั้นบันได..... 62
รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณคลื่นดลรูปไซน์..... 62
รูปที่ 4.19 แสดงสัญญาณขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ หลังการ correlation..... 63
รูปที่ ก - 1 แสดงสัญญาณที่ frequency 1500 Hz..... 72
รูปที่ ก - 2 แสดงสัญญาณที่ frequency 2000 Hz..... 72
รูปที่ ก - 3 แสดงสัญญาณที่ frequency 2500 Hz..... 73
รูปที่ ก - 4 แสดงสัญญาณที่ frequency 3000 Hz..... 73
รูปที่ ก - 5 แสดงสัญญาณที่ frequency 3500 Hz..... 74

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ ก - 29 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 4000 Hz..... 85
รูปที่ ก - 30 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 4500 Hz..... 85
รูปที่ ก - 31 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 5000 Hz..... 86
รูปที่ ก - 32 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 5500 Hz..... 86
รูปที่ ก - 33 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 6000 Hz..... 86
รูปที่ ก - 34 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 6500 Hz..... 86
รูปที่ ก - 35 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 7000 Hz..... 86
รูปที่ ก - 36 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 7500 Hz..... 87
รูปที่ ก - 37 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 8000 Hz..... 87
รูปที่ ก - 38 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 8500 Hz..... 87
รูปที่ ก - 39 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 9000 Hz..... 88
รูปที่ ก - 40 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 9500 Hz..... 88
รูปที่ ก - 41 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 10000 Hz..... 88
รูปที่ ก - 42 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 1000 Hz bandwidth 1500 Hz..... 88
รูปที่ ก - 43 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ ก - 6 แสดงสัญญาณที่ frequency 4000 Hz..... 74
รูปที่ ก - 7 แสดงสัญญาณที่ frequency 4500 Hz..... 75
รูปที่ ก - 8 แสดงสัญญาณที่ frequency 5000 Hz..... 75
รูปที่ ก - 9 แสดงสัญญาณที่ frequency 5500 Hz..... 76
รูปที่ ก - 10 แสดงสัญญาณที่ frequency 6000 Hz..... 76
รูปที่ ก - 11 แสดงสัญญาณที่ frequency 6500 Hz..... 77
รูปที่ ก - 12 แสดงสัญญาณที่ frequency 7000 Hz..... 77
รูปที่ ก - 13 แสดงสัญญาณที่ frequency 7500 Hz..... 78
รูปที่ ก - 14 แสดงสัญญาณที่ frequency 8000 Hz..... 78
รูปที่ ก - 15 แสดงสัญญาณที่ frequency 8500 Hz..... 79
รูปที่ ก - 16 แสดงสัญญาณที่ frequency 9000 Hz..... 79
รูปที่ ก - 17 แสดงสัญญาณที่ frequency 9500 Hz..... 80
รูปที่ ก -18 แสดงสัญญาณที่ frequency 10000 Hz..... 80
รูปที่ ก -19 แสดงสัญญาณที่ frequency 50 Hz ครั้งที่ 1..... 81
รูปที่ ก - 20 แสดงสัญญาณที่ frequency 50 Hz ครั้งที่ 2..... 81
รูปที่ ก - 21 แสดงสัญญาณที่ frequency 50 Hz ครั้งที่ 3..... 82
รูปที่ ก - 22 แสดงสัญญาณที่ frequency 50 Hz ครั้งที่ 4..... 82
รูปที่ ก - 23 แสดงสัญญาณที่ frequency 50 Hz ครั้งที่ 5..... 83
รูปที่ ก - 24 แสดงสัญญาณ cross-correlation ที่ minimum frequency
500 Hz bandwidth 1500 Hz..... 84
รูปที่ ก - 25 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
500 Hz bandwidth 2000 Hz..... 84
รูปที่ ก - 26 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
500 Hz bandwidth 2500 Hz..... 84
รูปที่ ก - 27 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
500 Hz bandwidth 3000 Hz..... 85
รูปที่ ก - 28 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
500 Hz bandwidth 3500 Hz..... 85

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ ก - 29 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 4000 Hz..... 85
รูปที่ ก - 30 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 4500 Hz..... 85
รูปที่ ก - 31 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 5000 Hz..... 86
รูปที่ ก - 32 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 5500 Hz..... 86
รูปที่ ก - 33 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 6000 Hz..... 86
รูปที่ ก - 34 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 6500 Hz..... 86
รูปที่ ก - 35 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 7000 Hz..... 86
รูปที่ ก - 36 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 7500 Hz..... 87
รูปที่ ก - 37 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 8000 Hz..... 87
รูปที่ ก - 38 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 8500 Hz..... 87
รูปที่ ก - 39 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 9000 Hz..... 88
รูปที่ ก - 40 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 9500 Hz..... 88
รูปที่ ก - 41 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 500 Hz bandwidth 10000 Hz..... 88
รูปที่ ก - 42 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 1000 Hz bandwidth 1500 Hz..... 88
รูปที่ ก - 43 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency

ภาพประกอบ หน้า

1000 Hz bandwidth 2000 Hz.....89
รูปที่ ก - 44 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 2500 Hz.....89
รูปที่ ก - 45 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 3000 Hz.....89
รูปที่ ก - 46 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 3500 Hz.....89
รูปที่ ก - 47 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 4000 Hz.....90
รูปที่ ก - 48 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 4500 Hz.....90
รูปที่ ก - 49 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 5000 Hz.....90
รูปที่ ก - 50 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 5500 Hz.....90
รูปที่ ก - 51 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 6000 Hz.....91
รูปที่ ก - 52 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 6500 Hz.....91
รูปที่ ก - 53 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 7000 Hz.....91
รูปที่ ก - 54 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 7500 Hz.....91
รูปที่ ก - 55 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 8000 Hz.....92
รูปที่ ก - 56 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 8500 Hz.....92
รูปที่ ก - 57 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 9000 Hz.....92

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ ก - 58 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 9500 Hz.....92
รูปที่ ก - 59 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1000 Hz bandwidth 10000 Hz.....93
รูปที่ ก - 60 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 1500 Hz.....93
รูปที่ ก - 61 แสดงสัญญาณ Cross-correlationที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 2000 Hz.....93
รูปที่ ก - 62 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 2500 Hz.....93
รูปที่ ก – 63 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 3000 Hz.....94
รูปที่ ก - 64 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 3500 Hz.....94
รูปที่ ก - 65 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 4000 Hz.....94
รูปที่ ก - 66 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 4500 Hz.....94
รูปที่ ก - 67 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 5000 Hz.....95
รูปที่ ก - 68 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 5500 Hz.....95
รูปที่ ก - 69 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 6000 Hz.....95
รูปที่ ก - 70 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 6500 Hz.....95
รูปที่ ก - 71 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 7000 Hz.....96
รูปที่ ก - 72 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency

ภาพประกอบ หน้า

1500 Hz bandwidth 7500 Hz.....96
รูปที่ ก - 73 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 8000 Hz.....96
รูปที่ ก - 74 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 8500 Hz.....96
รูปที่ ก - 75 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 9000 Hz.....97
รูปที่ ก - 76 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 9500 Hz.....97
รูปที่ ก - 77 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
1500 Hz bandwidth 10000 Hz.....97
รูปที่ ก - 78 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 1500 Hz.....97
รูปที่ ก - 79 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 2000 Hz.....98
รูปที่ ก - 80 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 2500 Hz.....98
รูปที่ ก - 81 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 3000 Hz.....98
รูปที่ ก - 82 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 3500 Hz.....98
รูปที่ ก - 83 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 4000 Hz.....99
รูปที่ ก - 84 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 4500 Hz.....99
รูปที่ ก - 85 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 5000 Hz.....99
รูปที่ ก – 86 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 5500 Hz.....99

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ ก - 87 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 6000 Hz.....100
รูปที่ ก - 88 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 6500 Hz.....100
รูปที่ ก - 89 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 7000 Hz.....100
รูปที่ ก - 90 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 7500 Hz.....100
รูปที่ ก - 91 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 8000 Hz.....101
รูปที่ ก – 92 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 8500 Hz.....101
รูปที่ ก - 93 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 9000 Hz.....101
รูปที่ ก - 94 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 9500 Hz.....101
รูปที่ ก - 95 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 10000 Hz.....102
รูปที่ ก - 96 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2500 Hz bandwidth 1500 Hz.....102
รูปที่ ก - 97 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2500 Hz bandwidth 2000 Hz.....102
รูปที่ ก - 98 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 2500 Hz.....102
รูปที่ ก - 99 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 3000 Hz.....103
รูปที่ ก - 100 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2500 Hz bandwidth 3500Hz.....103
รูปที่ ก - 101 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency

ภาพประกอบ หน้า

2500 Hz bandwidth 4000 Hz.....103
รูปที่ ก - 102 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 4500 Hz.....103
รูปที่ ก - 103 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 5000 Hz.....104
รูปที่ ก - 104 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2500 Hz bandwidth 5500 Hz.....104
รูปที่ ก - 105 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2500 Hz bandwidth 6000 Hz.....104
รูปที่ ก - 106 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 6500 Hz.....104
รูปที่ ก - 107 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 7000 Hz.....105
รูปที่ ก - 108 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2500 Hz bandwidth 7500 Hz.....105
รูปที่ ก - 109 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2500 Hz bandwidth 8000 Hz.....105
รูปที่ ก - 110 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 8500 Hz.....105
รูปที่ ก - 111 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2000 Hz bandwidth 9000 Hz.....106
รูปที่ ก - 112 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2500 Hz bandwidth 9500 Hz.....106
รูปที่ ก - 113 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
2500 Hz bandwidth 10000 Hz..... 106
รูปที่ ก - 114 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3000 Hz bandwidth 1500 Hz.....106
รูปที่ ก - 115 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3000 Hz bandwidth 2000 Hz.....107

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ ก - 116 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 2500 Hz..... 107
รูปที่ ก - 127 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 3000 Hz..... 107
รูปที่ ก - 118 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 3500 Hz..... 107
รูปที่ ก - 119 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 4000 Hz..... 108
รูปที่ ก - 120 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 4500 Hz..... 108
รูปที่ ก - 121 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 5000 Hz..... 108
รูปที่ ก - 122 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 5500 Hz..... 108
รูปที่ ก - 123 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 6000 Hz..... 109
รูปที่ ก - 124 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 6500 Hz..... 109
รูปที่ ก - 125 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 7000 Hz..... 109
รูปที่ ก - 126 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 7500 Hz..... 110
รูปที่ ก - 127 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 8000 Hz..... 110
รูปที่ ก - 128 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 8500 Hz..... 110
รูปที่ ก - 129 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3000 Hz bandwidth 9000 Hz..... 101
รูปที่ ก - 130 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency

ภาพประกอบ หน้า

3000 Hz bandwidth 9500 Hz.....110
รูปที่ ก - 131 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3000 Hz bandwidth 10000 Hz.....111
รูปที่ ก - 132 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 1500 Hz.....111
รูปที่ ก - 133 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 2000 Hz.....111
รูปที่ ก - 134 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 2500 Hz.....111
รูปที่ ก - 135 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 3000 Hz.....112
รูปที่ ก - 136 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 3500 Hz.....112
รูปที่ ก - 137 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 4000 Hz.....112
รูปที่ ก - 138 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 4500 Hz.....112
รูปที่ ก - 139 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 5000 Hz.....113
รูปที่ ก - 140 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 5500 Hz.....113
รูปที่ ก - 141 แสดงสัญญาณ Cross-correlationที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 6000 Hz.....113
รูปที่ ก - 142 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 6500 Hz.....113
รูปที่ ก - 143 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 7000 Hz.....114
รูปที่ ก - 144 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
3500 Hz bandwidth 7500 Hz.....114

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ ก - 145 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3500 Hz bandwidth 8000 Hz.....114
รูปที่ ก - 146 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3500 Hz bandwidth 8500 Hz.....114
รูปที่ ก - 147 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3500 Hz bandwidth 9000 Hz.....115
รูปที่ ก - 148 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3500 Hz bandwidth 9500 Hz.....115
รูปที่ ก - 149 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 3500 Hz bandwidth 10000 Hz.....115
รูปที่ ก - 150 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4000 Hz bandwidth 1500 Hz.....115
รูปที่ ก - 151 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4000 Hz bandwidth 2000 Hz.....116
รูปที่ ก - 152 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4000 Hz bandwidth 2500 Hz.....116
รูปที่ ก - 153 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4000 Hz bandwidth 3000 Hz.....116
รูปที่ ก - 154 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4000 Hz bandwidth 3500 Hz.....116
รูปที่ ก - 155 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4000 Hz bandwidth 4000 Hz.....117
รูปที่ ก - 156 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4000 Hz bandwidth 4500 Hz.....117
รูปที่ ก - 157 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4000 Hz bandwidth 5000 Hz.....117
รูปที่ ก - 158 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4000 Hz bandwidth 5500 Hz.....117
รูปที่ ก - 159 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency

ภาพประกอบ หน้า

4000 Hz bandwidth 6000 Hz.....118
รูปที่ ก - 160 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4000 Hz bandwidth 6500 Hz.....118
รูปที่ ก - 161 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4000 Hz bandwidth 7000 Hz.....118
รูปที่ ก - 162 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4000 Hz bandwidth 7500 Hz.....118
รูปที่ ก - 163 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4000 Hz bandwidth 8000 Hz.....119
รูปที่ ก - 164 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4000 Hz bandwidth 8500 Hz.....119
รูปที่ ก - 165 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4000 Hz bandwidth 9000 Hz.....119
รูปที่ ก - 166 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4000 Hz bandwidth 9500 Hz.....119
รูปที่ ก - 167 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4000 Hz bandwidth 10000 Hz.....120
รูปที่ ก - 168 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4500 Hz bandwidth 1500 Hz.....120
รูปที่ ก - 169 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4500 Hz bandwidth 2000 Hz.....120
รูปที่ ก - 170 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4500 Hz bandwidth 2500 Hz 120
รูปที่ ก - 171 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4500 Hz bandwidth 3000 Hz.....121
รูปที่ ก - 172 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4500 Hz bandwidth 3500 Hz.....121
รูปที่ ก - 173 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency
4500 Hz bandwidth 4000 Hz.....121

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ ก - 174 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 4500 Hz..... 121
รูปที่ ก - 175 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 5000 Hz..... 122
รูปที่ ก - 176 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 5500 Hz..... 122
รูปที่ ก – 177 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 6000 Hz..... 122
รูปที่ ก - 178 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 6500 Hz..... 122
รูปที่ ก - 179 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 7000 Hz..... 123
รูปที่ ก - 180 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 7500 Hz..... 123
รูปที่ ก - 181 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 8000 Hz..... 123
รูปที่ ก - 182 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 8500 Hz 123
รูปที่ ก - 183 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 9000 Hz..... 124
รูปที่ ก - 184 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 9500 Hz..... 124
รูปที่ ก - 185 แสดงสัญญาณ Cross-correlation ที่ minimum frequency 4500 Hz bandwidth 10000 Hz..... 124
รูปที่ ข -1 แสดง Oedometer และเครื่องมือที่ประดิฐขึ้นมาใหม่..... 126
รูปที่ ข -2 แสดงเครื่องมือการทดลองหาความเร็วคลื่นเฉือน..... 127