6

การลดความสั่นสะเทือนจากคลื่นเรเลย์โดยใช้ร่องเปล่าและทรายข้างฝั่งทะเลที่ปรับปรุงคุณสมบัติแล้ว

นาย เกษม ศรีวรานันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-355-5

010514

SCREENING OF RAYLEIGH WAVES BY OPEN TRENCH AND STABILIZED BEACH SAND

Mr. Khasame Srivaranun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลดความสั่นสะเทือนจากคลื่นเรเลย์โดยใช้ร่องเปล่าและทรายชายฝั่งทะเลที่ปรับปรุงคุณสมบัติแล้ว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย นาย เกษม ศรีวรานันท์

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วิเชียร เต็งอำนวย)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธารักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

.....กรรมการ

(นาย ชวลิต สุขะวรรณ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลดความสั่นสะเทือนจากคลื่นเรเลย์โดยใช้ร่องเปล่าและทรายชายฝั่งทะเลที่ปรับปรุงคุณสมบัติแล้ว

ชื่อนิสิต นาย เกษม ศรีวรานันท์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2525

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาการลดลงหรือการเลื่อมของความสั่นสะเทือน หรือแอมปลิจูดกับระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่น และการลดความสั่นสะเทือนจากคลื่นเรเลย์โดยใช้ร่องเปล่าที่มีระดับน้ำคงที่เปรียบเทียบกับการใช้ทรายชายฝั่งทะเลผสมกับยางมะตอยน้ำ, ปูนขาว และปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ เป็นร่องวัสดุกันคลื่นขนาดกว้าง 0.80 เมตร ยาว 6.00 เมตร ลึก 1.50 เมตร และหาขนาดและพื้นที่ที่มีผลต่อการกันคลื่นของร่องกันคลื่นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดความสั่นสะเทือนจากคลื่นเรเลย์

ในการวิจัยใช้ vibration exciter เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นเรเลย์ที่ความถี่ต่าง ๆ และทำการวัดแอมปลิจูดของคลื่นเรเลย์ที่ระยะทางต่าง ๆจากแหล่งกำเนิดคลื่นก่อนและหลังติดตั้งร่องกันคลื่นชนิดต่าง ๆ ด้วย velocity transducer ซึ่งส่งสัญญานความสั่นสะเทือนไปไปปรากฏเป็นภาพบนจอของ oscilloscope

ผลการศึกษาการลดค่าแอมปลิจูดที่ระยะทางต่าง ๆ จากแหล่งกำเนิดคลื่นก่อนติดตั้งร่องกันคลื่นชนิดต่าง ๆ พบว่า ค่าแอมปลิจูดของการสั่นสะเทือนลดลงมากกว่าครึ่งที่ระยะประมาณ 1.80 เมตร จากแหล่งกำเนิดคลื่น และสัมประสิทธิ์การลดลงของสถานที่วิจัยบริเวณนี้มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 0.9 เมตร$^{-1}$ ที่มีความถี่อยู่ในช่วง 10 รอบต่อวินาทีถึง 400 รอบต่อวินาที มีแนวโน้มว่าค่าสัมประสิทธิ์สูงขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น หลังติดตั้งร่องกันคลื่นชนิดต่าง ๆ พบว่าเมื่อกำหนดใช้ amplitude reduction factor $\leq$ 0.50 ร่องเปล่าจะเริ่มกันคลื่นที่มีความถี่ 40 รอบต่อวินาทีขึ้นไป เกิดพื้นที่ที่มีผลต่อการกันคลื่นหลังร่องเปล่าซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีระดับ

เท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวของร่องเปล่า โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ตรงกลางของร่องเปล่า และความลึกของร่องเปล่า ≥ 0.30 เท่าของความยาวคลื่น ($H/\lambda_R \geq 0.30$) สำหรับความกว้างของร่องเปล่านั้นไม่มีผลต่อการกั้นคลื่น ในการใช้วัสดุผสมทรายชายฝั่งทะเลผสมยางมะตอยน้ำปูนขาว และปูนซีเมนต์ใส่ในร่องเปล่าเพื่อกั้นคลื่น พบว่า มีผลต่อการกั้นคลื่นน้อยกว่าการใช้ร่องเปล่า

Thesis Title Screening of Rayleigh Waves by open trench and Stabilized Beach Sand

Name Mr. Khasame Srivaranun

Thesis Advisor Associate Professor Supradit Bunnag, Ph.D.

Department Civil Engineering

Academic Year 1982

ABSTRACT

The aims of this research were to study the attenuation of vibration or amplitude with distance from source of wave and the screening of Rayleigh wave by open trench with constant water level compared with trenches filled with various mixture of beach sand, emulsified asphalt, lime and cement as trench barriers material size 0.80 m width, 6 m length and 1.50 m depth, and to find out dimension and area of the screened zone formed by the most effective trench barrier on screening Rayleigh wave.

In the research, vibration exciter was used as source of wave generated in various frequencies. Velocity transducer was used to measure amplitude of Rayleigh wave with distance from source before and after trench barrier installations. The signals from the velocity transducer were displayed on oscilloscope.

The studying of the attenuation of amplitude with distance from source of wave before trench barrier installations showed that the amplitude of vibration decreased more than 50% at the distance of 1.80 m from source of wave and the average of coefficient of

attenuation was between 0.5 to 0.9 m^{-1} at frequency range 10 CPS to 400 CPS and tended to increase with an increase in frequency. After trench barrier installations, and defining the amplitude reduction factor ≤ 0.50, it showed that open trench started to screen waves propagated at frequency 40 CPS and over within a semicircular area behind open trench with radius of one-half the trench length (L/2) and center at the center of the trench in accordance with depth of trench ≥ 0.3 times of wave length ($H/\lambda_R \geq 0.30$). The width of open trench has no effect on screen, and trenchs filled with various mixture of beach sand, cationic emulsion asphalt, lime and cement have less effect on screening than open trench.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบพระคุณต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาคอาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งเป็นผู้ริเริ่มในงานวิจัย โดยให้แนวทางความรู้และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิจัย รองศาสตราจารย์ วิเชียร เต็งอำนวย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชัตร สัมพันธารักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์และคุณชวลิต สุขะวรรณคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ที่ร่วมพิจารณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอแสดงความขอบคุณต่อบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความสะดวกในการใช้สถานที่วิจัย หน่วยซ่อมเครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียที่ให้ยืมอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย การทางพิเศษแห่งประเทศไทยซึ่งให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ตลอดจนผู้ที่มิได้กล่าวนามทุก ๆ ท่าน ซึ่งต่างก็มีส่วนช่วยงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

คำอธิบายสัญญลักษณ์ ..... ท

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 สมมติฐานการวิจัย 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

2. ทบทวนวรรณคดี 4

2.1 การสั่นสะเทือนของคลื่น (seismic waves) ใน elastic half-space 4

2.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของคลื่น 9

2.3 แนวความคิดด้านฟิสิกส์ในการลดความสั่นสะเทือนจาก R-wave 13

2.4 ประสิทธิภาพของเครื่องกันคลื่น 14

2.5 ผลงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

หน้า

บทที่

3. วัสดุกั้นคลื่น 28

3.1 การพิจารณาวัสดุกั้นคลื่น 28

3.2 การวิจัยส่วนผสมวัสดุกั้นคลื่นในห้องทดลอง 33

3.3 การผสมวัสดุกั้นคลื่นในหลุมทดลอง 37

3.4 การติดตั้งวัสดุกั้นคลื่นในหลุมทดลอง 40

4. วิธีดำเนินงานวิจัย 42

4.1 ลักษณะสถานที่ทดลอง 42

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 43

4.3 การจัดสถานที่และเครื่องมือทดลอง 48

4.4 การลำดับขั้นในการวิจัย 49

5. การวิเคราะห์ผลการวิจัย การอภิปรายผล การสรุปผล 55

5.1 การวิเคราะห์ผลการวิจัย 55

5.2 การอภิปรายผล 57

5.3 การสรุปผล 59

เอกสารอ้างอิง 148

ประวัติผู้เขียน 153

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง

2.1 แสดงความเร็วของ P-waves และ S-waves ในดินชนิดต่าง ๆ กัน (จาก Barkan, 1962)[1] 7

2.2 ค่าโดยประมาณของสัมประสิทธิ์ของการดูดซึมพลังงานคลื่นของดินชนิดต่าง ๆ (Barkan, 1962)[1] 9

3.1 รายการคำนวณหาพื้นที่ที่ผิวหน้าของทรายชายฝั่งทะเล 32

3.2 ราคาวัสดุผสมตามอัตราส่วนผสมต่าง ๆ (มิ.ย. 2524) 33

3.3 คุณสมบัติขนาดและลักษณะของทรายชายฝั่งทะเล 34

3.4 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมทรายกับยางมะตอยน้ำและทรายผสมปูนขาวกับยางมะตอยน้ำ 35

3.5 ผลของปริมาณความชื้นกับความหนาแน่นแห้งของส่วนผสมต่าง ๆ ... 38

4.1 คุณสมบัติของ vibration exciter type 4809 44

4.2 ค่าเฉลี่ย shear modulus ของดินชนิดต่าง ๆ (Suresh)[32] 52

5.1.1 ก ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (ไม่มีร่องเปล่า) 60

5.1.1 ข ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (ไม่มีร่องเปล่า) 61

5.1.2 ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกั้นคลื่น S+2.5E) 62

5.1.3 ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกั้นคลื่น S+3E). 63

5.1.4 ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกั้นคลื่น S+3L+2E) 64

5.1.5 ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกั้นคลื่น S+4L+2E) 65

5.1.6 ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกั้นคลื่น S+2C+2E) 66

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

5.1.7	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3C+2E).	67
5.2 ก	ผลการหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงที่ความถี่ต่าง ๆ (ร่องเปล่า)..	76
5.2 ข	ผลการหาค่าสัมประสิทธิ์การลงลงที่ความถี่ต่าง ๆ (ร่องวัสดุกันคลื่น)	76
5.3.1 ก	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (มีร่องเปล่า)	78
5.3.1 ข	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (มีร่องเปล่า)	79
5.3.2	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+2.5E) ..	80
5.3.3	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3E)	81
5.3.4	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3L+2E)..	82
5.3.5	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+4L+2E)..	83
5.3.6	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+2C+2E)..	84
5.3.7	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3C+2E)..	85
5.4.1	ผลการหาค่า ARF กับระยะทาง (ร่องเปล่า)	94
5.4.2	ผลการหาค่า ARF กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+2.5E) ..	95
5.4.3	ผลการหาค่า ARF กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+3E)	95
5.4.4	ผลการหาค่า ARF กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+3L+2E)..	96
5.4.5	ผลการหาค่า ARF กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+4L+2E)..	96
5.4.6	ผลการหาค่า ARF กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+2C+2E)..	97
5.4.7	ผลการหาค่า ARF กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+3C+2E)..	97
5.5.1 ก	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $11\frac{1}{4}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) ..	106
5.5.1 ข	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $11\frac{1}{4}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) ..	107
5.5.2 ก	ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $22\frac{1}{2}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) ..	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

5.5.2 ข ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $22\frac{1}{2}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) .. 109

5.5.3 ก ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $33\frac{3}{4}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) .. 110

5.5.3 ข ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $33\frac{3}{4}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) .. 111

5.5.4 ก ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว 45° (มีร่องเปล่า) ... 112

5.5.4 ข ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว 45° (มีร่องเปล่า) ... 113

5.5.5 ก ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $56\frac{1}{4}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) .. 114

5.5.5 ข ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $56\frac{1}{4}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) .. 115

5.5.6 ก ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $67\frac{1}{2}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) .. 116

5.5.6 ข ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $67\frac{1}{2}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) .. 117

5.5.7 ก ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $78\frac{3}{4}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) .. 118

5.5.7 ข ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว $78\frac{3}{4}^{\circ}$ (มีร่องเปล่า) .. 119

5.5.8 ก ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว 90° (มีร่องเปล่า) ... 120

5.5.8 ข ผลการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนว 90° (มีร่องเปล่า) ... 121

5.6.1 ผลการหาค่า ARF กับระยะทางตามแนว $11\frac{1}{4}^{\circ}$ (ร่องเปล่า) .. 122

5.6.2 ผลการหาค่า ARF กับระยะทางตามแนว $22\frac{1}{2}^{\circ}$ (ร่องเปล่า) .. 123

5.6.3 ผลการหาค่า ARF กับระยะทางตามแนว $33\frac{3}{4}^{\circ}$ (ร่องเปล่า) .. 124

5.6.4 ผลการหาค่า ARF กับระยะทางตามแนว 45° (ร่องเปล่า) ... 125

5.6.5 ผลการหาค่า ARF กับระยะทางตามแนว $56\frac{1}{4}^{\circ}$ (ร่องเปล่า) .. 126

5.6.6 ผลการหาค่า ARF กับระยะทางตามแนว $67\frac{1}{2}^{\circ}$ (ร่องเปล่า) .. 127

5.6.7 ผลการหาค่า ARF กับระยะทางตามแนว $78\frac{3}{4}^{\circ}$ (ร่องเปล่า) .. 128

5.6.8 ผลการหาค่า ARF กับระยะทางตามแนว 90° (ร่องเปล่า) ... 129

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

1 การลดความสั่นสะเทือนจากคลื่น Rayleigh 1

2.1 แสดงการกระจายของ displacement waves จากการเขย่าฐานรากกลมบน homogeneous, isotropic, elastic half-space (จาก Woods, 1968)[36] 6

2.2 แสดงคุณสมบัติของคลื่นสั่นสะเทือน 7

2.3 แสดงการสะท้อนของคลื่น 10

2.4 แสดงการเปลี่ยนทิศของคลื่นที่สัมพันธ์กับหน้าคลื่น 11

2.5 การรวมคลื่นแบบเสริมกัน 12

2.6 การรวมคลื่นแบบหักล้างกัน 12

2.7 แสดงการเลี้ยวเบนของคลื่นเมื่อผ่านขอบสิ่งกีดขวาง 12

2.8 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของคลื่นหลังเครื่องกั้นคลื่น (barrier) 13

2.9 แสดงขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงอัมปลิจูด (displacement amplitude) ที่ความถี่ของการสั่นต่าง ๆ (จาก Richart 1962)[27] 16

2.10 Schematic of vibration isolation using a circular trench surrounding the source of vibration-active isolation(from Woods, 1968) . 19

2.11 Schematic of vibration isolation using a straight trench to create a quiescent zone-passive isolation(from Woods, 1968) 19

2.12 Effective screened zone for full circle trenches 20

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

2.13 Eeffective screened zone for partial circle trenches 21

2.14 Eeffective screened zone for straight open trenches 22

2.15 Isolation at the source 23

2.16 Effective screen zone for semi circle trenches . 24

2.17 Isolation of building from traffic induced vibrations(after Barkan, 1962) 25

2.18 Building isolation using bentonite-slurry filled trench(after Neumeuer, 1963) 26

2.19 Isolation of standards laboratory(after McNeill et al., 1965) 27

3.1 Cationic Lauryltrimethy Lammonium Chiloride 29

3.2 การจัดตัวของ Emulsifying Agent 29

3.3 Emulsifies Asphalt Droplet, Cationic Emulsion .. 29

3.4 การยึดเกาะกันของยางมะตอยน้ำกับวัสดุ Silica 29

3.5 Grain size distribution of beach sand 36

3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความหนาแน่นแห้งของส่วนผสมต่าง ๆ 39

3.7 รูปถ่ายแสดงการติดตั้งวัสดุกันคลื่นในหลุมทดลอง 40

3.8 รูปถ่ายร่องวัสดุกันคลื่น 41

4.1 แสดงรูปถ่ายสถานที่ทดลอง 42

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.2 แสดงลักษณะของดิน (soil profile) 43

4.3 แสดงรูปถ่ายอุปกรณ์การทดลองทั้งชุด 43

4.4 Vibration exciter type 4809 44

4.5 แสดงรูปถ่ายของ Velocity transducer 45

4.6 แสดงการติดตั้งเครื่องมือสำหรับ Calibration velocity transducer 46

4.7 Calibration curve ของ velocity transducer 46

4.8 รูปถ่าย Oscilloscope 47

4.9 แสดงรูปถ่ายการจัดสถานที่ทดลอง 48

4.10 แสดงการวางผังเครื่องมือทดลอง 49

4.11 แสดงตำแหน่งของ velocity transducer ทั้งสอง inphase กัน 50

4.12 แสดงการหาค่าเฉลี่ยของความยาวคลื่น Rayleigh ที่ความถี่ต่าง ๆ 51

4.13 แสดงการวางผังการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนวกึ่งกลางของ trench barrier material 53

4.14 แสดงการวางผังการวัดอัมปลิจูดกับระยะทางตามแนวรัศมีต่าง ๆ จากแหล่งกำเนิดคลื่น 54

5.1.1 ก การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (ไม่มีร่องเปล่า) 68

5.1.1 ข การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (ไม่มีร่องเปล่า) 69

5.1.2 การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกันคลื่น S+2.5E) 70

5.1.3 การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3E).. 71

5.1.4 การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3L+2E) 72

5.1.5 การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกันคลื่น S+4L+2E) 73

5.1.6 การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกันคลื่น S+2C+3E) 74

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.1.7	การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (ไม่มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3C+2E)	75
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของการลดลง (Coefficient of Attenuation) ที่ความถี่ต่าง ๆ	77
5.3.1 ก	การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (มีร่องเปล่า)	86
5.3.1 ข	การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (มีร่องเปล่า)	87
5.3.2	การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+2.5E)..	88
5.3.3	การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3E) ...	89
5.3.4	การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3L+2E).	90
5.3.5	การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+4L+2E).	91
5.3.6	การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+2C+2E).	92
5.3.7	การกระจายของคลื่นกับระยะทาง (มีร่องวัสดุกันคลื่น S+3C+2E).	93
5.4.1 ก	A.R.F. กับระยะทาง (ร่องเปล่า)	98
5.4.1 ข	A.R.F. กับระยะทาง (ร่องเปล่า)	99
5.4.2	A.R.F. กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+2.5E)	100
5.4.3	A.R.F. กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+3E)	101
5.4.4	A.R.F. กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+3L+2E)	102
5.4.5	A.R.F. กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+4L+2E)	103
5.4.6	A.R.F. กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+2C+2E)	104
5.4.7	A.R.F. กับระยะทาง (ร่องวัสดุกันคลื่น S+3C+2E)	105
5.5.1	Amplitude reduction factor contour diagram (f = 10 cps.)	130

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.5.2 Amplitude reduction factor contour diagram(f = 15 cps.) 131

5.5.3 Amplitude reduction factor contour diagram(F = 20 cps.) 132

5.5.4 Amplitude reduction factor contour diagram(f = 25 cps.) 133

5.5.5 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 30 cps.) 134

5.5.6 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 35 cps.) 135

5.5.7 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 40 cps.) 136

5.5.8 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 45 cps.) 137

5.5.9 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 50 cps.) 138

5.5.10 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 75 cps.) 139

5.5.11 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 100 cps.) 140

5.5.12 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 125 cps.) 141

สารบัญภาพ (ต่อ

หน้า

รูปที่

5.5.13 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 150 cps.) 142

5.5.14 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 175 cps.) 143

5.5.15 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 200 cps.) 144

5.5.16 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 250 cps.) 145

5.5.17 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 300 cps.) 146

5.5.18 Amplitude reduction factor contour diagram (f = 400 cps.) 147

สัญญลักษณ์

ซม.	เซนติเมตร
ม.	เมตร
มม.	มิลลิเมตร
ลบ.ฟุต	ลูกบาศก์ฟุต
A	อัมปลิจูด (amplitude)
A_o	อัมปลิจูดที่ระยะ r_o จากแหล่งกำเนิดคลื่น
A_r	อัมปลิจูดที่ระยะ r จากแหล่งกำเนิดคลื่น
C	ปูนซีเมนต์
C_c	coefficient of concavity
cm.	เซนติเมตร
C_u	coefficient of uniformity
CPM	รอบต่อนาที (cycle per minute)
D_{10}	ขนาดเมล็ดวัสดุที่มีปริมาณวัสดุเล็กกว่านี้ 10%
D_{30}	ขนาดเมล็ดวัสดุที่มีปริมาณวัสดุเล็กกว่านี้ 30%
D_{50}	ขนาดเมล็ดวัสดุที่มีปริมาณวัสดุเล็กกว่านี้ 50%
D_{60}	ขนาดเมล็ดวัสดุที่มีปริมาณวัสดุเล็กกว่านี้ 60%
E	ยางมะตอยน้ำ
f	ความถี่
ft	ฟุต
g	ความเร่ง
G	Lamé's constant, shear modulus
H	ความลึกเครื่องกั้นคลื่น
Hz	เฮิรตซ์ (Hertz)
KHz	กิโลเฮิรตซ์ (Killohertz)
Kg	กิโลกรัม

lb	ปอนด์
L	ความยาวเครื่องกั้นคลื่น
L	ปูนยาว
L_R	ความยาวคลื่น Rayleigh
K	ค่าคงที่
m%	% ความชื้น
mv	มิลลิโวลต์
m	เมตร
mm.	มิลลิเมตร
min	นาที (minute)
P-wave	compression wave
R-wave	Rayleigh wave
r_o	ระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่น r_o
r	ระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่น r
S-wave	shear wave
sec	วินาที (second)
S	ทราย
V	ความเร็วคลื่น
v_p	compression wave velocity
v_s	shear wave velocity
v_r	Rayleigh wave velocity
W	ความกว้างเครื่องกั้นคลื่น
α	สัมประสิทธิ์การลดลง, สัมประสิทธิ์การดูดซึมคลื่น
γ	ความหนาเน่น
γd	ความหนาแน่นแห้ง
γd max	ความหนาแน่นแห้งสูงสุด

γ_t	ความหนาแน่นทั้งหมด
ρ	ความหนาแน่น (mass density)
ν	Poisson's ratio
λ	Lamé's constant
λ	ความยาวคลื่น
λ_R	ความยาวคลื่น (Rayleigh)
ω	ความถี่เชิงมุม (angular frequency)