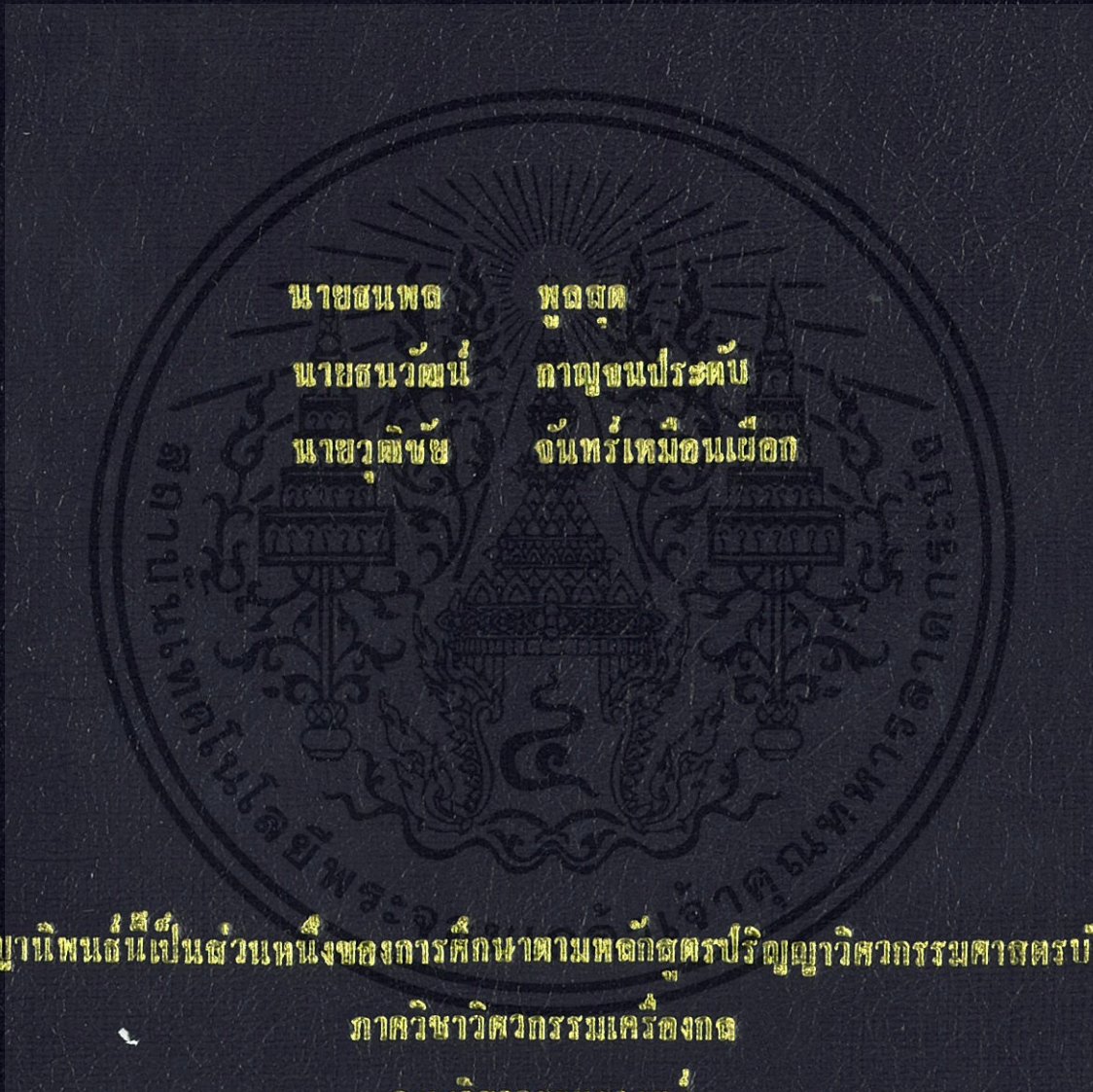


ตัวเก็บเสียงแบบกล่องกังวาน เส้นมโหรีท่ง ชนิดมีคอขึ้น

Helmholtz resonator with extended neck



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

ตัวเก็บเสียงแบบกล่องกังวาน เฮล์มโฮลทซ์ ชนิดมีคอยื่น

Helmholtz resonator with extended neck



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2555

HELMHOLTZ RESONATOR WITH EXTENDED NECK



THANAPON POONSUD
THANAWAT KANJANAPRADUB
WUTTICHAJ CHANMUENPHUEK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ตัวเก็บเสียงแบบกล่องกังวาน Helmholtz ชนิดมีคอยื่น

Helmholtz resonator with extended neck

ผู้จัดทำ

1. ธนพล พูลสุด รหัสประจำตัว 52010451
2. ธนวัฒน์ กาญจนประดับ รหัสประจำตัว 52010460
3. วุฒิชัย จันทร์เหมือนเผือก รหัสประจำตัว 52011159



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.มิ่ง โลกิจแสงทอง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเก็บเสียงแบบกล่องกังวาน Helmholtz ชนิดมีคอยื่น

นายธนพล พูลสุด	52010451
นายธนวัฒน์ กาญจนประดับ	52010460
นายวุฒิชัย จันทรเหมือนเฟือก	52011159
ผศ.มิ่ง โลกิจแสงทอง	อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของตัวเก็บเสียงในท่อโดยใช้ตัวเก็บเสียงแบบกล่องกังวาน “เฮล์มโฮลทซ์” ชนิดมีคอยื่น และตัวเก็บเสียงแบบกล่องกังวาน “เฮล์มโฮลทซ์” แบบสองชั้นชนิดมีคอยื่น เพื่อพิจารณาความสามารถในการเก็บเสียง โดยใช้ทฤษฎีพื้นฐานของเสียงมาประยุกต์ใช้ในระบอบการวิเคราะห์แบบหนึ่งมิติและสองมิติ ซึ่งผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองและสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวิจัยพัฒนาอุปกรณ์ลดเสียงทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไปในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HELMHOLTZ RESONATOR WITH EXTENDED NECK

Thanapon Poonsud 52010451

Thanawat Kanjanapradub 52010460

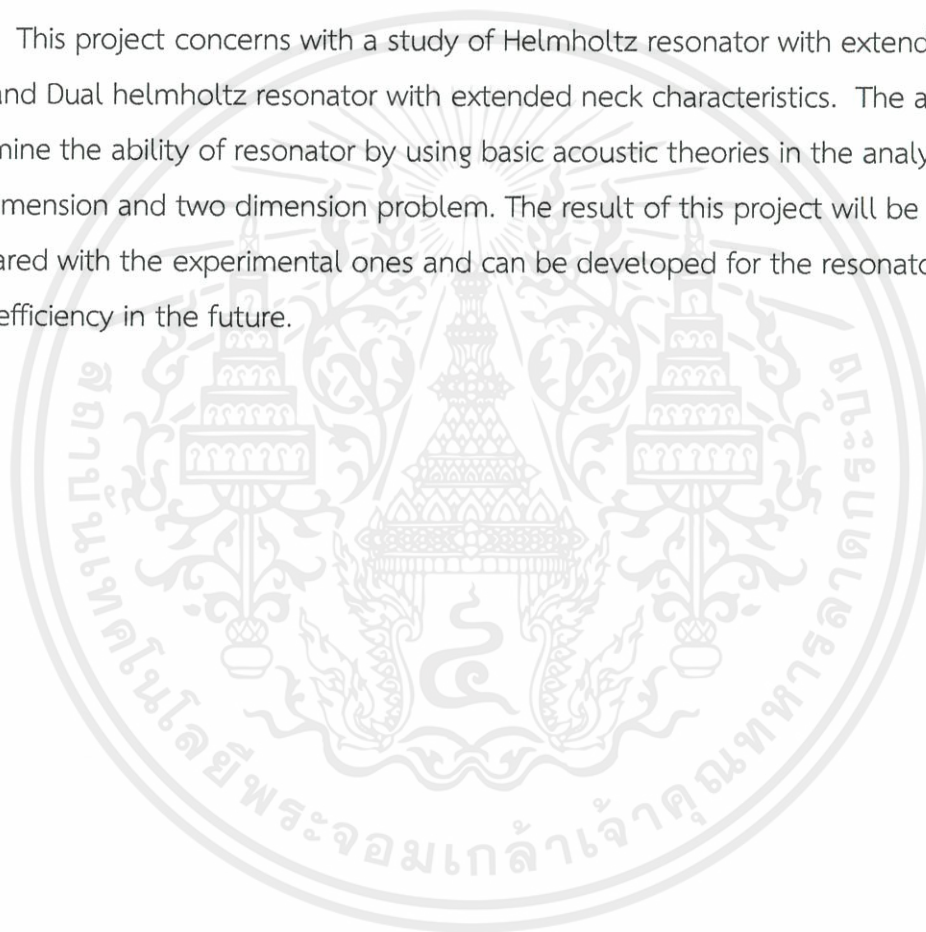
Wuttichai Chanmuenphuek 52011159

Assist.Prof.Ming Lokitsangtong Advisor

Year 2012

Abstract

This project concerns with a study of Helmholtz resonator with extended neck and Dual helmholtz resonator with extended neck characteristics. The aim is to determine the ability of resonator by using basic acoustic theories in the analysis of one dimension and two dimension problem. The result of this project will be compared with the experimental ones and can be developed for the resonator with more efficiency in the future.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับ พฤติกรรมการลดเสียงของอุปกรณ์ลดเสียง รวมถึงแนวคิดในการนำผลทดลองไปประยุกต์ใช้ในการลดเสียงของอุปกรณ์ลดเสียงแบบ Helmholtz Resonator จาก ผศ.มิ่ง โลกิจแสงทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมปริญญาานิพนธ์

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ช่วยเหลือแก้ไขให้คำแนะนำ รวมทั้งเมตตาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือให้นักศึกษาเข้าใจปัญหานั้น ขอคุณเพื่อนพี่น้องนักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆจนสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำปริญญาานิพนธ์ครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีมาจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายธนพล	พูลสุด	52010451
นายธนวัฒน์	กาญจนประดับ	52010460
นายวุฒิชัย	จันทร์เหมือนเผือก	52011159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 แนวความคิดในการศึกษา	3
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	4
1.4 ขอบเขตของโครงการ	4
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	6
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเสียงเบื้องต้น	6
2.2 ทฤษฎีของการวัดเสียง	7
2.3 Propagation of sound through gas	8
2.4 Wave Equation	9
2.5 ทฤษฎีการลดเสียง	9
2.6 Transfer matrix	11
2.7 คำแนะนำของ Davis ในการแก้ไขค่าความดันสะท้อนกลับด้านหน้าของ Resonator	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	15
3.1 อุปกรณ์สำหรับศึกษาพฤติกรรมของ Helmholtz resonator	15
3.2 วิธีการทดลอง	20
บทที่ 4 ผลการทดลอง	21
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	70
5.1 สรุปผลการทดลองพฤติกรรมการลดเสียงของ Helmholtz Resonator	70
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ จะต้องมีโทษทั้งห้าหมื่นให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
บรรณานุกรม

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้าที่
1-1 Expansion Chamber	2
1-2 Side Branch Resonator	2
1-3 Helmholtz resonator	3
1-4 Helmholtz resonator	4
2-1 ระดับกำลังเสียง	7
2-2 ความดันและการกระจัดในคลื่นเสียงมิติเดียว ที่เกิดจากกำแพงที่มีการสั่นแบบ Sinusoidal	8
2-3 ความดันเสียง และระดับความดันเสียง	10
2-4 ความดันบริเวณด้านหน้า-หลังของ Resonator	11
2-5 รายละเอียด Helmholtz resonator	13
2-6 ค่าแก้ไขความดันสะท้อนกลับด้านหน้า Resonator	14
3-1 ชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับศึกษาพฤติกรรมของ Resonator	15
3-2 FFT Analyzer	15
3-3 Microphone Power Supply	16
3-4 Probe tube	16
3-5 Oscillator	17
3-6 Sound level meter	17
3-7 Driver unit	17
3-8 Calibrator	18
3-9 Helmholtz Resonator	18
(4-1) – (4-48) Transmission Loss Characteristics	
4-1 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000226 m^3	22
4-2 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000302 m^3	23
4-3 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000377 m^3	24
4-4 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.001608 m^3	25
4-5 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.003234 m^3	26
4-6 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.00486 m^3	27
4-7 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.000226 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3	28

4-8 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.000302 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3	29
4-9 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.000377 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3	30
4-10 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.001608 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3	31
4-11 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.003234 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3	32
4-12 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.00486 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3	33
4-13 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000226 m^3 คอยื่น 0.01 m	34
4-14 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000302 m^3 คอยื่น 0.013 m	35
4-15 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000377 m^3 คอยื่น 0.016 m	36
4-16 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.001608 m^3 คอยื่น 0.03 m	37
4-17 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.003234 m^3 คอยื่น 0.06 m	38
4-18 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.00486 m^3 คอยื่น 0.09 m	39
4-19 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.000226 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3 คอยื่น 0.01 m	40
4-20 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.000302 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3 คอยื่น 0.013 m	41
4-21 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.000377 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3 คอยื่น 0.016 m	42
4-22 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.001608 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3 คอยื่น 0.03 m	43
4-23 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.003234 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3 คอยื่น 0.06 m	44
4-24 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.00486 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3 คอยื่น 0.09 m	45
4-25 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000226 m^3 คอยื่น 0.02 m	46
4-26 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000302 m^3 คอยื่น 0.026 m	47
4-27 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000377 m^3 คอยื่น 0.032 m	48
4-28 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.001608 m^3 คอยื่น 0.06 m	49
4-29 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.003234 m^3 คอยื่น 0.12 m	50

4-30	กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.00486 m ³ คอยื่น 0.18 m	51
4-31	กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ปริมาตร ชั้นล่าง 0.000226 m ³ ปริมาตรชั้นบน 0.0000754 m ³ คอยื่น 0.02 m	52
4-32	กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ ปริมาตร ชั้นล่าง 0.000302 m ³ ปริมาตรชั้นบน 0.0000754 m ³ คอยื่น 0.026 m	53
4-33	กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ ปริมาตรชั้นล่าง 0.000377 m ³ ปริมาตรชั้นบน 0.0000754 m ³ คอยื่น 0.032 m	54
4-34	กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ปริมาตร ชั้นล่าง 0.001608 m ³ ปริมาตรชั้นบน 0.001 m ³ คอยื่น 0.06 m	55
4-35	กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ปริมาตร ชั้นล่าง 0.003234 m ³ ปริมาตรชั้นบน 0.001 m ³ คอยื่น 0.12 m	56
4-36	กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ปริมาตร ชั้นล่าง 0.00486 m ³ ปริมาตรชั้นบน 0.001 m ³ คอยื่น 0.18 m	57
4-37	กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000226 m ³	58
4-38	กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000302 m ³	59
4-39	กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000377 m ³	60
4-40	กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.001608 m ³	61
4-41	กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.003234 m ³	62
4-42	กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.00486 m ³	63
4-43	กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.000226 m ³ ชั้นบน 0.0000754 m ³	64
4-44	กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.000302 m ³ ชั้นบน 0.0000754 m ³	65
4-45	กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.000377 m ³ ชั้นบน 0.0000754 m ³	66
4-46	กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.001608 m ³ ชั้นบน 0.001 m ³	67
4-47	กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.003234 m ³ ชั้นบน 0.001 m ³	68
4-48	กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตร ชั้นล่าง 0.00486 m ³ ชั้นบน 0.001 m ³	69
5-1	กราฟรวมเปรียบเทียบ	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เสียง (Sound) เป็นปรากฏการณ์ประเภทคลื่นอย่างหนึ่ง ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคของตัวกลาง (Medium) ที่มีการสั่นสะเทือน ซึ่งจะเป็นผลทำให้ความดันและการขจัดของอนุภาคตัวกลางเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยเสียงสามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั้งตัวกลางที่เป็นอากาศ ของเหลว และของแข็ง ระดับของเสียงหรือความดัง จะมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB) มนุษย์จะสามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 20–20000 Hz ถ้าความถี่มากกว่านี้ เรียกว่า Ultrasonic และถ้าต่ำกว่าช่วงความถี่นี้ จะเรียกว่า Infrasonic ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียงในช่วงดังกล่าวได้

ในปัจจุบัน เสียงรบกวนที่ไม่ต้องการได้ยินจะมีโทษมากกว่าผลดีและจะทำให้มนุษย์เกิดความรำคาญ ความดันโลหิตสูง หลอดเลือดตีบลง ในระยะยาว จะส่งผลต่อความผิดปกติของหัวใจ นอกจากนี้เสียงดังยังมีผลต่อการหลั่งฮอร์โมนประเภทต่างๆ การยึดตัวของกล้ามเนื้อ การแปรปรวนทางอารมณ์และจิตใจซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานลดลงมีผลร้ายต่อมนุษย์ เสียงรบกวนที่เข้มมากๆ เป็นสาเหตุให้สูญเสียการได้ยินถาวร หลังจากได้รับเสียงนานเกินไป ความเข้มของสายการผลิตในโรงงานหลายแห่งยังส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุทางอ้อมได้อีก ยกตัวอย่างเช่น ในโรงงานเกิดอุบัติเหตุสัญญาณเตือนภัยดังขึ้นแต่พนักงานที่อยู่ในห้องปฏิบัติการกลับไม่ได้ยินเสียงจากตัวเครื่องและใบพัดขนาดใหญ่กลบเสียงสัญญาณเตือนภัยหมด เป็นสาเหตุให้พนักงานได้รับอันตราย เป็นต้น ซึ่งในการทำวิจัยการศึกษาพฤติกรรมลดเสียงรบกวน โดยใช้ Helmholtz resonator เป็นอุปกรณ์ลดเสียงอีกทางเลือกหนึ่ง สำหรับการลดเสียงโดยเราจะศึกษาพฤติกรรมลดเสียงกรณีไม่มีความเร็วลมไหลผ่าน และผลที่ได้จากการทดลองนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์เสียงและประยุกต์ใช้งานในระบบท่อต่างๆ

วิธีในการลดเสียงรบกวนนั้นกระทำได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1.1.1 การลดเสียง ณ จุดกำเนิดเสียง (Source) แบ่งเป็น

1.1.1.1 การปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างของเครื่องจักร เพื่อให้เกิดเสียงน้อยลง คือปรับปรุงจากการจับยึดของเครื่องจักร เพื่อให้การสั่นสะเทือนลดลง

1.1.1.2 การเปลี่ยนแปลงบางส่วน of เครื่องจักร คือ การพยายามลดชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องจักรให้น้อยลง

1.1.1.3 การใช้ดีมเปอร์ (Damper) เพื่อลดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรให้น้อยลง

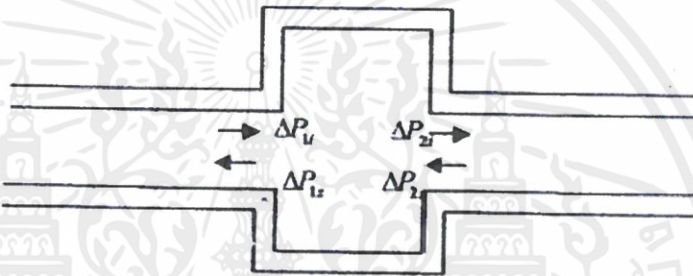
1.1.2 การลดเสียงโดยกระทำการระหว่างแหล่งกำเนิดเสียง และแหล่งรับเสียง (Path) แบ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัย

1.1.2.1 การลดเสียงแบบ Active (Active Noise Control ; ANC) จะเป็นการลดเสียงโดยอาศัยแหล่งกำเนิดเสียงที่ 2 (Secondary Noise Source) ไปหักล้างเสียงจากแหล่งกำเนิดหลัก (Original Primacy Noise Source) โดยแหล่งกำเนิดเสียงที่สองจะมีความถี่และแอมพลิจูดเท่ากับแหล่งกำเนิดเสียงหลัก แต่มีเฟส (Phase) ตรงข้ามกัน ซึ่งวิธีนี้จะลดเสียงได้ดีที่ความถี่ต่ำ

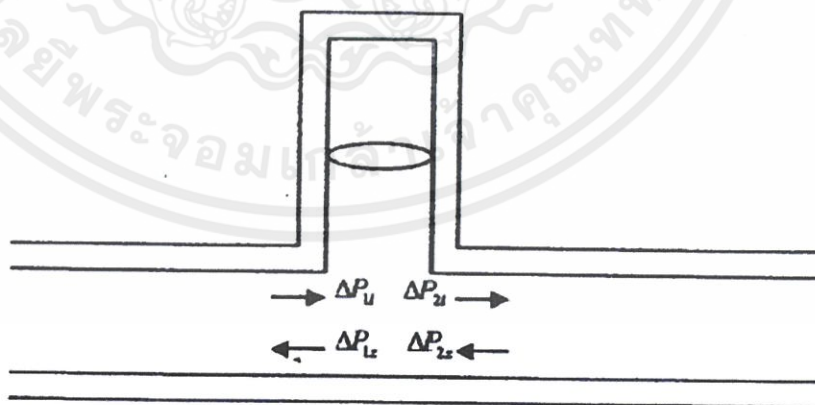
1.1.2.2 การลดเสียงแบบ Passive หมายถึง การควบคุมโดยอาศัยวัสดุในการดูดซับเสียงหรือใช้อุปกรณ์ดูดซับเสียง ซึ่งวิธีนี้จะสามารถลดเสียงได้ดีที่ความถี่สูง วัสดุที่ใช้ในการดูดซับเสียงแบ่งเป็น

- แบบ Expansion chamber เป็นอุปกรณ์ลดเสียงที่นิยมใช้ในรถยนต์ โดยเหมาะสมกับการลดเสียงรบกวนแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent noise) เสียงรบกวนชนิดนี้เกิดจากเครื่องจักรที่ทำงานเป็นรอบหรือคาบ



รูปที่ 1-1 Expansion Chamber

- แบบ Resonance จะมีสองประเภท คือ Helmholtz และ Side Branch Resonator เป็นอุปกรณ์ลดเสียงที่ใช้หลักการการเกิดคลื่นนิ่ง (Standing wave) ภายใน Resonator เพื่อลดเสียงรบกวนในท่อนำเสียง

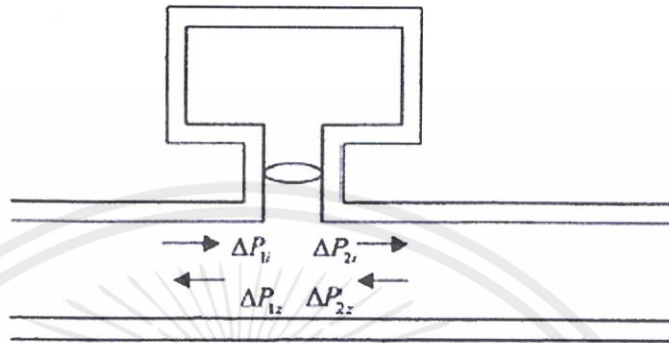


รูปที่ 1-2 Side Branch Resonator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า และผู้ดูแลให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง

Helmholtz resonator เป็นอุปกรณ์ลดเสียงที่พิจารณาในงานวิจัยชุดนี้ หลักการลดเสียง Resonator ชนิดนี้คือ Resonator ทำหน้าที่เสมือนกล่องเก็บพลังงาน

โดยอากาศบริเวณคอ (Connector) ที่เชื่อมต่อระหว่างท่อนำเสียงกับ Resonator เปรียบเสมือนมวล (Mass) และอากาศภายในห้องกำธร (Resonance Chamber) ที่ต้านการเคลื่อนที่ของมวลบริเวณคอ เปรียบเสมือนสปริง



รูปที่ 1-3 Helmholtz resonator

- แบบ Absorption เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดูดซับเสียง เช่น Glass wool

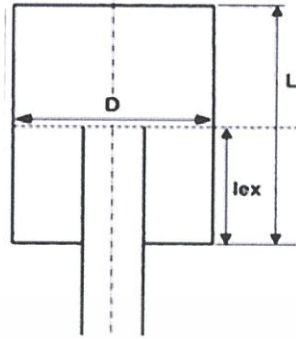
1.1.3 ผู้ที่ได้รับเสียง (Receiver)

1.1.3.1 โดยการบริหารหรือจัดการ เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดอันตรายสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับ เสียงเกินมาตรฐาน โดยอาศัยหลักการจำกัดเวลาการทำงานของผู้ปฏิบัติงานให้น้อยลง และดำเนินการอย่างเคร่งครัด เช่น จัดตารางการทำงานเพื่อว่าผู้ปฏิบัติงานจะได้ไม่ทำงานในที่ที่มีเสียงดังนานเกิน กว่ามาตรฐานที่กำหนด หรือกำหนดระยะเวลาการใช้รถยนต์บางประเภทเพื่อไม่ให้เกิดเสียงดังต่อประชาชน มากเกินไป

1.1.3.2 การใช้เครื่องป้องกันอันตรายต่อหู อาจแบ่งได้สองชนิดคือ เครื่องอุดหู (Ear pluge) ลดระดับเสียงได้ 6-25 เดซิเบล เอ และเครื่องครอบหู (Ear Muffs) ลดระดับเสียงได้ 30-40 เดซิเบล เอ

1.2 แนวความคิดในการศึกษา

Helmholtz-resonator คืออุปกรณ์ที่ใช้ดูดซับเสียงมีลักษณะเป็น โพรงกำธร ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ประกอบด้วยโพรงที่เชื่อมต่อกับพื้นที่ที่มีเสียงด้วยคอที่สั้นยื่นเข้าไปในโพรงดัง รูปที่ 1-4 การอัดตัวของอากาศภายในโพรงจะประพุดิตัวคล้ายกับสปริง โดยอากาศในคอจะเคลื่อนตัวไปด้วยกันคล้ายกับมวลก้อนหนึ่ง เมื่ออากาศอยู่บนคอคอดสั้นก็จะเกิดการหน่วงด้วยความหนืดซึ่งจะดูดกลืนพลังเสียงไปหมด ขนาดจำเพาะของความถี่ของการสั่นสะเทือนสามารถกำหนดได้จากปกติของโครงคอคอดมีลักษณะคล้ายกับการเลือกใช้ตัวหน่วงชนิดปรับค่าได้ซึ่งตัวดูดซับเสียงสะท้อนนี้สามารถนำไปใช้งานที่ความถี่เฉพาะ และอยู่ที่ความถี่จำกัดในช่วงความถี่ของอุปกรณ์นั้นๆ



รูปที่ 1-4 Helmholtz resonator

ในเชิงเปรียบเทียบจากแนวความคิดของตัวดูดซับเสียงสะท้อนที่เป็นที่รู้จักกันว่าการหน่วงการสั่นสะท้อนโดยอาศัยหลักการง่ายๆ โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของเสียงภายในห้องที่ว่างเปล่ากับห้องที่ตกแต่งแล้วเมื่อเสียงกระทบผนังหรือเครื่องกั้นแล้วพลังงานบางส่วนจะสะท้อนกลับ(reflected)บางส่วนถูกดูดซับ(absorbed)และบางส่วนทะลุผ่านกำแพงออกไป(transmitted)ซึ่งเราจะควบคุมปรากฏการณ์ธรรมชาติเหล่านี้ในทุกๆกรณี โดยมากวัสดุที่ใช้ทำตัวดูดซับเสียงมักจะเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างคล้ายเส้นใย เช่น ใยแร่(mineral wool)ใยแก้ว(fiber glass) เป็นต้น ซึ่งสัมประสิทธิ์ความสามารถในการลดเสียง(noise reduction efficient : NRC) คือค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ 250,500,1000 และ 2000 Hz จะกำหนดตัวเลขเพียงหนึ่งตัวในการเปรียบเทียบกันของวัสดุต่างๆ อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุที่เป็นฉนวนไม่จำเป็นต้องอยู่บนรากฐานของ NRC อย่างเดียวเท่านั้น วัสดุบางชนิดมีค่า NRC มากกว่าวัสดุอื่นแต่ยังไม่เหมาะสำหรับการใช้งานเฉพาะอย่าง บางครั้งค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับที่ความถี่เฉพาะเจาะจงจึงมีความจำเป็น

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการงาน

- 1.3.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมลดเสียงของ Helmholtz resonator
- 1.3.2 เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 3 แบบ คือ แบบปกติ แบบมีค้อย่น และแบบสองชั้นมีค้อย่น
- 1.3.3 นำผลที่ได้ไปประยุกต์และปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

1.4 ขอบเขตของโครงการงาน

- 1.4.1 การทดลองหาพฤติกรรมลดเสียงของ Helmholtz-resonator เพื่อศึกษาพฤติกรรมลดเสียงในช่วงย่านความถี่ 100-2000Hz แบบหนึ่งมิติ
- 1.4.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของส่วนต่างๆของ Helmholtz-resonator ซึ่งจะเป็นในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรresonator และปริมาตรระยะยื่น
- 1.4.3 ผลที่ได้จะนำมาแสดงในรูปแบบของกราฟซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถนำข้อมูลจากผลการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ลดเสียง
- 1.5.2 ทราบว่าตัวเก็บเสียงแต่ละแบบสามารถลดเสียงในช่วงความถี่ใดได้ดีที่สุด
- 1.5.3 ทราบถึงรูปร่างของตัวเก็บเสียงที่ใช้ในการลดเสียง และสามารถทราบถึงค่าในการลดเสียง
- 1.5.4 สามารถที่จะนำผลที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบปรับใช้แก้ไขข้อบกพร่องหรือจุดผิดพลาดต่างๆ และอาจนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในสภาพปัจจุบัน การออกแบบระบบเครื่องกลหรือระบบท่อต่างๆในอาคารผู้ออกแบบมักจะคำนึงถึงแต่เฉพาะหน้าที่การทำงานของเครื่องกลและระบบให้ได้ตามต้องการเท่านั้น โดยนอกจากการใช้เนื้อที่ใช้สอยต่างๆให้เป็นประโยชน์มากที่สุดแล้ว ยังจำกัดพื้นที่ในส่วนของห้องเครื่องต่างๆ เนื้อที่ช่องฝ้า และจำกัดความสูงระหว่างชั้นให้น้อยที่สุดด้วย ด้วยเหตุผลทางด้านการเงินการลงทุนและการประหยัดค่าก่อสร้าง เมื่ออุปกรณ์ต่างๆถูกติดตั้งเสร็จแล้ว มักเกิดปัญหาเรื่องเสียงดังรบกวนตามมา ซึ่งการแก้ไขภายหลัง นอกจากจะยุ่งยากแล้ว ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจะมากกว่า เมื่อเทียบกับการได้วางแผนและตรวจสอบตั้งแต่แรกหลายเท่าตัว โดยใช้นิยาม สมการและทฤษฎีต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเสียงเบื้องต้น

2.1.1 เสียงคืออะไร

เสียง (Sound) เป็นปรากฏการณ์ประเภทคลื่นซึ่งเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเกิดการรบกวนส่งผ่านไปยั้งตัวกลาง (Media) ที่มีความยืดหยุ่นซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้คือ อากาศ ผลของการรบกวนนั้นจะทำให้ความดันและการขจัดของอนุภาคของตัวกลางนั้นเปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถตรวจจับได้โดยเครื่องมือวัด หรือมนุษย์

การเคลื่อนที่ของอนุภาคของอากาศซึ่งเกิดจากผลของการรบกวนของแหล่งกำเนิด จะมีพฤติกรรมคล้ายสปริง ซึ่งค่าโมดูลัสสปริงจะมีค่าหลากหลายขึ้นอยู่กับชนิดของของไหลและชนิดของการอัดซึ่งความคืดที่เปลี่ยนไปที่เกิดในอากาศจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาตรที่เปลี่ยนไป จะมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$\Delta p = -E \frac{\Delta V}{V} = E \frac{\Delta p}{\rho} \quad (1)$$

จากสมการ (1) Δp คือ ความดันที่เปลี่ยนไป, V คือ ปริมาตร, E คือ ค่า Bulk Modulus และ ρ คือ ความหนาแน่นของตัวกลาง

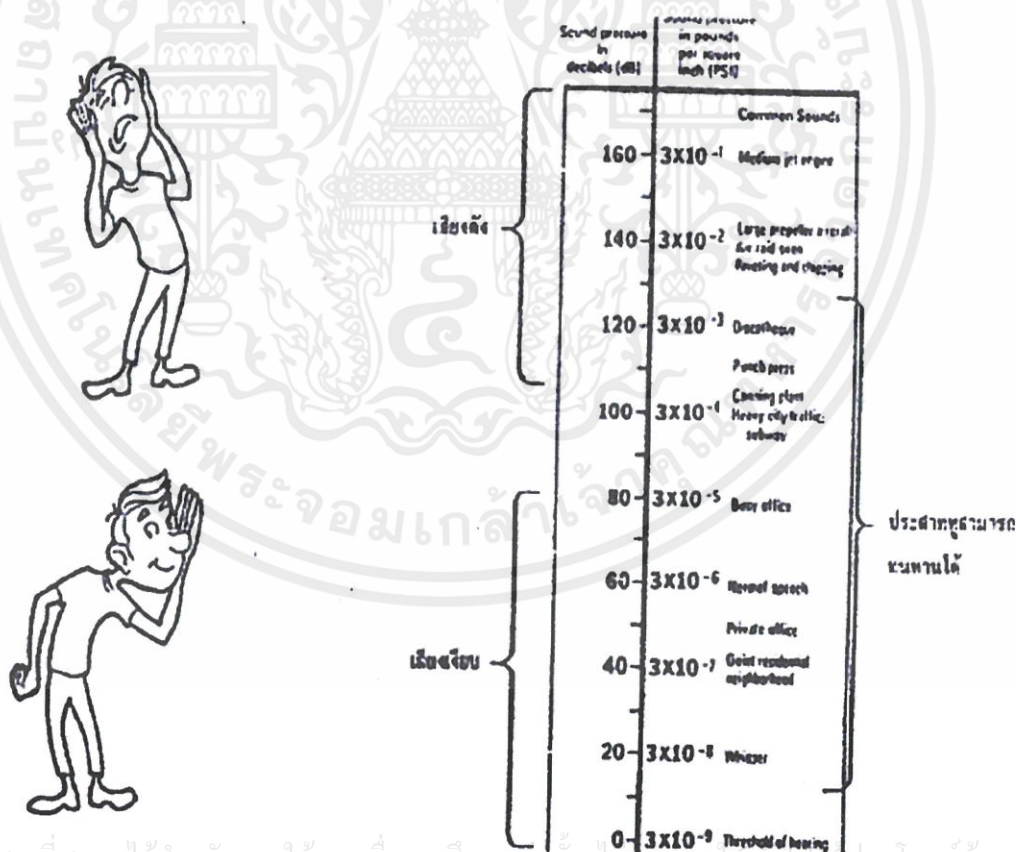
สำหรับกระบวนการอัดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอย่างช้าๆ การอัดจะเป็นแบบ Isothermal เพราะมีเวลาเพียงพอที่ความร้อนจากการอัดไหลไประบายที่ทางอื่น ซึ่งอุณหภูมิของอากาศจะมีค่าคงที่ แต่ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มขึ้น เพราะอากาศที่หดตัว และขยายตัวไม่มีเวลาเพียงพอที่จะระบายความร้อนไปที่อื่น จะเรียกกระบวนการอัดแบบนี้ว่า Adiabatic อนุภาคอากาศจะมีความเร็วมากขึ้นอันเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ถ่ายเทไม่ทันซึ่งทำให้จำนวนการชนต่อวินาที และโมเมนตัมเพิ่มมากขึ้นตามหลักของ Kinetics ที่กล่าวว่า

$$V \propto \sqrt{T} \quad (2)$$

จากสมการ (2) V คือ ความเร็วของอนุภาคและ T คือ อุณหภูมิในหน่วยของศาสม์บัวร์น ในการศึกษาเรากำหนดให้คลื่นเสียงเป็นการอัดตัวของอนุภาคอากาศแบบ Adiabatic

2.2 ทฤษฎีของการวัดเสียง

ความเข้มหรือระดับกำลังของคลื่นเสียง มีหน่วยเป็นเดซิเบล ซึ่งค่าที่ได้เป็น Logarithmic ทำให้สะดวกในการอ่านเพราะเป็นตัวเลขสองหลัก เช่น 90dB หรือ 100dB ในรูปที่ 2 ค่าความดันเสียง 80 dB มีค่าเพียง 0.00003 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเท่านั้น ที่ 0 dB เป็นระดับเสียงเริ่มต้นที่ หูฟังได้ยินเสียงและสามารถแยกแยะความดังของเสียงได้ดีที่กำลังดันเป็น 10000 เท่า ของเสียง คือ 80 dB และ 90 dB แต่ถ้าเสียงดังเกิน 90 dB ขึ้นไปแล้ว หูจะไม่สามารถแยกความแตกต่างของเสียงได้เลย ปกติเสียงดังรบกวนจะมาจากแหล่งกำเนิด ตั้งแต่สองแหล่งขึ้นไป ส่วนมากจะมีความเข้มของเสียงแตกต่างกันตามรูปที่ 2-1



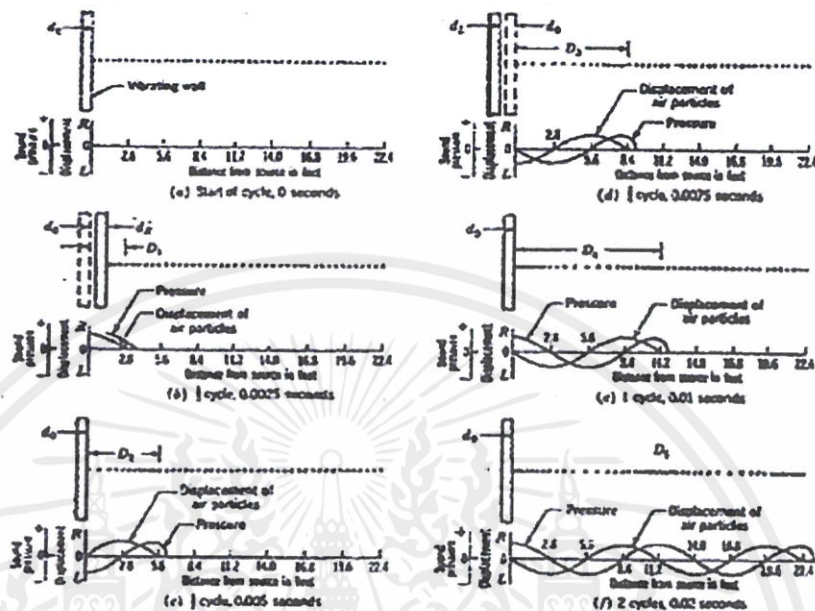
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2-1 ระดับกำลังเสียง หน่วยเป็น dB และปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2.3 Propagation of sound through gas

การแพร่กระจายของคลื่นเสียงในตัวกลางที่เป็นอากาศสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2-2 ความดันและการกระจัดในคลื่นเสียงมิติเดียว ที่เกิดจากกำแพงที่มีการสั่นแบบ Sinusoidal

จากรูปที่ 2-2a ถ้าเรามีกำแพงที่สั่นในรูปของ Sine ในตัวกลางที่เป็นอากาศ อนุภาคที่อยู่ติดกับกำแพงจะถูกบีบอัดทำให้เคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่ง รูปที่ 2-2b แสดงกระบวนการอัดในช่วงแรกโดยจุดสีดำ แสดงถึงอนุภาคของอากาศที่ได้รับโมเมนตัม จากกำแพง จากนั้นจะเคลื่อนที่ไปชนกับอนุภาคที่อยู่ใกล้เคียงกันและเกิดการถ่ายเทโมเมนตัมเกิดขึ้น จากนั้นกระบวนการเช่นเดียวกันนี้ก็ดำเนินต่อไปเรื่อยๆ

เมื่อกำแพงเคลื่อนที่ถอยหลัง จะเกิดความเบาบางลงบริเวณด้านหน้าของกำแพง (ดังรูปที่ 2-2c และ 2-2d) ความเบาบางนี้ จะทำให้อนุภาคของอากาศถูกเร่งให้เคลื่อนที่ถอยหลัง และหลังจากนั้นกระบวนการก็จะกลับมายังตำแหน่งเดิม หรือเกิดจักร และจะดำเนินต่อไปเรื่อยๆ

พิจารณาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงความดัน การขจัดของอนุภาคและความเร็วของอนุภาค จะเห็นได้ว่า ณ จุดใดจุดหนึ่ง การขจัดสูงสุดของอนุภาค และความดันสูงสุดของอนุภาคจะไม่เกิดขึ้นที่จุดเดียวกันในคลื่นเสียง ณ จุดที่อนุภาคมีความดันสูงโดยการขจัดของอนุภาคจะมีค่าเป็นศูนย์ ขณะที่การขจัดของอนุภาคมีค่าสูงสุด การเปลี่ยนแปลงความดันจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นความดัน และ

การขจัดอนุภาคมีเฟสต่างกัน 90° ในทางคณิตศาสตร์ความยาวคลื่นจะเท่ากับความเร็วของการแพร่หารด้วยความถี่การสั่น

ไม่ว่ากรณีใดก็ตามก็ยังคงเห็นได้ชัดเลยว่า การตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (3)$$

จากสมการ (3) λ คือ ความยาวคลื่น, V คือ ความเร็วของคลื่นเสียง และ f คือ ค่าความถี่

Mach number คือค่าที่ใช้เปรียบเทียบความเร็วของอากาศ โดยเปรียบเทียบเป็นจำนวนเท่าของความเร็วเสียง

$$M = \frac{V}{c} \quad (4)$$

จากสมการ (4) V คือ ความเร็วของอากาศ และ c คือ ความเร็วเสียงสำหรับ
สำหรับความเร็วเสียงในอากาศสามารถหาได้จากสมการ

$$c = \sqrt{kRT} = \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta \rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (5)$$

หรือ
$$c = 331 + 0.6T \quad (6)$$

จากสมการ (4) และ (5) k คือ ค่าความร้อนจำเพาะ, p คือ ความดัน, R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส และ T คือ อุณหภูมิในหน่วยของศาสม์บัวร์น

2.4 Wave Equation

สำหรับคลื่นมิติเดียว (plane wave) ที่เคลื่อนที่ในระบบท่อ จะมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad (7)$$

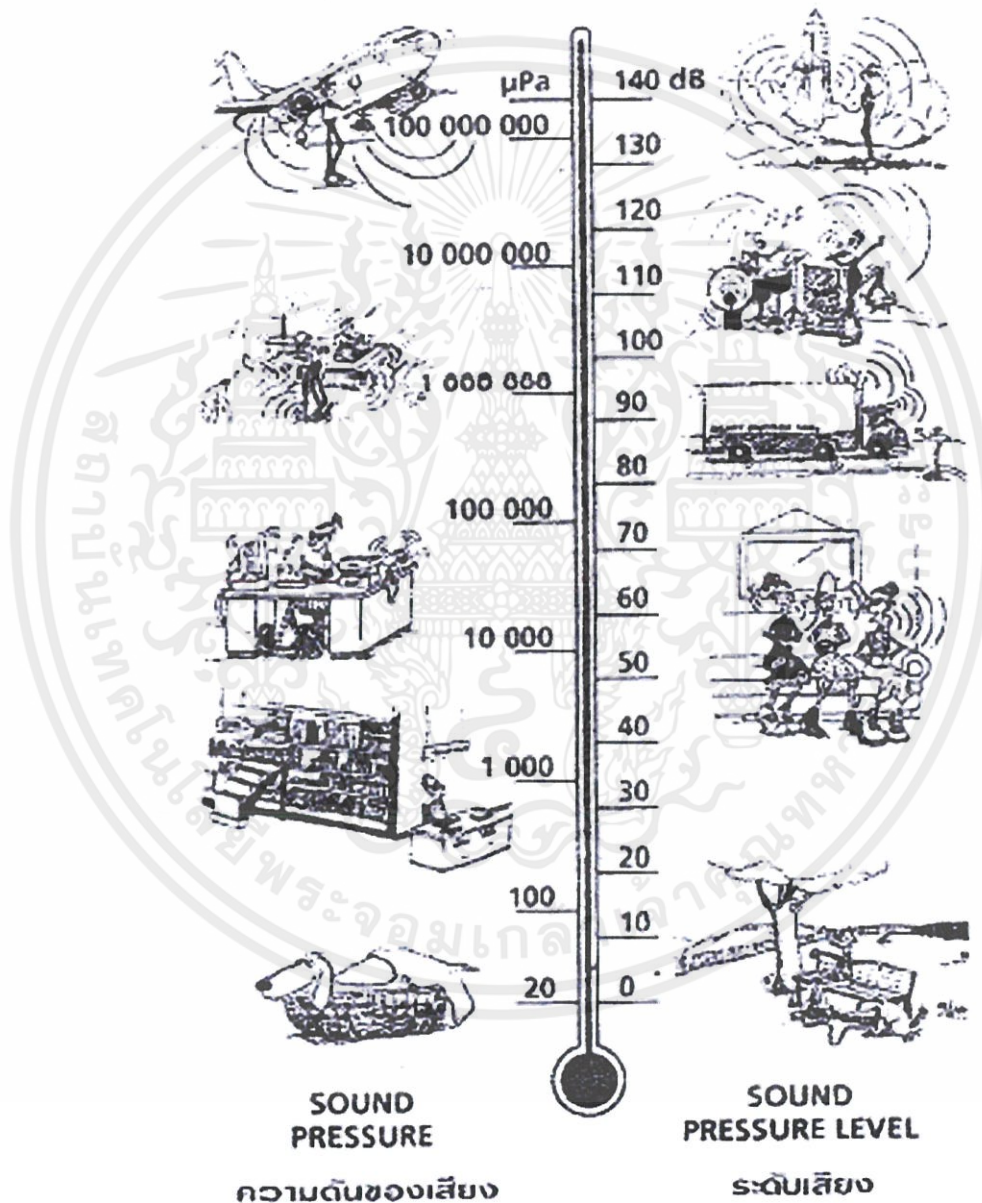
จากสมการ (7) U คือ การขจัดของอนุภาค, t คือ เวลา และ c คือ อัตราเร็วของการแพร่ของคลื่นเสียง

2.5 ทฤษฎีการลดเสียง

เสียงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดัน ย่านความดันเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินเสียงได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 20 μPa ถึง 100 Pa ที่ความดันเสียง 20 μPa คือระดับต่ำสุดของการได้ยิน ซึ่งค่านี้ได้มาจากค่าเฉลี่ยของความสามารถของการได้ยินของมนุษย์ และที่ความดันเสียงประมาณ 100 Pa เป็นเสียงที่ดังมากที่ทำให้เกิดความเจ็บปวด จึงเรียกว่า ระดับของความเจ็บปวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารจากการที่อัตราส่วนของค่าความดันเสียงของทั้ง 2 ระดับนี้มีค่ามากกว่ากันล้านเท่า การนำการคำนวณว่ากรณีสเกลความดันเสียงในลักษณะเชิงเส้นไปใช้ในการวัดความดันเสียง จึงเป็นสเกลที่กว้างมาก และไม่สะดวกในการใช้ ดังนั้นจึงเหมาะสมกว่าที่จะแสดงค่าตัวแปรทางเสียง ในลักษณะอัตราส่วนลอการิทึม

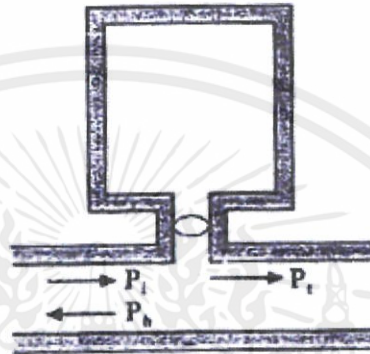
ของค่าที่ถูกวัดกับค่าอ้างอิง อัตราส่วนลอการิทึมมีหน่วยเป็น เดซิเบล (Decibel, dB) ประโยชน์ของการใช้ค่า dB คือจะเป็นการแปลงสเกลที่มีความกว้างมากกลายเป็นสเกลที่เริ่มจาก 0 dB (ที่ระดับต่ำสุดของการได้ยิน 20 μPa) ถึง 130 dB (ที่ระดับสภาวะความเจ็บปวด 100 Pa) ดังแสดงดังรูปที่ 2-3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2-3 ความดันเสียง และระดับความดันเสียง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Transfer matrix

Silencer ที่ประกอบด้วย Helmholtz resonator แบบตัวเดียวที่ติดตั้งบนผนังของท่อกลม หรือท่อสี่เหลี่ยม และบริเวณปลายท่อเป็นห้องเก็บเสียงดังแสดงตามรูปที่ 2-4 Munjal ได้สร้าง Transfer matrix เพื่อเชื่อมความสัมพันธ์ของความดันเสียง และ อัตราการไหล ณ หน้าตัดของท่อ บริเวณด้านหน้าและด้านหลังของ Resonator



รูปที่ 2-4 ความดันบริเวณด้านหน้า-หลังของ Resonator

$$\begin{bmatrix} p_i + p_b \\ \frac{p_i}{Z_0} - \frac{p_b}{Z_0} \end{bmatrix} = \frac{1}{2M + \frac{Z_r}{Z_0}} \begin{bmatrix} M + \frac{Z_r}{Z_0} & M^2 Z_0 \\ \frac{1}{Z_0} & M + \frac{Z_r}{Z_0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_t \\ \frac{p_t}{Z_0} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$Z_r = R + j(X + R) \quad (9)$$

$$R = \frac{16l}{\pi d^3} \sqrt{\pi \mu \rho_0 f} \quad (10)$$

$$X = \frac{2\pi f \rho_0 l e}{S} - \frac{\rho_0 c^2}{2\pi f v} \quad (11)$$

$$Z_0 = \frac{\rho_0 c}{S_0} \quad (12)$$

จากสมการ (8) - (12) p_i และ p_b คือความดันกระทบ (Incident pressure) และความดันสะท้อนกลับด้านหน้า (Backward pressure) Resonator ตามลำดับ, p_t คือ ความดันกระทบด้านหลัง (Transmitted pressure) ของ Resonator, M คือ ค่าแมค, Z_r คือ Acoustic impedance ซึ่งไม่

พิจารณาในเทอมของความต้านทาน, Z_0 คือ Characteristic impedance ของท่อ, R คือ ค่าความต้านทานของคอ, X คือ Resonator reactance ซึ่งไม่พิจารณาในเทอมของความต้านทาน, μ คือ ค่าความเหน็ด และ ρ_0 คือ ความหนาแน่นเฉลี่ยในตัวกลาง

จากสมการ(8) แก่สมการหาค่า $\frac{p_i}{p_t}$ จะได้ค่า Transmission Loss ดังแสดงตามสมการต่อไปนี้

$$TL = 10 \log \left| \frac{p_i}{p_t} \right|^2 \quad (13)$$

แทนค่าสมการที่ (8) ลงในสมการที่ (13) จะได้

$$TL = 10 \log \left| 1 + \frac{(1-M^2) \left\{ (1-M)^2 + 4 \left(2M + \frac{R}{Z_0} \right) \right\}}{4 \left\{ \left(2M + \frac{R}{Z_0} \right)^2 + \left(\frac{R}{Z_0} + \frac{X}{Z_0} \right)^2 \right\}} \right| \quad (14)$$

$$\frac{R}{Z_0} = \frac{16}{c \left(\frac{d}{l_e} \right) \left(\frac{d}{D_0} \right)^2} \sqrt{\frac{\mu f}{\pi \rho_0}} \quad (15)$$

$$\frac{X}{Z_0} = S_0 \left(\frac{f}{f_r} - \frac{f_r}{f} \right) \sqrt{\frac{S}{V l_e}} \quad (16)$$

ความถี่ที่เกิดการกำจร (Resonance frequency) สามารถหาได้จาก

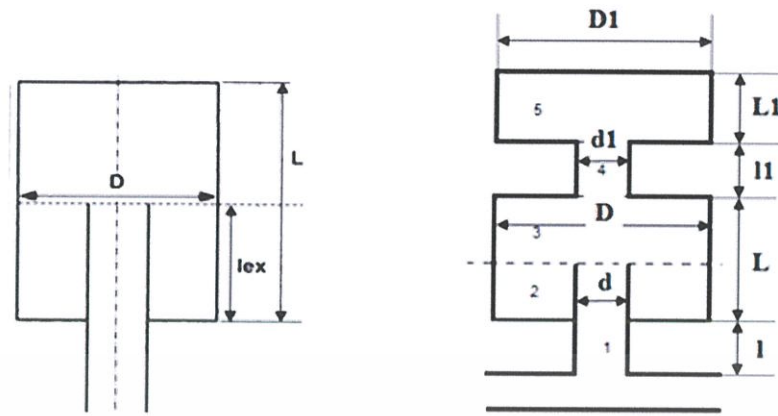
$$f_r = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V l_e}} \quad (17)$$

$$l_e = l + \beta d \quad (18)$$

$$S_0 = \frac{A_0}{2} \quad (19)$$

จากสมการ f_r คือ Resonance frequency, c คือความเร็วเสียง (346 m/s) ที่ 25 องศาเซลเซียส, S คือพื้นที่หน้าตัดของคอยื่น, V คือปริมาตรโพรงกำทอน, l_e คือความยาวประสิทธิผล, β คือค่าแก้ไข, A_0 คือพื้นที่หน้าตัดท่อนำเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
จากสมการที่ (17) และ (18) l_e คือความยาวประสิทธิผล (Effective Length) เนื่องจากเราไม่สามารถ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
คำนวณหา Resonance frequency จาก l_e ได้โดยตรง เพราะจะเกิดความคลาดเคลื่อน จึงต้องใช้ค่า
ความยาวประสิทธิผลในการคำนวณ



รูปที่ 2-5 รายละเอียด Helmholtz resonator

2.7 คำแนะนำของ Davis ในการแก้ไขค่าความดันสะท้อนกลับด้านหน้าของ Resonator

จากรูป 2-4 ในการส่งผ่านคลื่นความดันผ่านท่อนำเสียงจะเกิด ความดันสะท้อนกลับด้านหน้า (p_b) ขึ้น ค่าความดันสะท้อนกลับด้านหน้านี้มีผลทำให้ค่า TL มีค่าคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง Davis ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขค่าความดันสะท้อนกลับด้านหน้าของ Resonator ไว้ดังนี้

$$L_{P_i} = 10 \log \left(\frac{P_i}{P_{ref}} \right)^2 \quad (20)$$

$$L_{P_t} = 10 \log \left(\frac{P_t}{P_{ref}} \right)^2 \quad (21)$$

$$TL_{measure} = L_{p_i} - L_{p_t} \quad (22)$$

$$TL_{measured} = TL_{corrected} + TL_{true} \quad (23)$$

$$= 20 \log \left(\frac{p_i + p_b}{p_i} \right) + 20 \log \left(\frac{p_i}{p_t} \right) \quad (24)$$

จากสมการ (20) - (24) p_i คือ ความดันเสียงก่อนผ่าน Resonator, p_t คือ ความดันเสียงหลังผ่าน

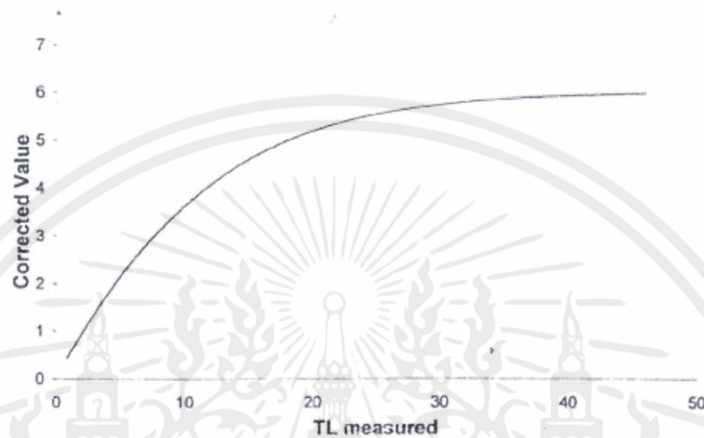
Resonator, p_b คือ ความดันสะท้อนกลับด้านหน้า, p_{ref} คือ ความดันเสียงอ้างอิง,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ ด้วนเอกสารนี้
 $TL_{measured}$ คือค่า TL ที่วัดได้จริงจากการทดลอง, $TL_{corrected}$ คือค่า TL แก้ไขที่อ่านได้
 ไม่ว่าจะกรณีใดก็ตาม อีกทั้งยังมีให้ดูแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 จากเส้นกราฟของ Davis ดังรูปที่ 2-6, TL_{true} คือค่า TL ที่ถูกต้องตามทฤษฎี

ถ้ากำหนด m คือเปอร์เซ็นต์การสะท้อนกลับของความดันเสียง จากนิยามของ m จะได้ว่า

$$\frac{P_i}{P_b} = \frac{100}{m} \text{ แทนค่าลงสมการที่(24)โดยเลือกแทนค่า } m = 5\%-99\% \text{ แล้ว Plot Graph}$$

จะได้ดังรูป 2-6



รูปที่ 2-6 ค่าแก้ไขความดันสะท้อนกลับด้านหน้า Resonator

ขั้นตอนการใช้เส้นกราฟของ Davis มีดังต่อไปนี้

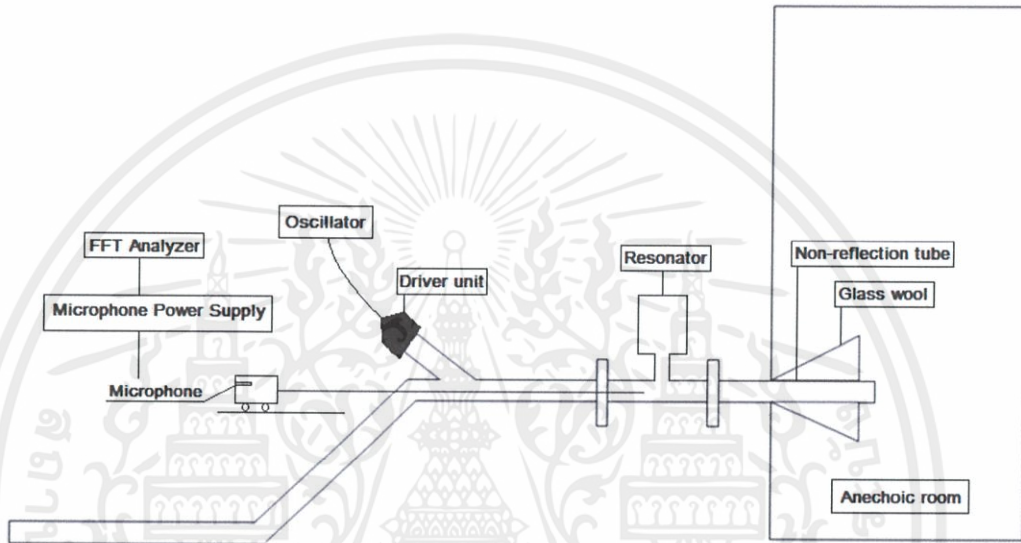
1. แกน x คือค่า TL ที่ได้จากการทดลองลากเส้นตรงตั้งฉากกับแกน x ไปสัมผัสกับเส้นกราฟอ่านค่าตามแนวแกน y จะได้ค่า $TL_{corrected}$
2. ค่า TL ที่ถูกต้องจะมีค่าเท่ากับ $TL_{true} = TL_{measured} - TL_{corrected}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์สำหรับศึกษาพฤติกรรมของ Helmholtz resonator



รูปที่ 3-1 ชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับศึกษาพฤติกรรมของ Resonator

3.1.1 FFT Analyzer (Fast Fourier Transform Analyzer) เป็นเครื่องมือวัดสำหรับแปลงสัญญาณความดันเปลี่ยนแปลงเป็นระดับความดังของเสียง (dB)



รูปที่ 3-2 FFT Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 Microphone Power Supply คือตัวจับสัญญาณ (Sensor) ซึ่งจะถูกขยายโดยใช้ Preamplifier ก่อนที่จะแปลงสัญญาณเป็นระดับความดังเสียง



รูปที่ 3-3 Microphone Power Supply

3.1.3 Probe Tube ทำหน้าที่เป็นท่อนำสัญญาณมายัง Microphone

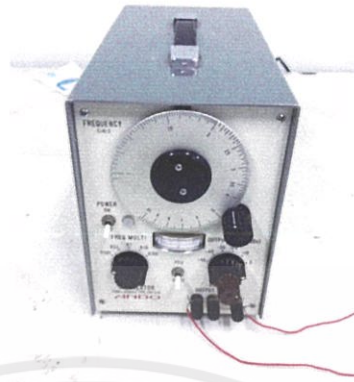


รูปที่ 3-4 Probe tube

3.1.4 Oscillator เป็นแหล่งกำเนิดเสียง โดยสามารถปรับระดับคลื่นความถี่ได้ตามความ

เหมาะสมส่งผ่านไปยัง Driver Unit สำหรับส่งผ่านไปยังท่อนำเสียงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 Oscillator

3.1.5 Sound level meter เป็นเครื่องมือวัดโดยแปลงสัญญาณความดันเสียงเป็นหน่วยเดซิเบล(dB)



รูปที่ 3-6 Sound level meter

3.1.6 Driver unit ทำหน้าที่ส่งผ่านเสียงไปยังท่อนำเสียง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-7 Driver unit

3.1.7 Calibratorใช้สอบเทียบMicrophone และ FFT Analyzer



รูปที่ 3-8 Calibrator

3.1.8 Helmholtz Resonator



รูปที่ 3-9 Helmholtz Resonator

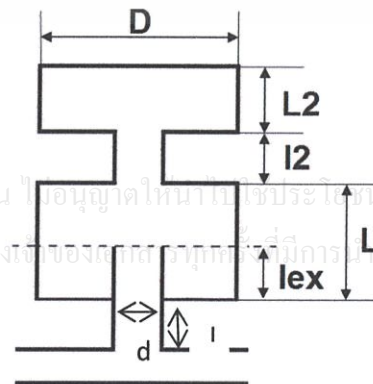
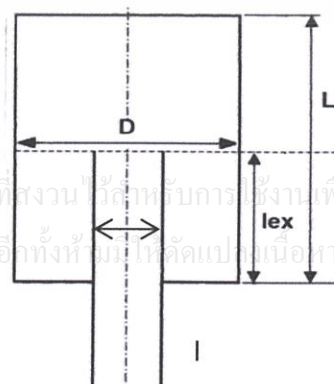
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงขนาดของ Helmholtz Resonator ที่ใช้ในการทดลอง (m)

L	D	d	l	le
0.030	9.810	0.025	0.005	0.000 0.001 0.002
0.040	9.810	0.025	0.005	0.000 0.013 0.026
0.050	9.810	0.025	0.005	0.016 0.032 0.048
0.091	15.00	0.025	0.005	0.000 0.030 0.061
0.183	15.00	0.025	0.005	0.000 0.061 0.122
0.275	15.00	0.025	0.005	0.000 0.092 0.183

หมายเหตุ

- Dual Helmholtz resonator ที่ขนาด 0.030, 0.040 และ 0.050 ชั้นที่สองจะมีขนาด L2 0.010m
- Dual Helmholtz resonator ที่ขนาด 0.091, 0.183 และ 0.275 ชั้นที่สองจะมีขนาด L2 0.057m



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ขออนุญาตให้บันทึกไว้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของคณะวิทยาศาสตร์ที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ติดตั้ง Helmholtz Resonator เข้ากับผนังท่อจากนั้นทำการสอบเทียบไมโครโฟนกับ FFT Analyzer

3.2.2 ปรับ Oscillator ให้ได้ค่าความถี่ที่ 100 Hz

3.2.3 เลื่อน Probe Tube ที่ยึดอยู่กับล้อซึ่งเคลื่อนที่ตามแนวราบเพื่อหาตำแหน่งที่มีระดับความเข้มเสียง มากที่สุด โดยวัดทั้งด้านหน้า และด้านหลังของ Helmholtz Resonator ค่า TL คือ ผลต่างของความ เข้มเสียงทั้งสอง

3.2.4 นำค่า TL ที่ได้มาแก้ไขตามทฤษฎีของ Davis ดังรูปที่ 2-6

3.2.5 ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ 3.3.2 – 3.2.4 โดยปรับความถี่ที่ 100 – 2000 Hz

3.2.6 ปรับปริมาตรโดยเปลี่ยนความยาว(L)และความยาวคอยื่นแล้วทดลองซ้ำ ตั้งแต่ 3.2.2 – 3.2.5 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

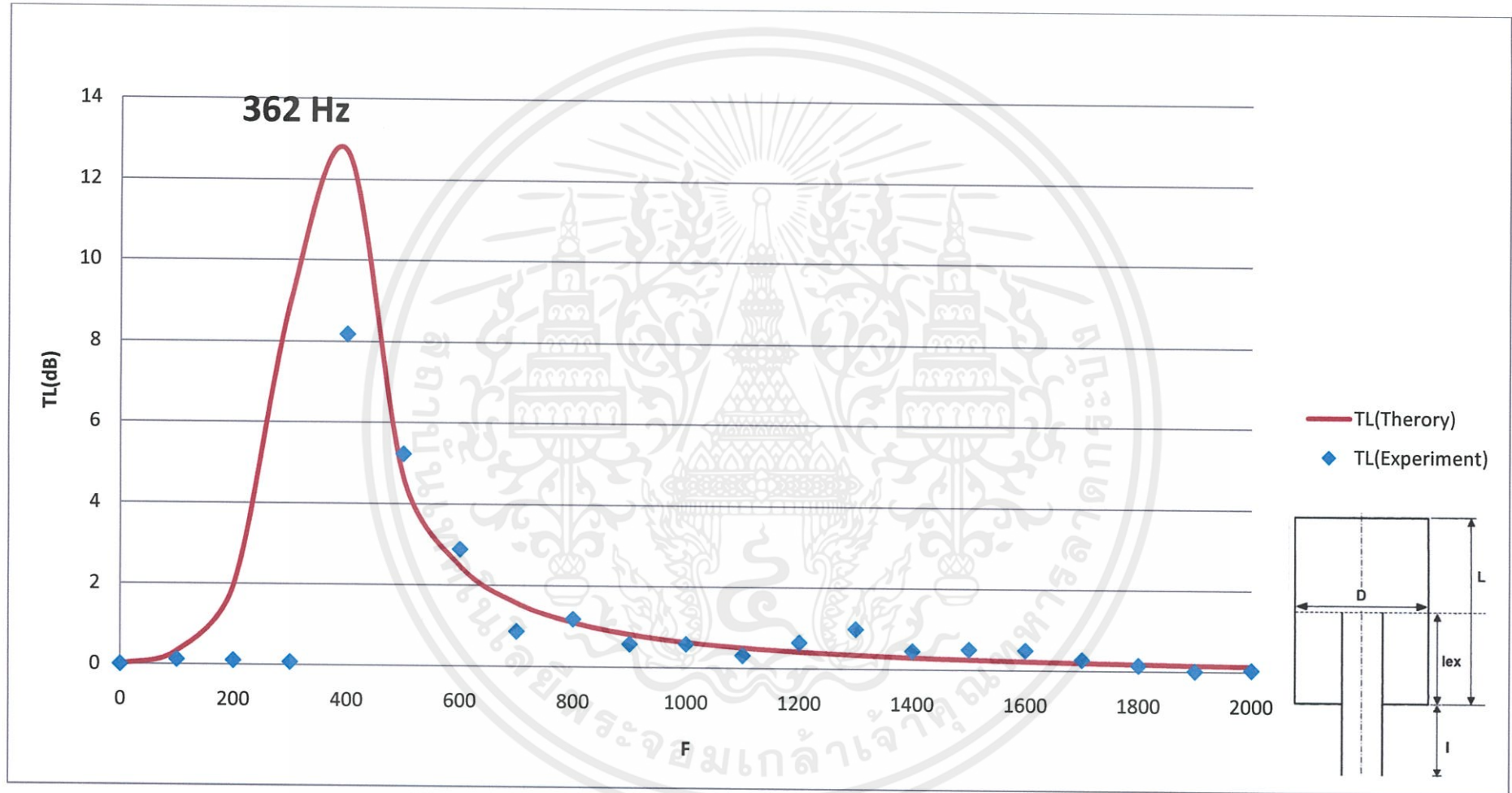
ในการศึกษาพฤติกรรมการลดเสียงของ Helmholtz resonator ที่ติดตั้งบนผนังท่อกลม สามารถแสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดเสียงกับมิติของ Resonator และท่อได้โดยใช้กราฟคือ

- Transmission Loss Characteristics แสดงถึงความสามารถในการลดเสียง และ ความถี่ที่เกิดประสิทธิภาพการลดเสียงสูงสุดหรือความถี่ที่เกิดการกำธ (Resonance frequency) ของ Resonator

โดย กราฟ Transmission Loss Characteristics นั้นได้แสดงผลออกมา 2 รูปแบบด้วยกันคือ

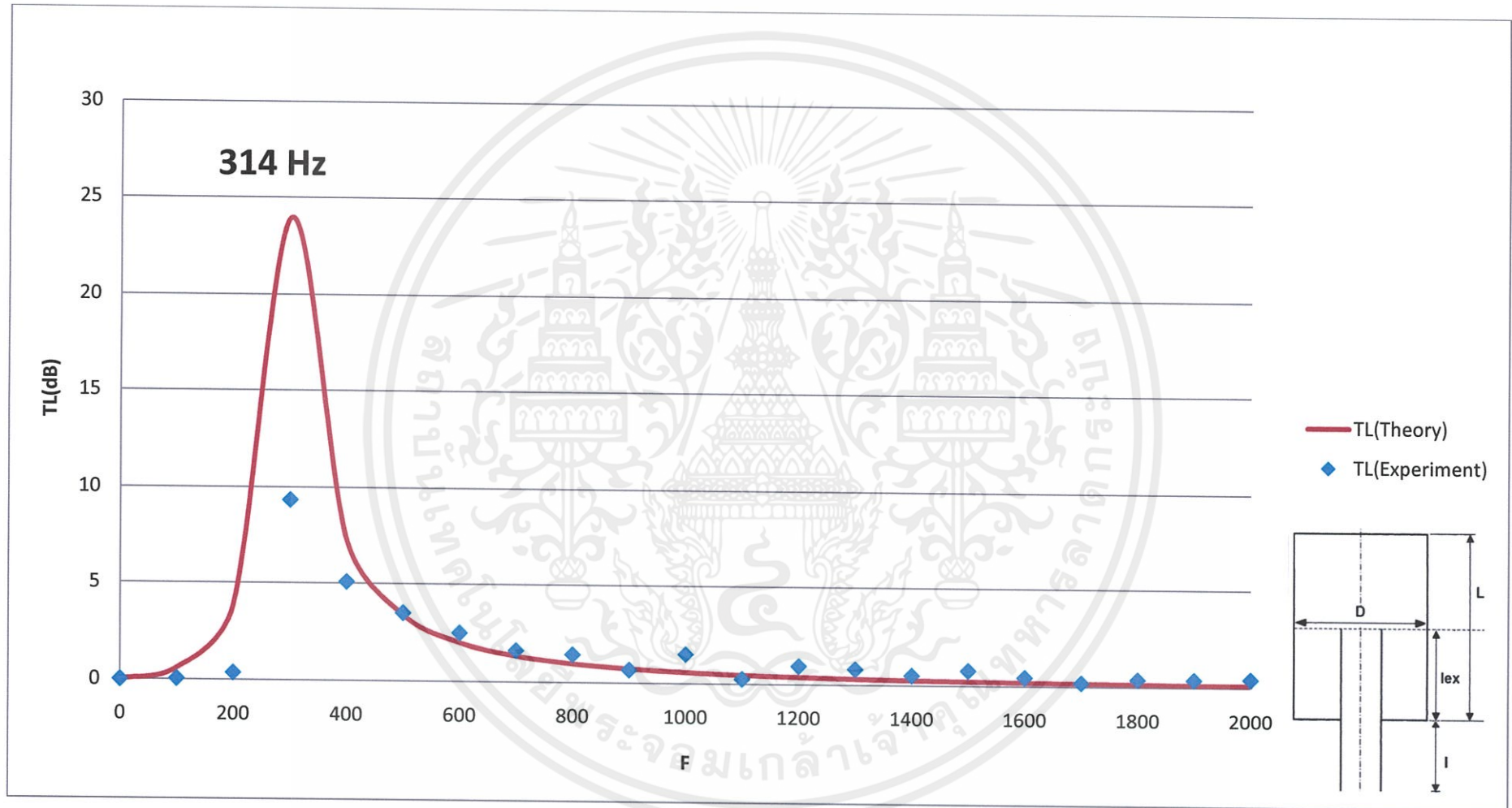
1. แสดงผลแยกขนาดของ Helmholtz resonator
2. แสดงผลโดยรวม เพื่อพิจารณาแนวโน้มค่า Transmission Loss และความถี่ที่เกิดการกำธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



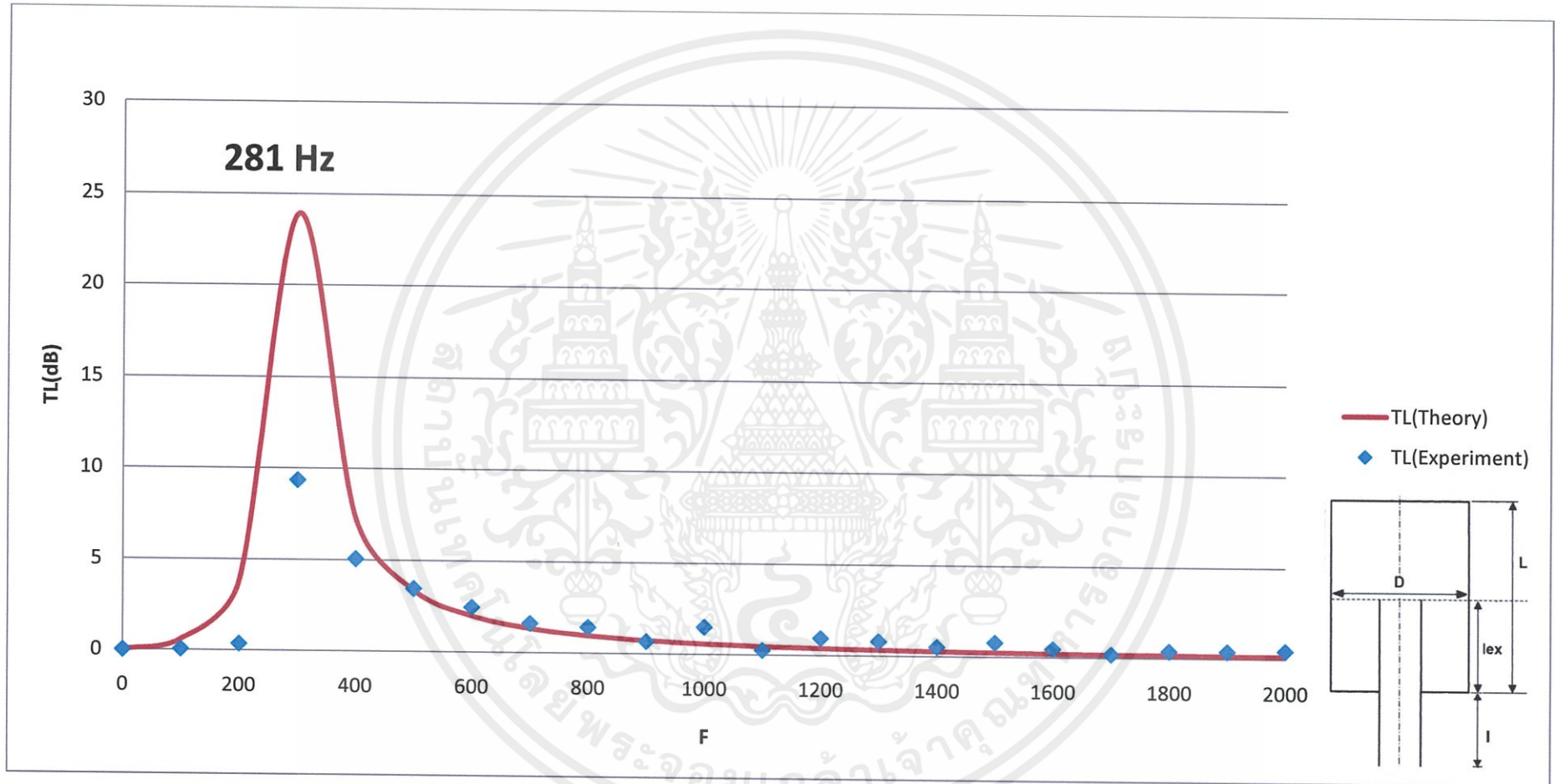
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.03	0.098	0.05	0

รูปที่ 4-1 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000226 m^3 เทียบกับทฤษฎี



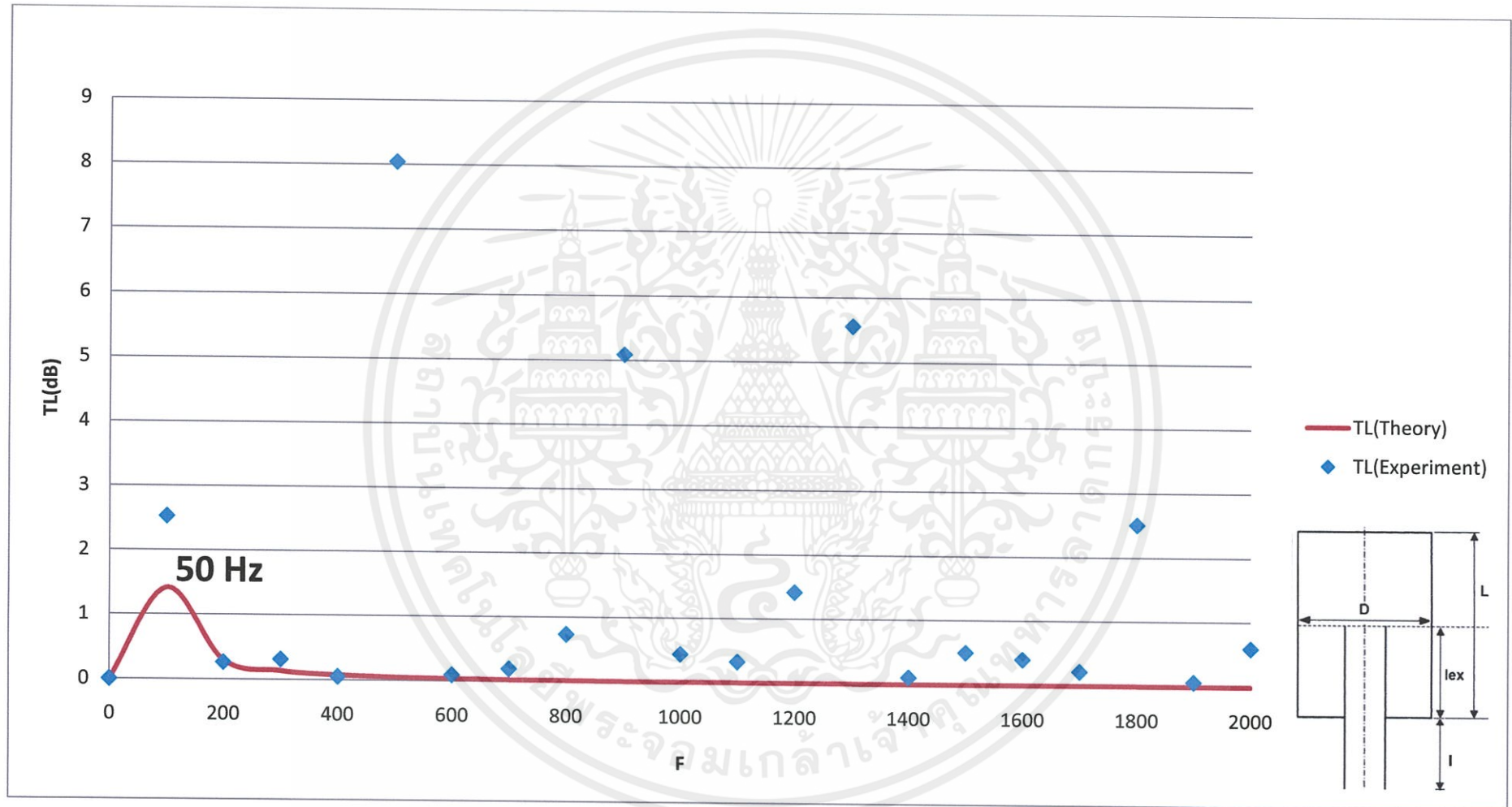
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.04	0.098	0.05	0

รูปที่ 4-2 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000302 m³ เทียบกับทฤษฎี



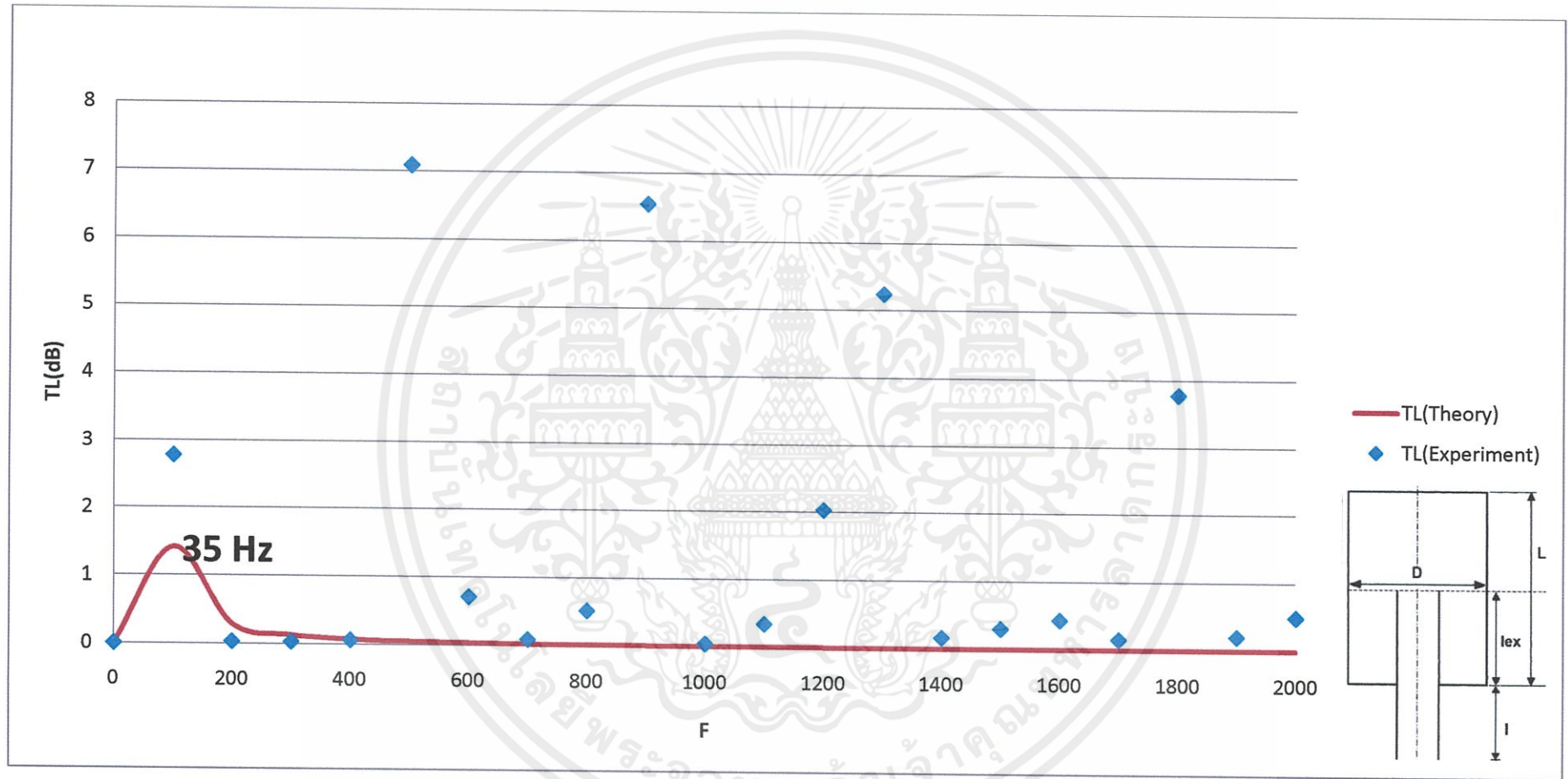
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.05	0.098	0.05	0

รูปที่ 4-3 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000377 m^3 เทียบกับทฤษฎี



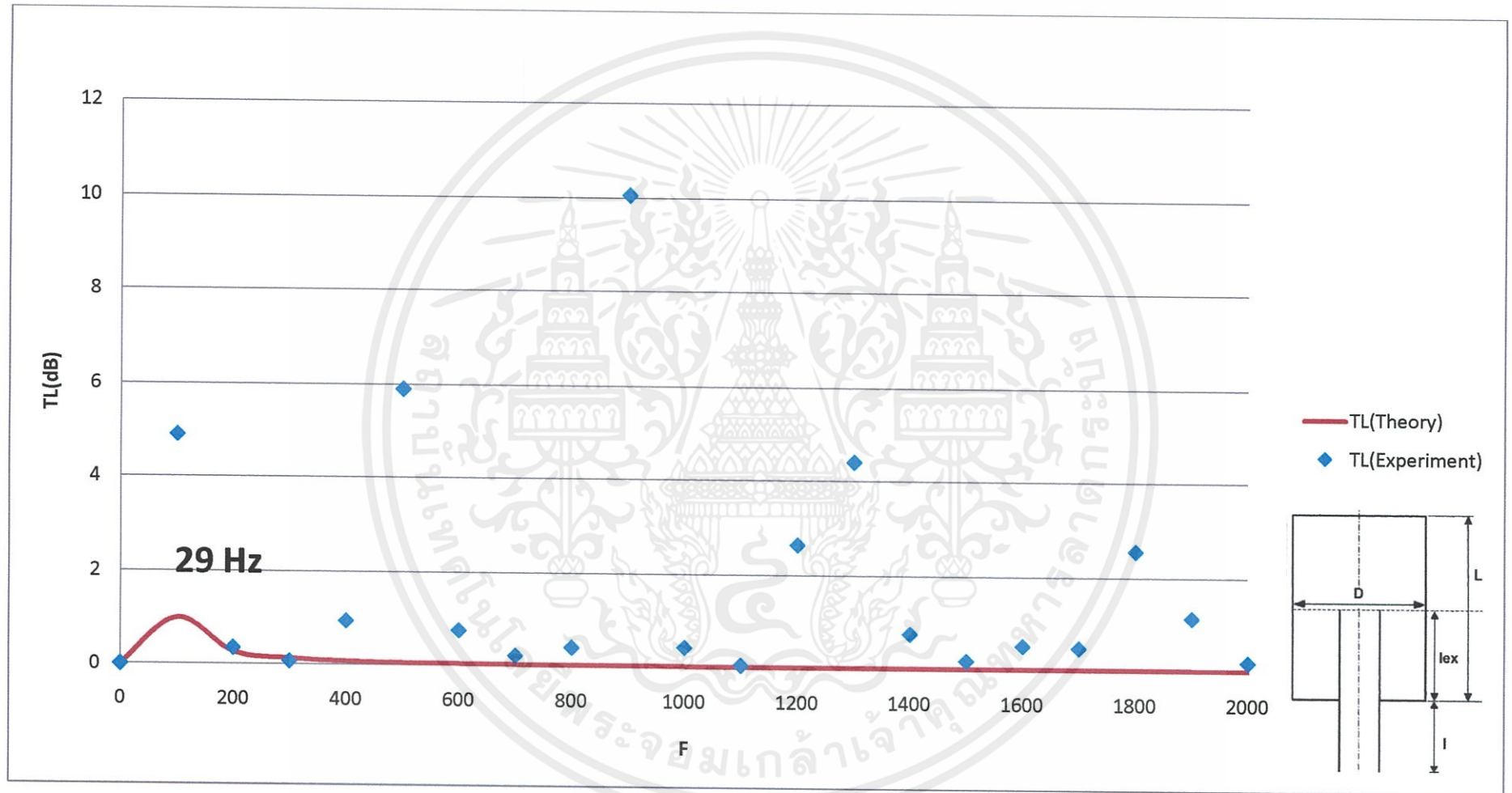
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.091	0.15	0.365	0

รูปที่ 4-4 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.001608 m³ เทียบกับทฤษฎี

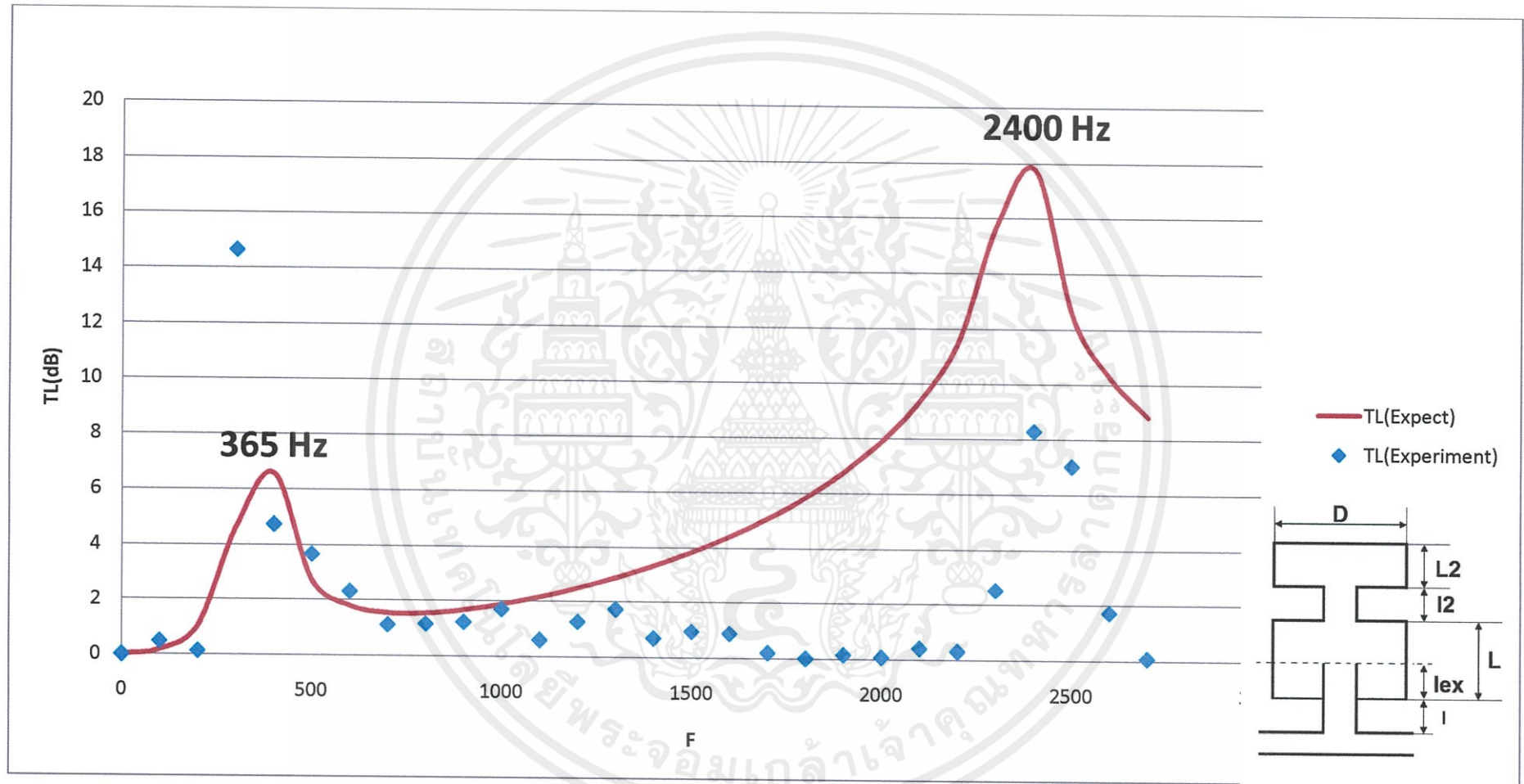


L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.183	0.15	0.365	0

รูปที่ 4-5 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.003234 m³ เทียบกับทฤษฎี

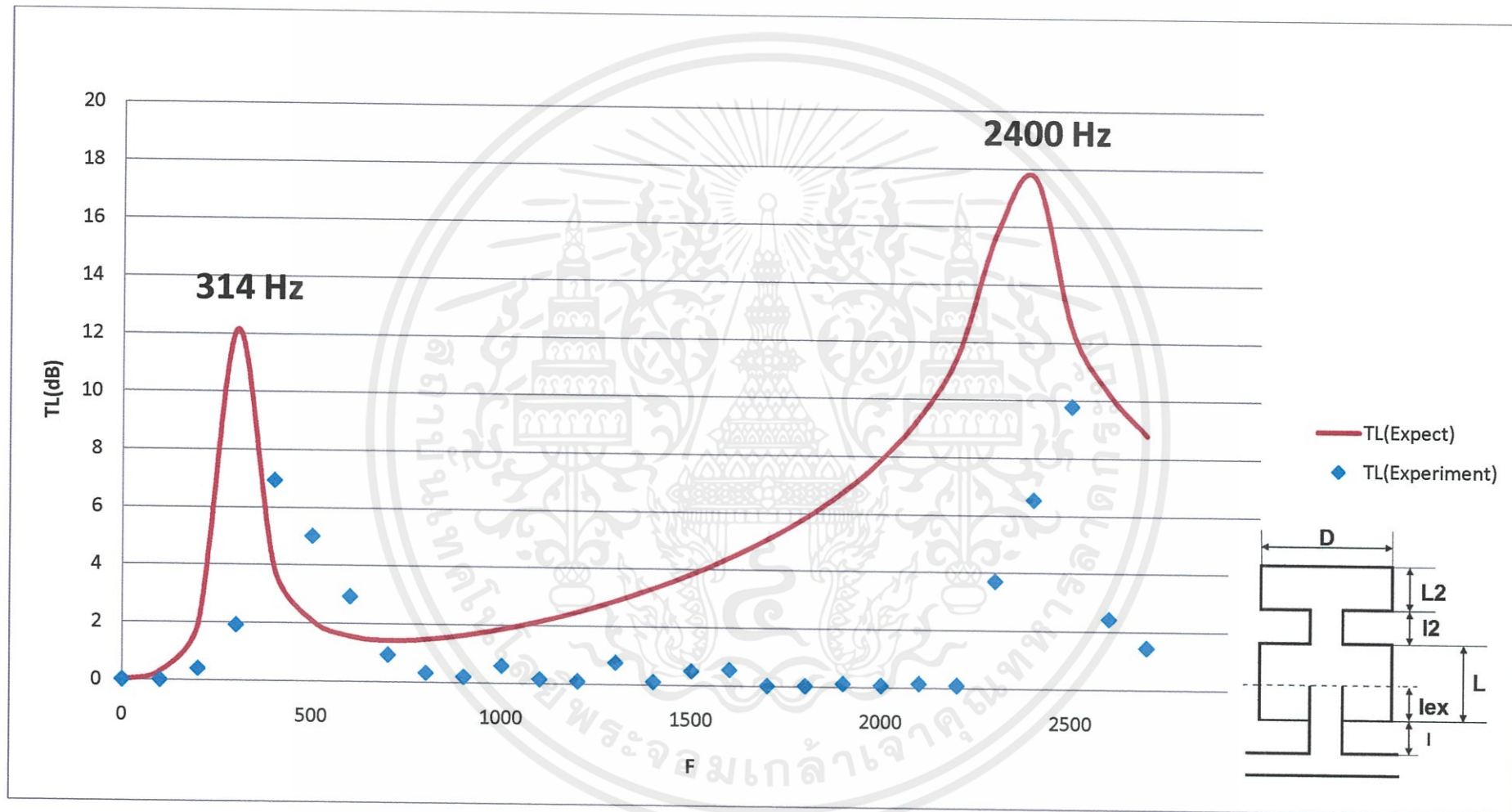


รูปที่ 4-6 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.00486 m^3 เทียบกับทฤษฎี



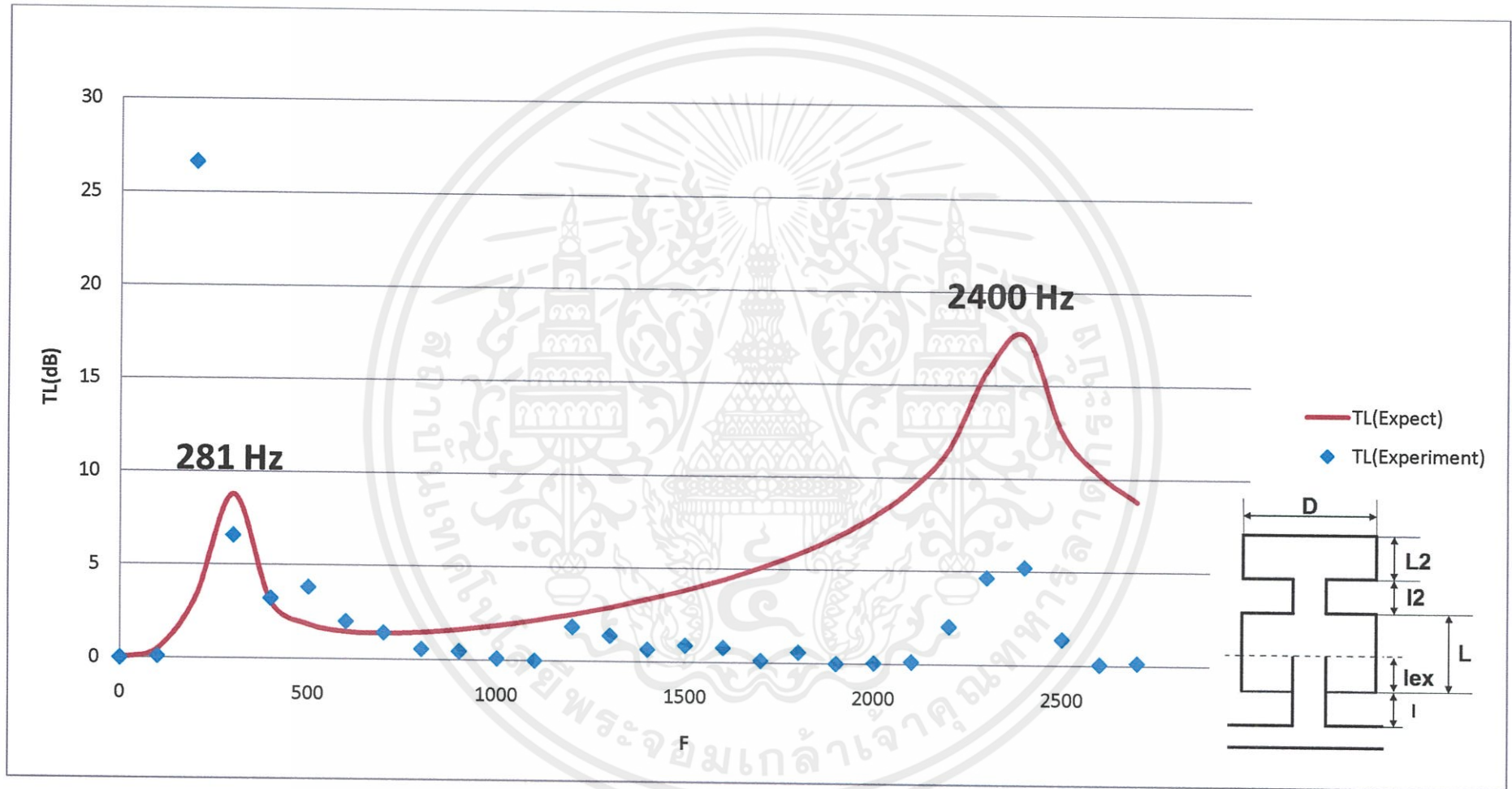
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.03	0.098	0.05	0	0.01	0.0035

รูปที่ 4-7 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.000226 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.04	0.098	0.05	0	0.01	0.003

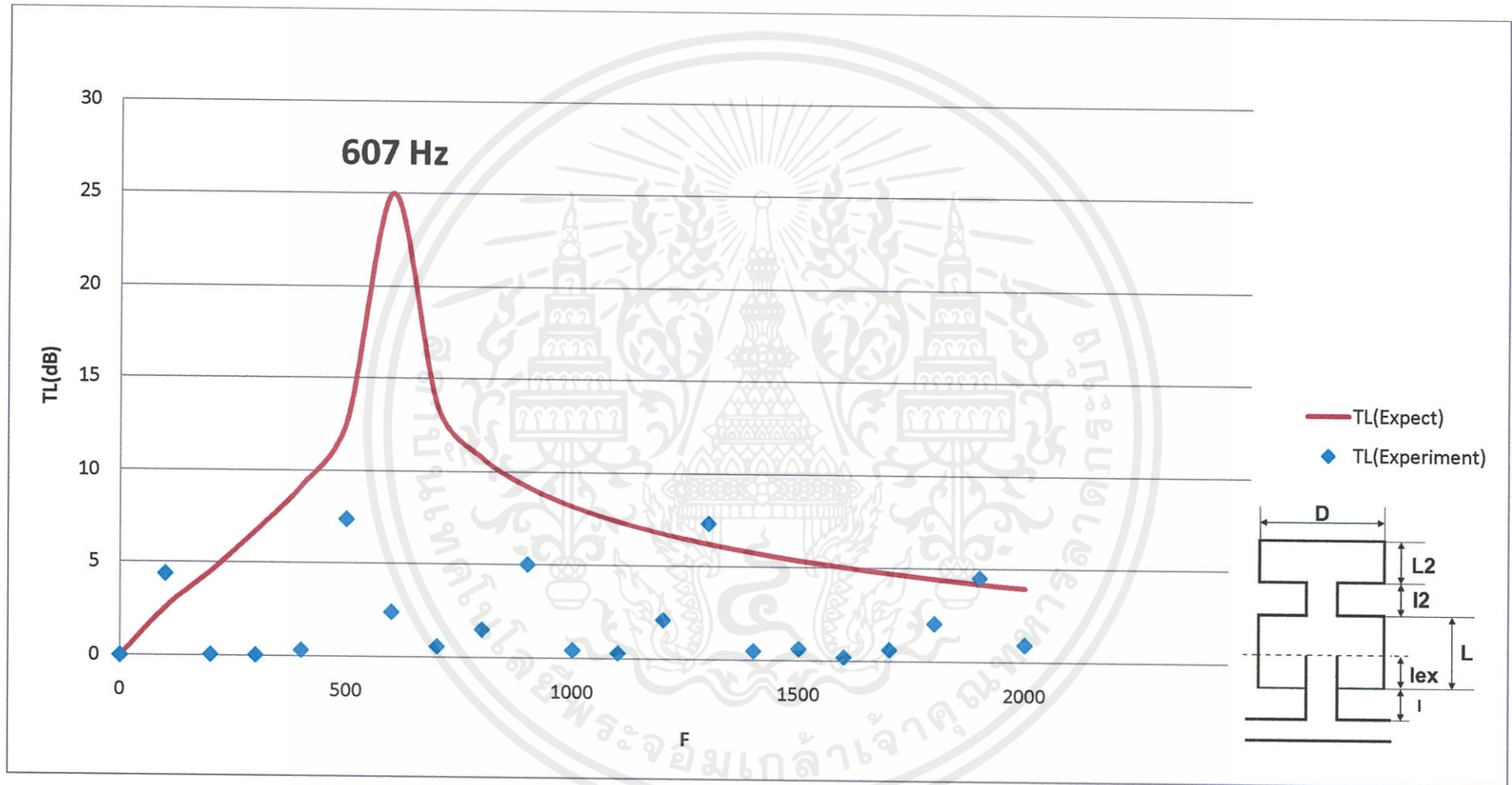
รูปที่ 4-8 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.000302 m³ ชั้นบน 0.0000754 m³



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.05	0.098	0.05	0	0.01	0.003

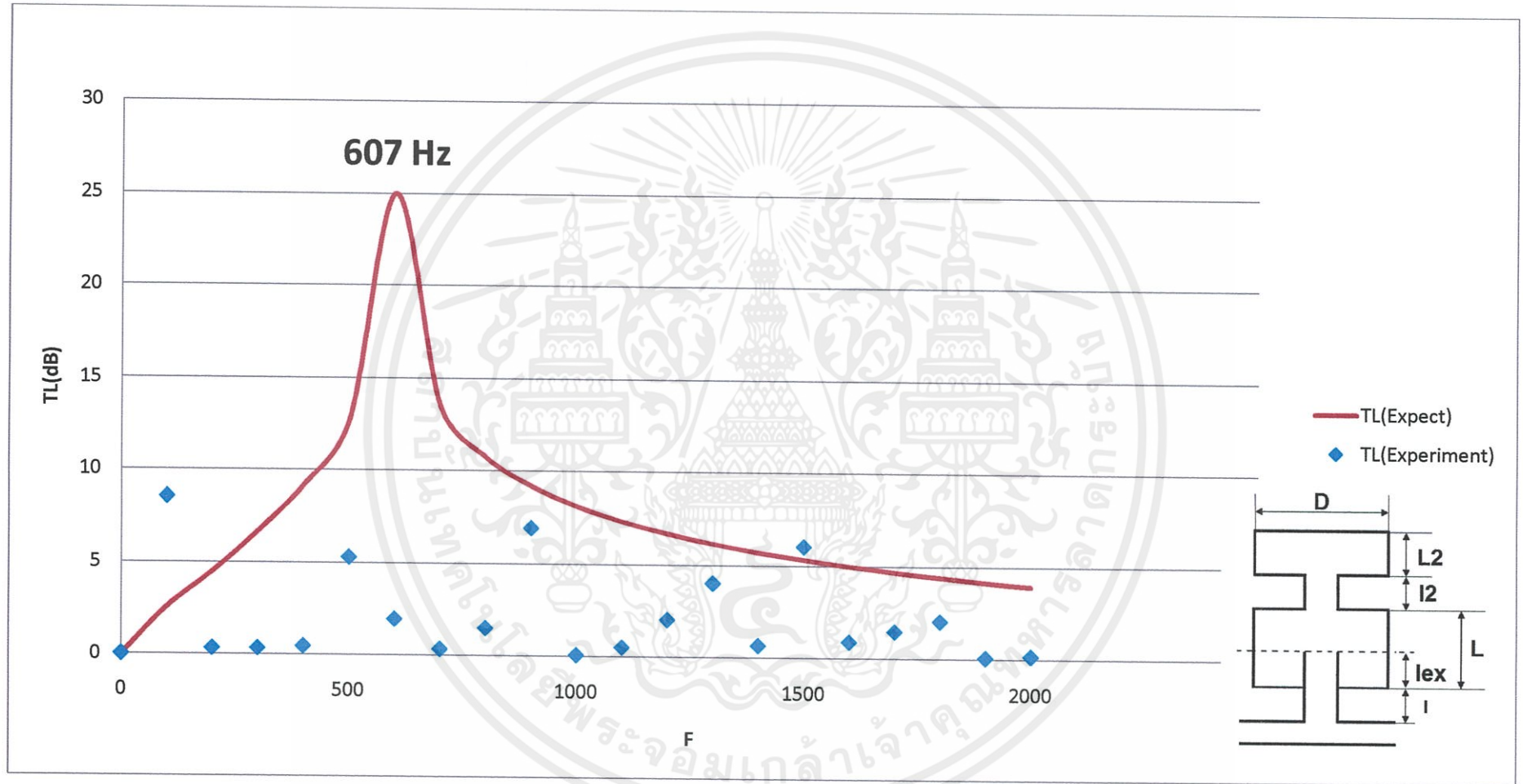
รูปที่ 4-9 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.000377 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 4-10 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรช่องว่าง 0.001608 m³ ชั้นบน 0.001 m³

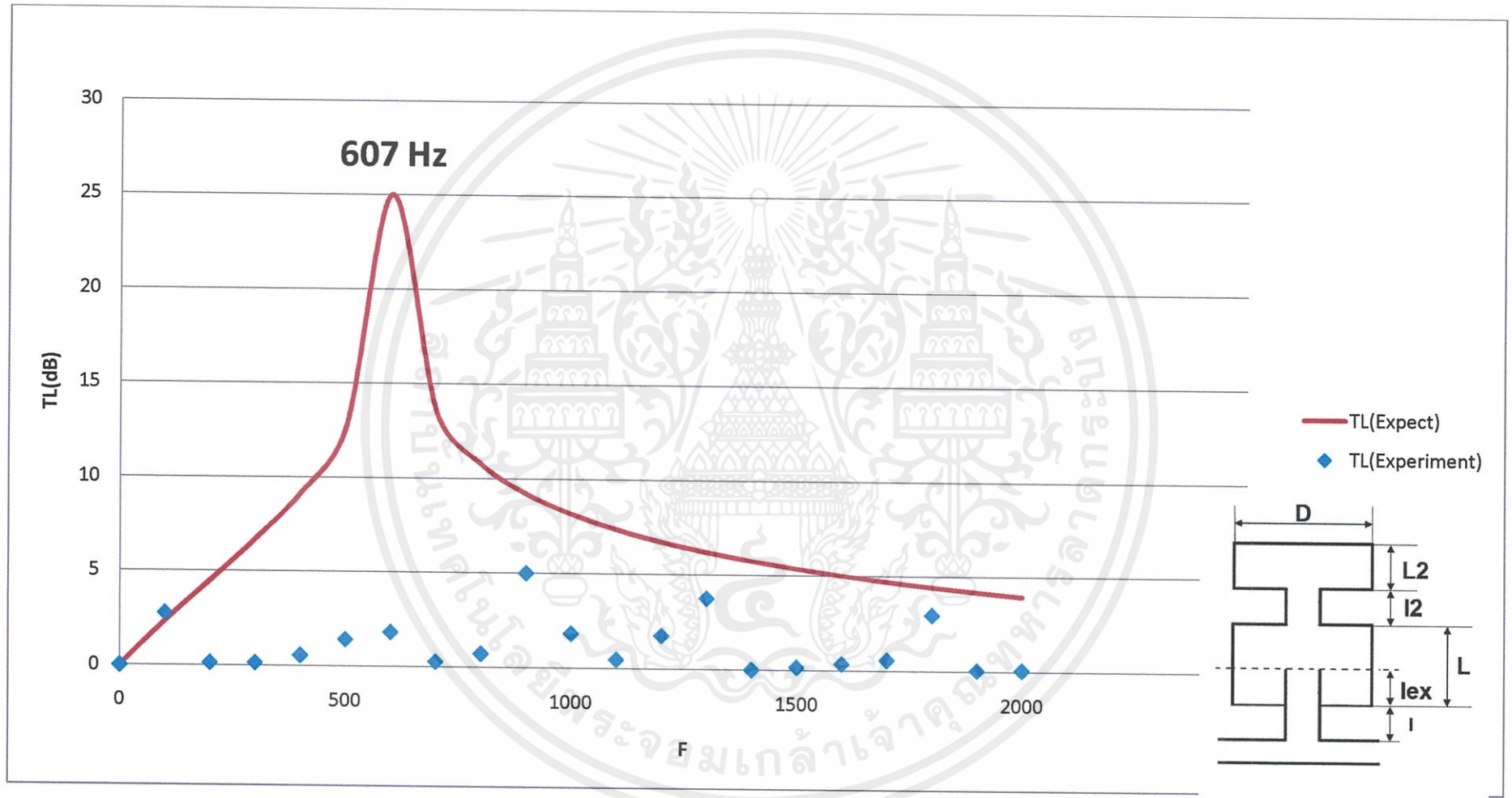
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.183	0.15	0.365	0	0.057	0.004

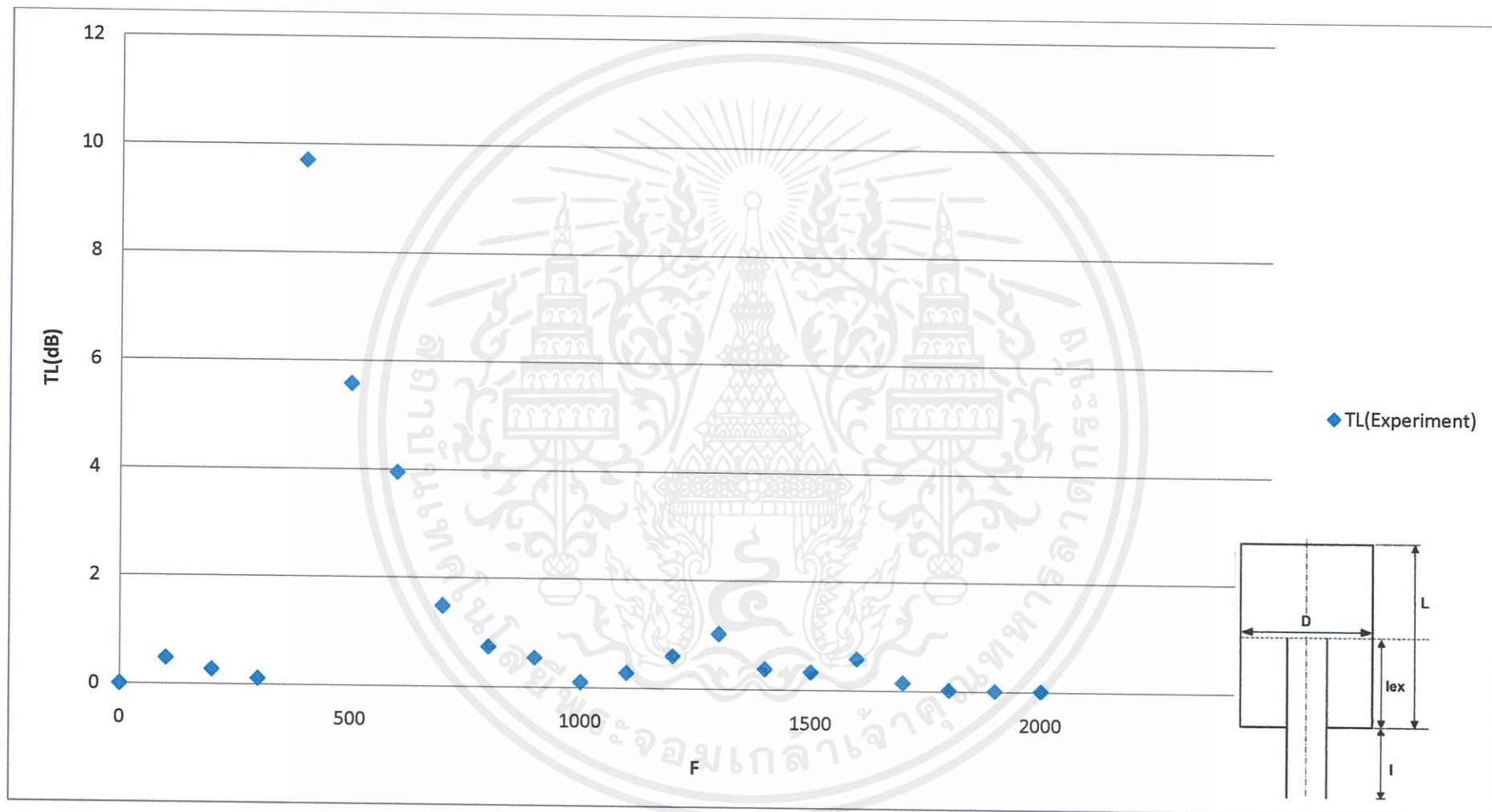
รูปที่ 4-11 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.003234 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

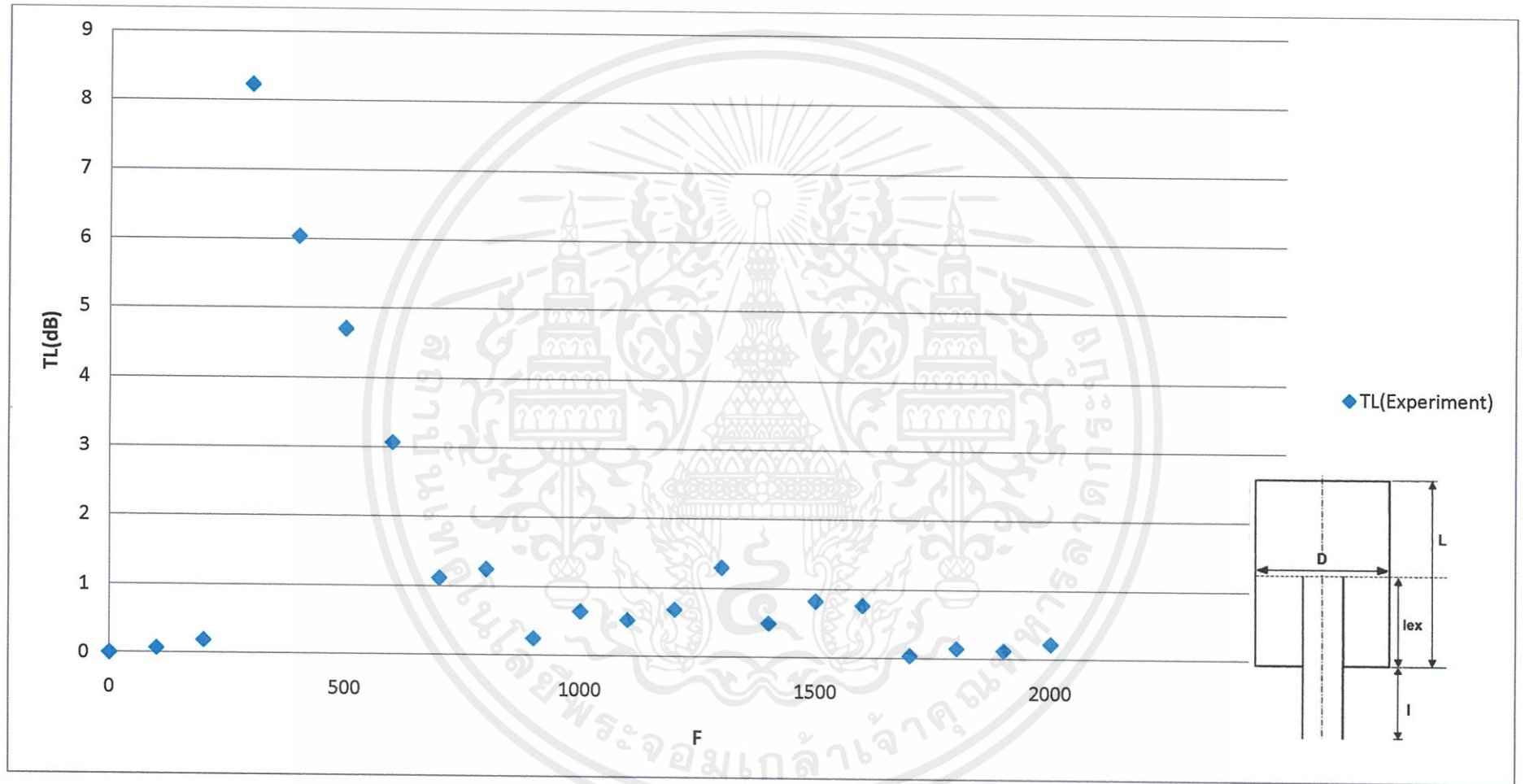


L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.275	0.15	0.365	0	0.057	0.004

รูปที่ 4-12 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.00486 m³ ชั้นบน 0.001 m³

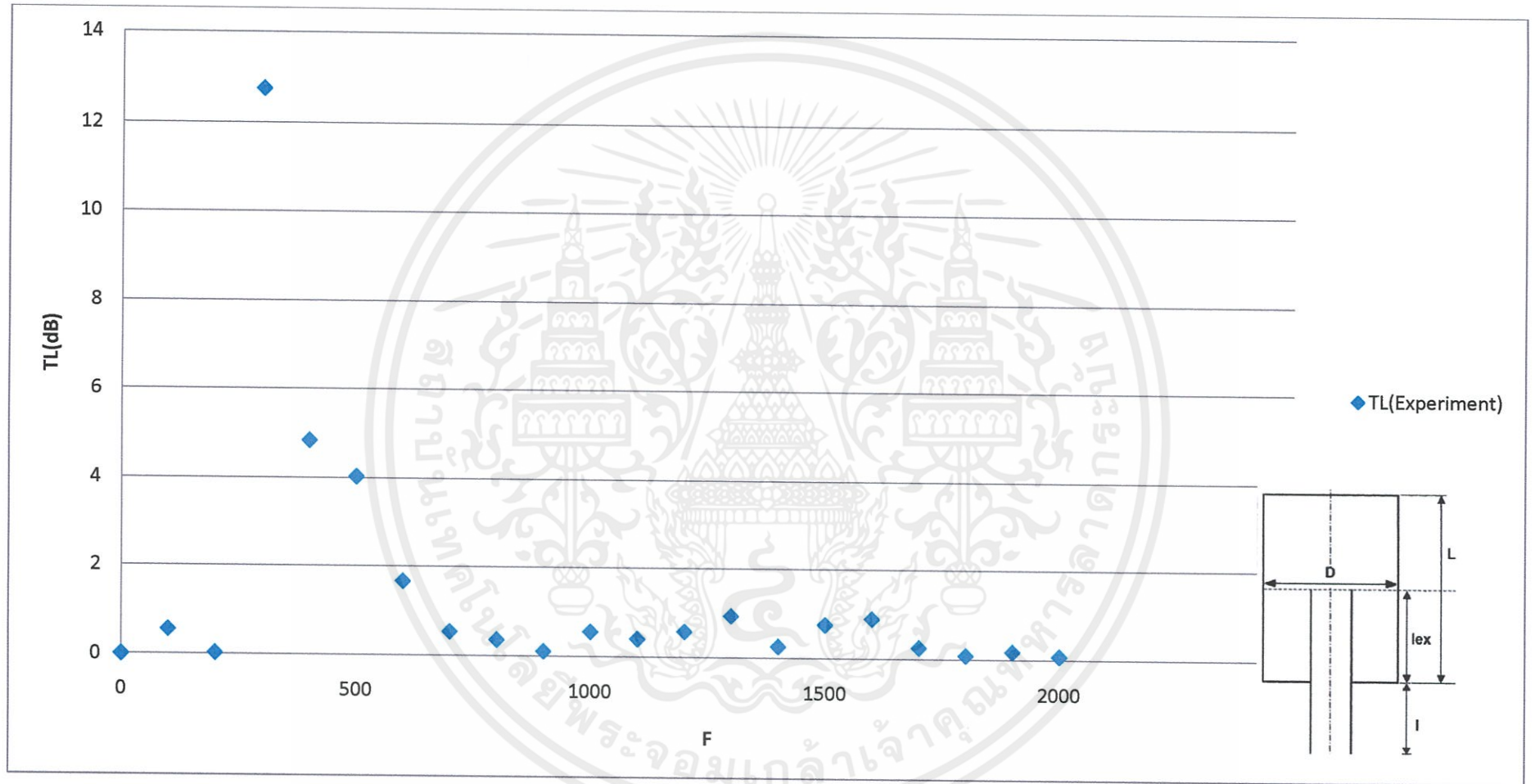


รูปที่ 4-13 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000226 m^3 คอยื่น 0.01 m



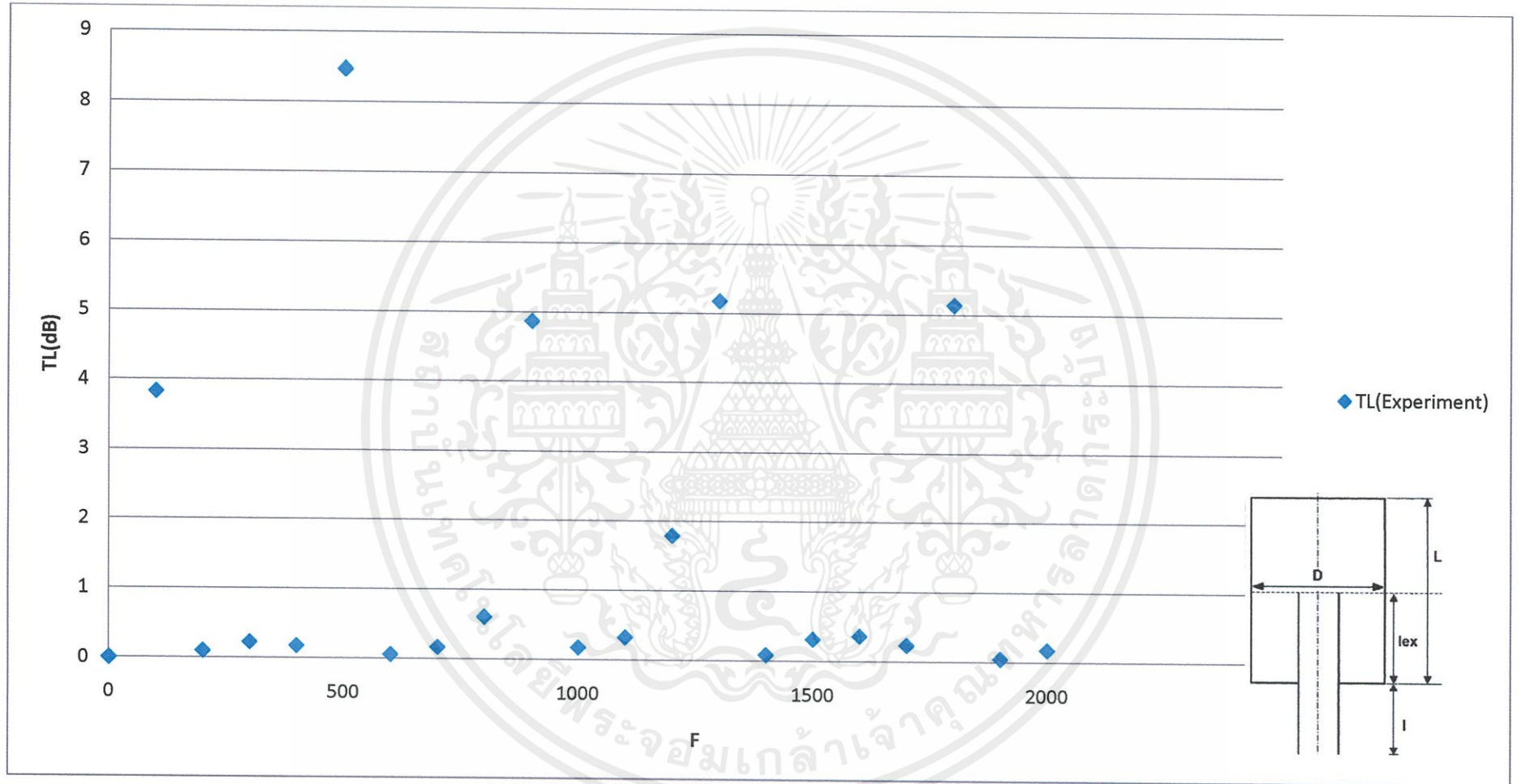
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.04	0.098	0.05	0.013

รูปที่ 4-14 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000302 m³ คอยื่น 0.013 m



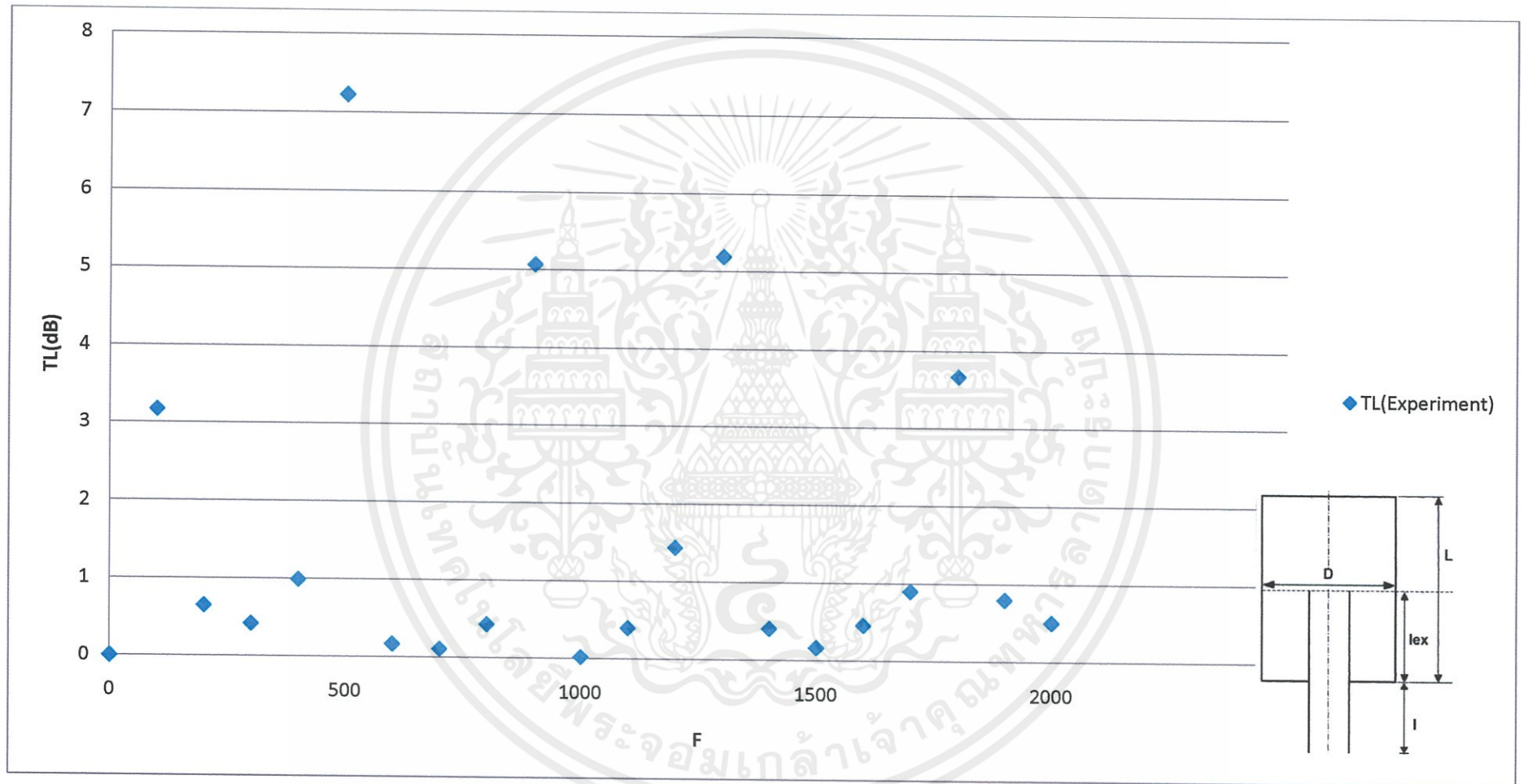
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.05	0.098	0.05	0.016

รูปที่ 4-15 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.000377 m³ คอยื่น 0.016 m



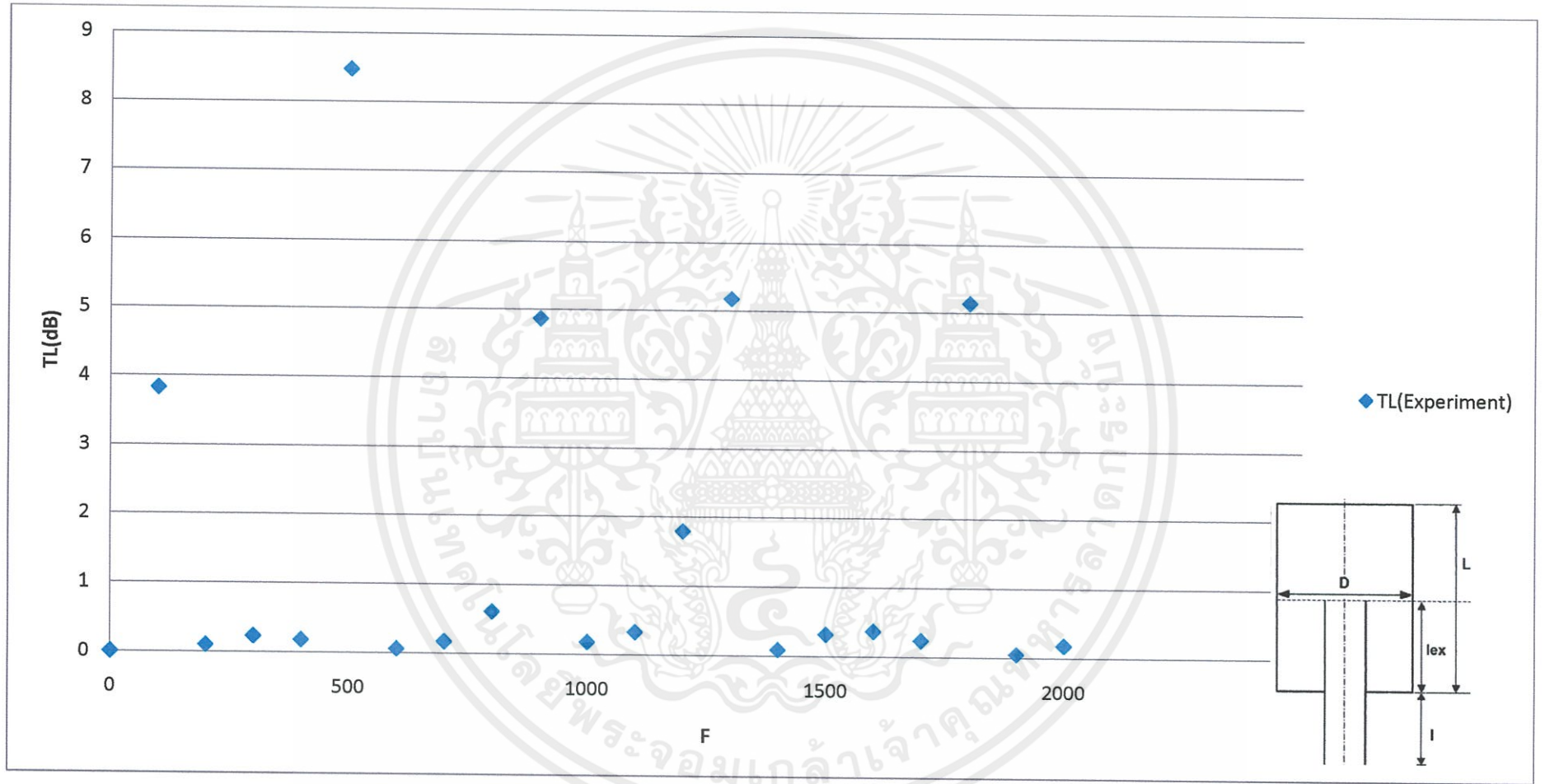
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.091	0.15	0.365	0.03

รูปที่ 4-16 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.001608 m³ คอยื่น 0.03 m



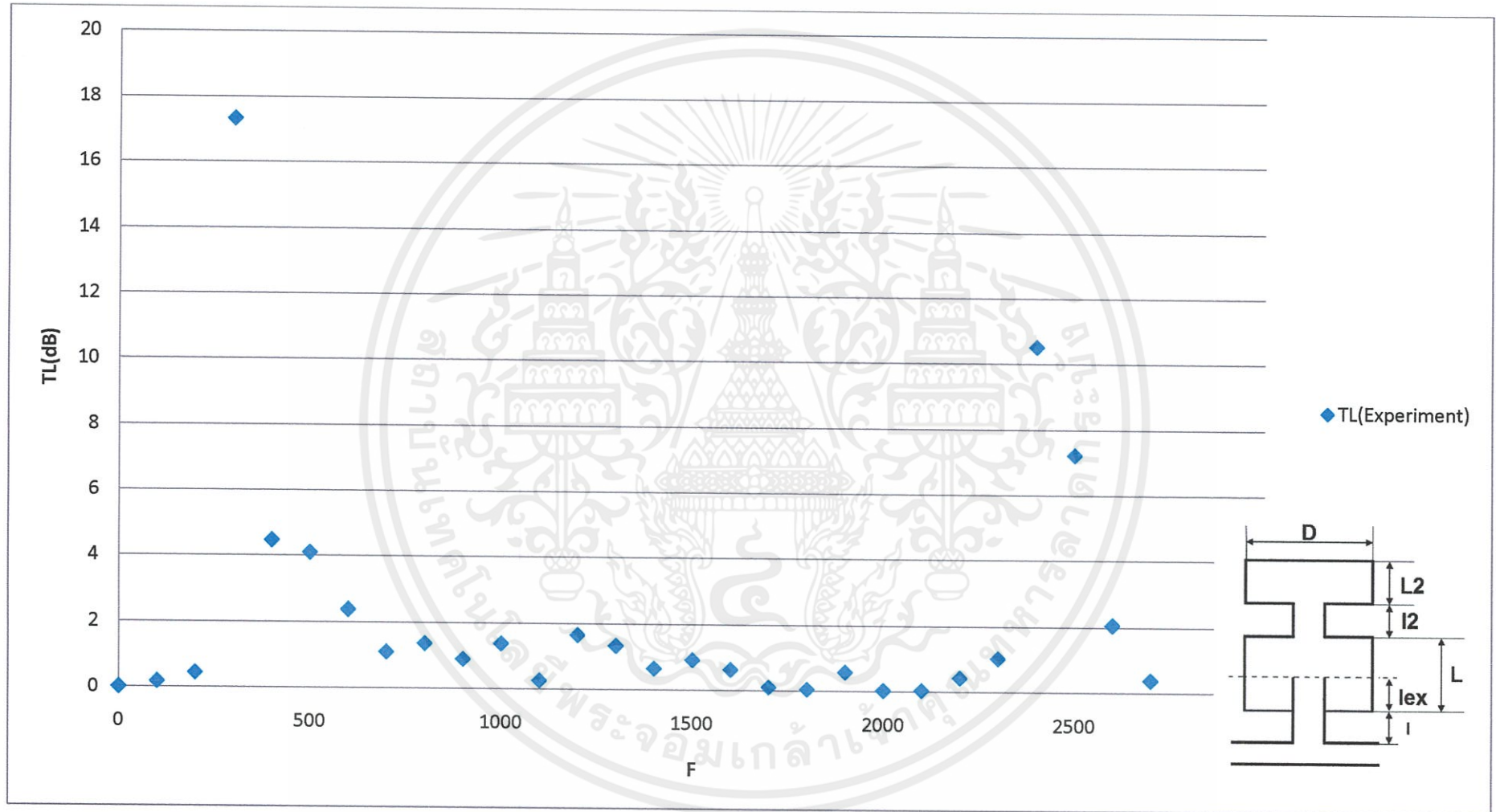
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.183	0.15	0.365	0.06

รูปที่ 4-17 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.003234 m³ คอยื่น 0.06 m



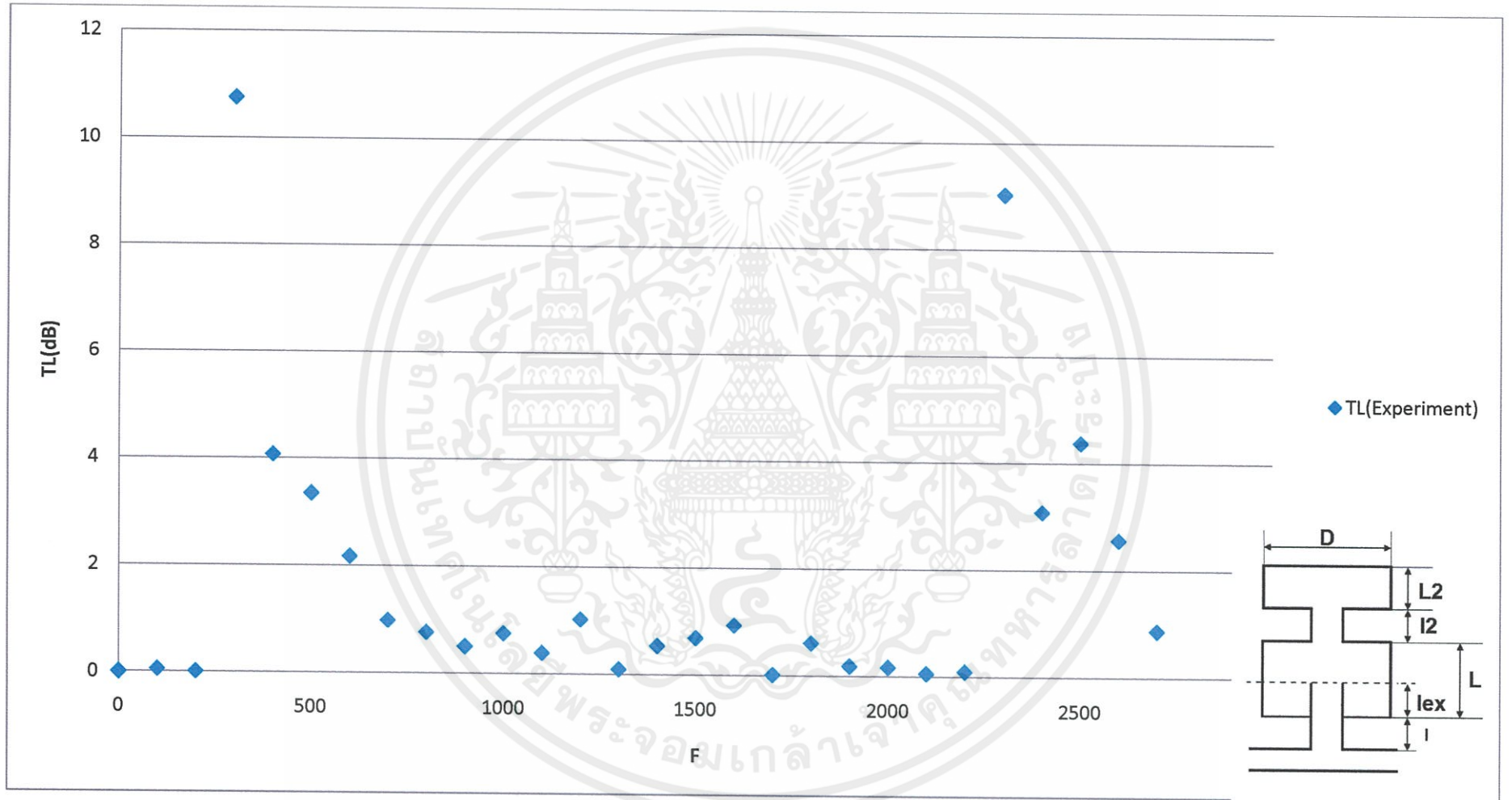
L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.275	0.15	0.365	0.09

รูปที่ 4-18 กราฟแสดงผลการทดลองที่ขนาดปริมาตร 0.00486 m³ คอยื่น 0.09 m



รูปที่ 4-19 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.000226 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3 คอยื่น 0.01 m

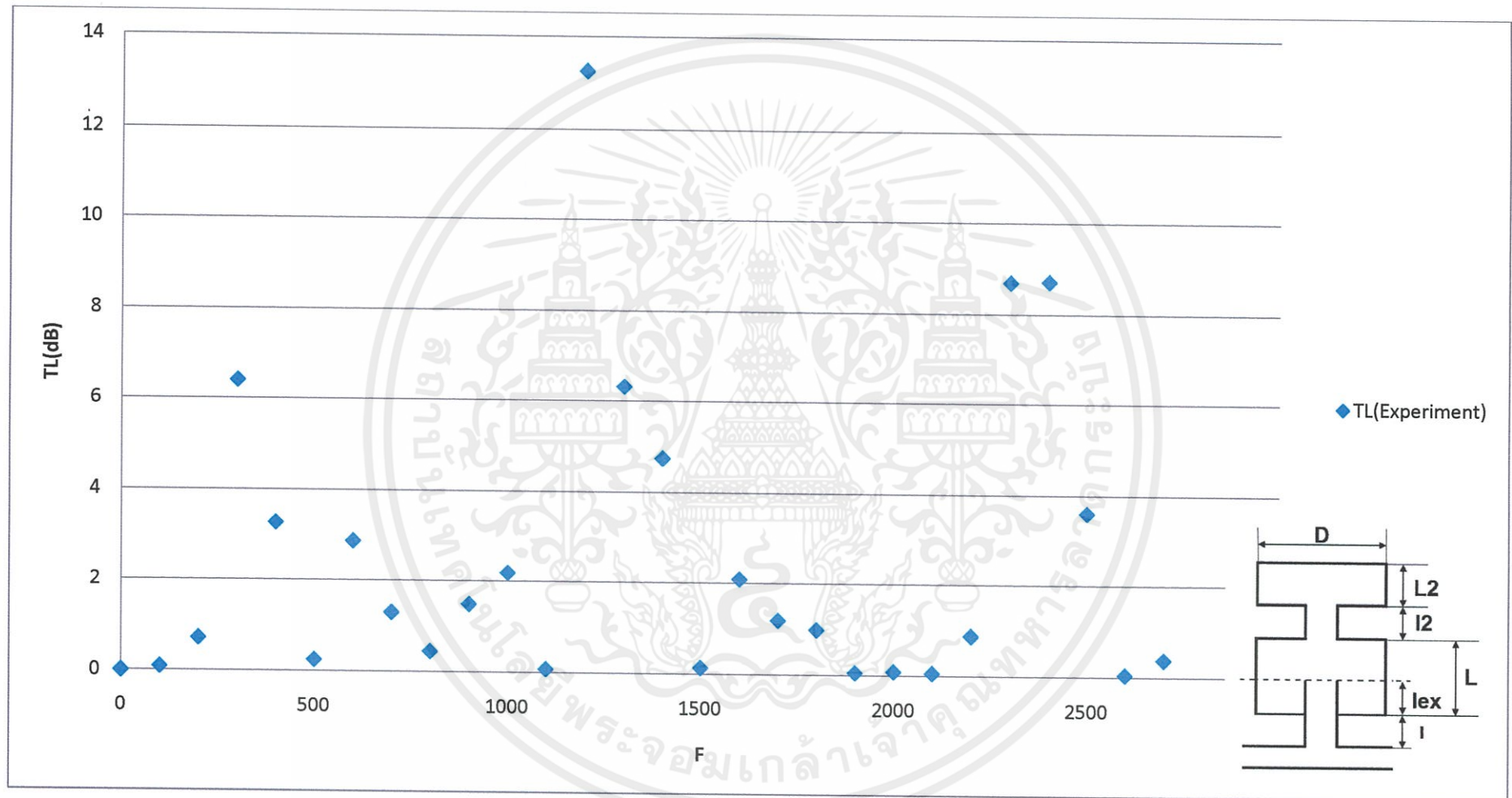
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.04	0.098	0.05	0.013	0.01	0.003

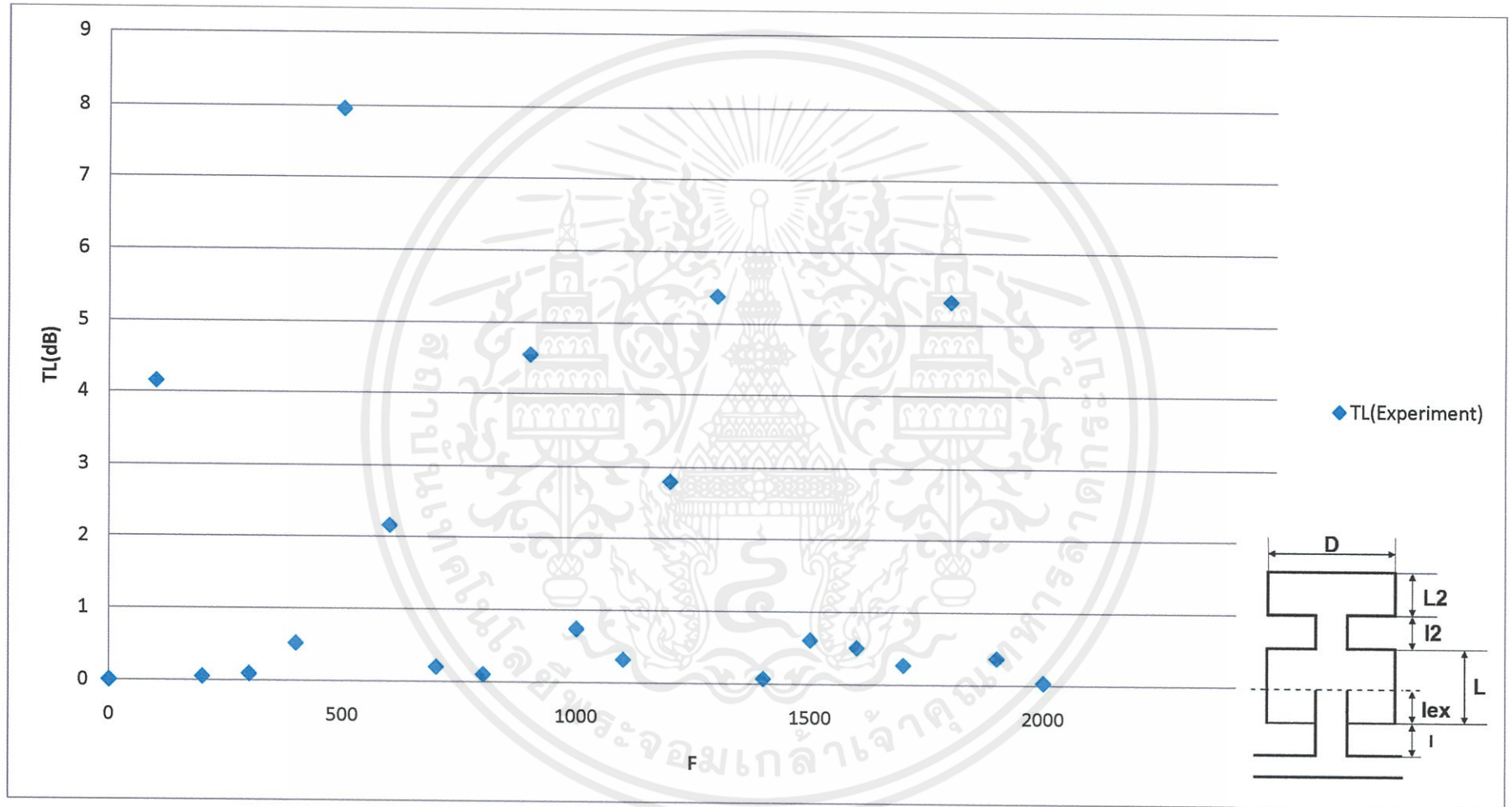
รูปที่ 4-20 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.000302 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3 คอยื่น 0.013 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 4-21 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.000377 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3 คอยื่น 0.016 m

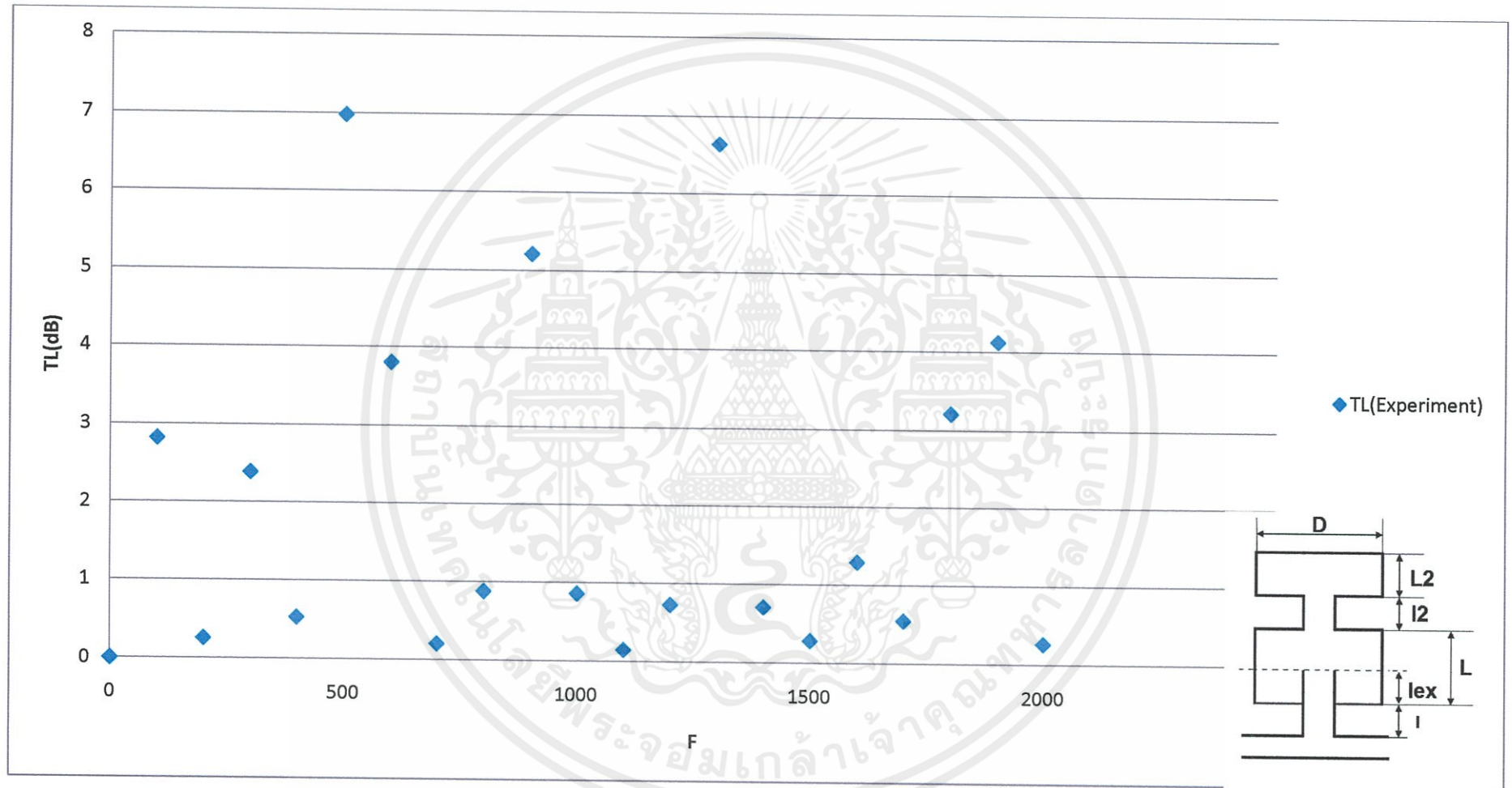
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.091	0.15	0.365	0.03	0.057	0.004

รูปที่ 4-22 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.001608 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3 คอยื่น 0.03 m

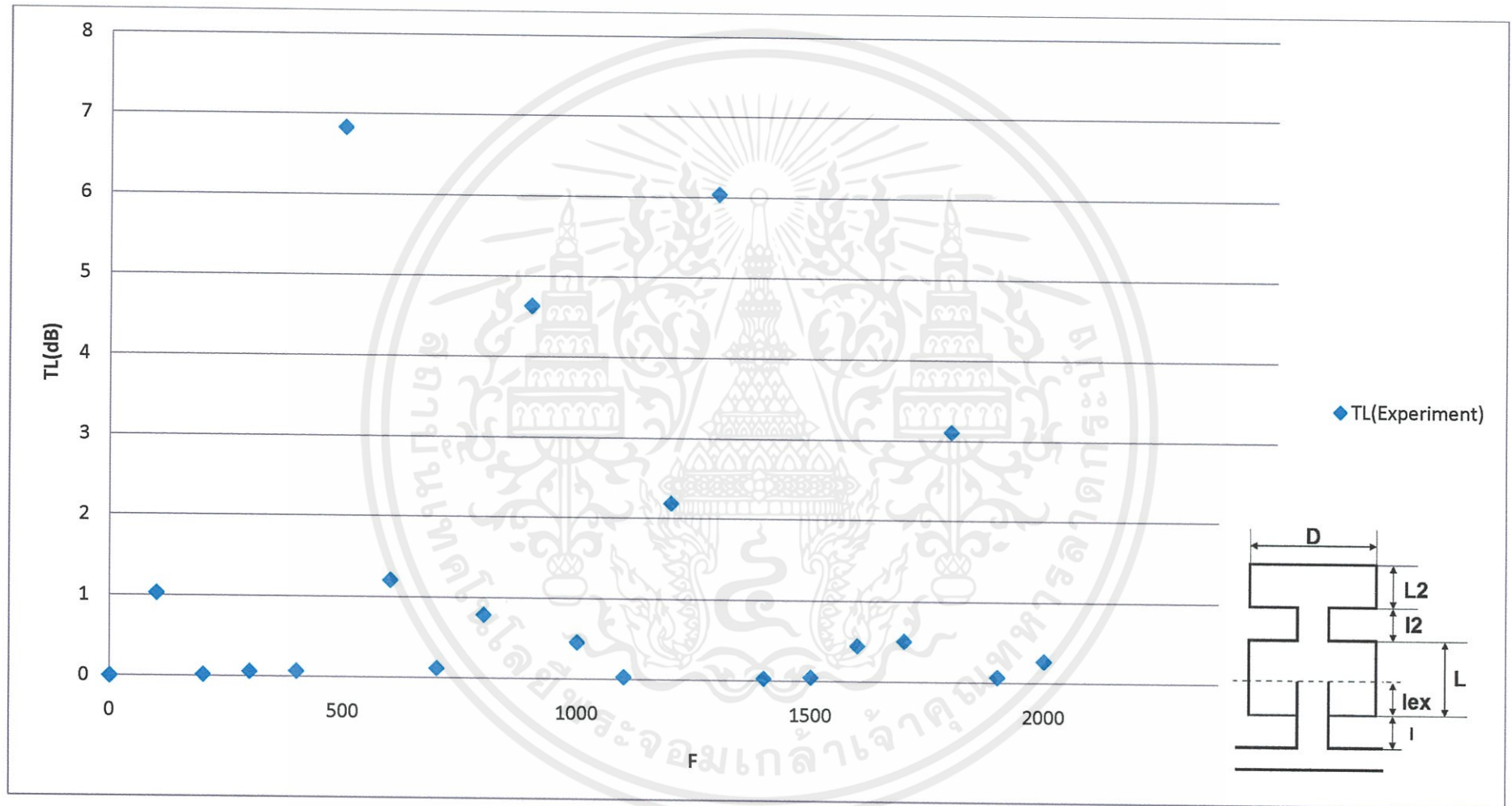
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.183	0.15	0.365	0.06	0.057	0.004

รูปที่ 4-23 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.003234 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3 คอยื่น 0.06 m

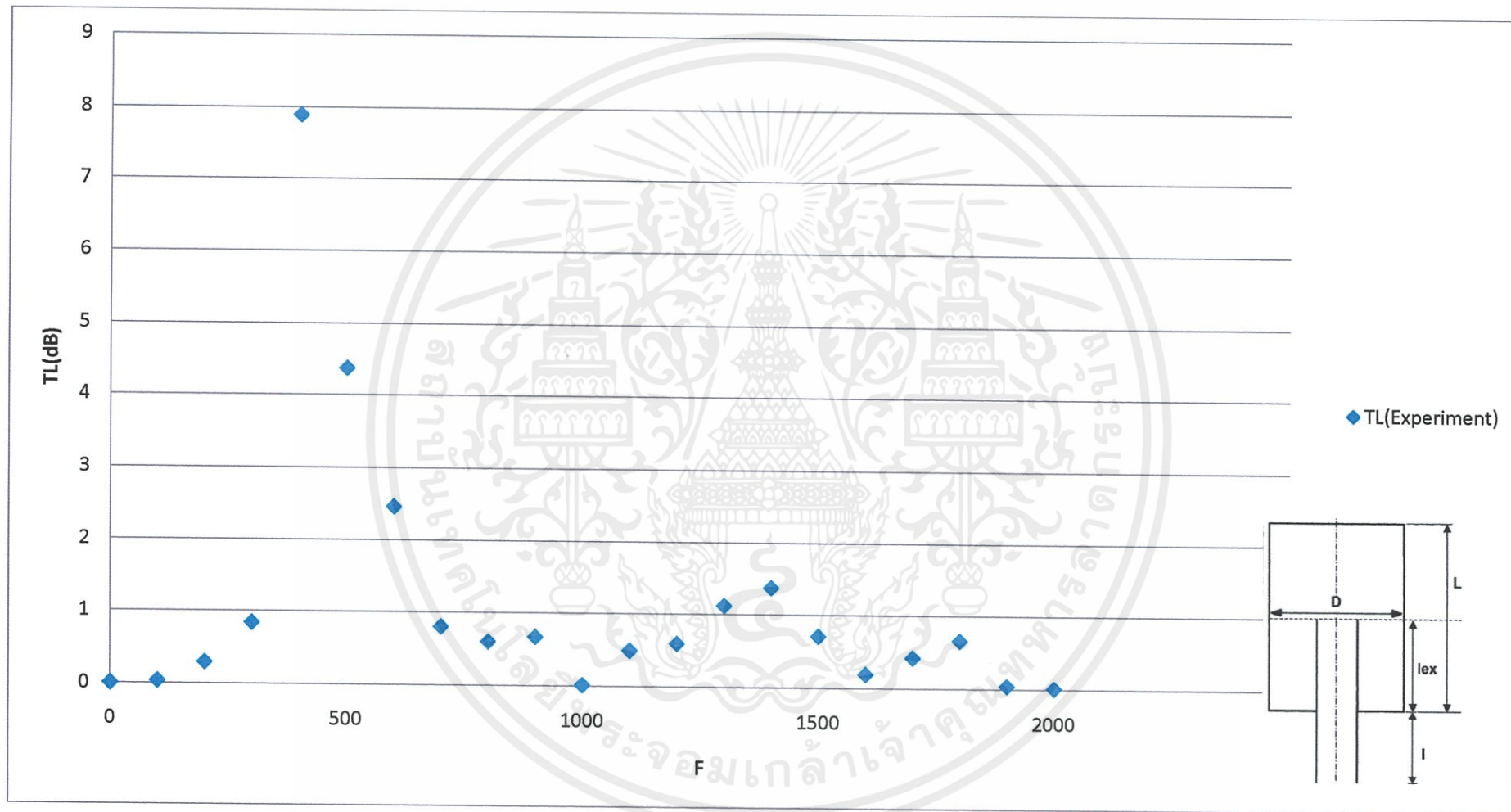
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.275	0.15	0.365	0.09	0.057	0.004

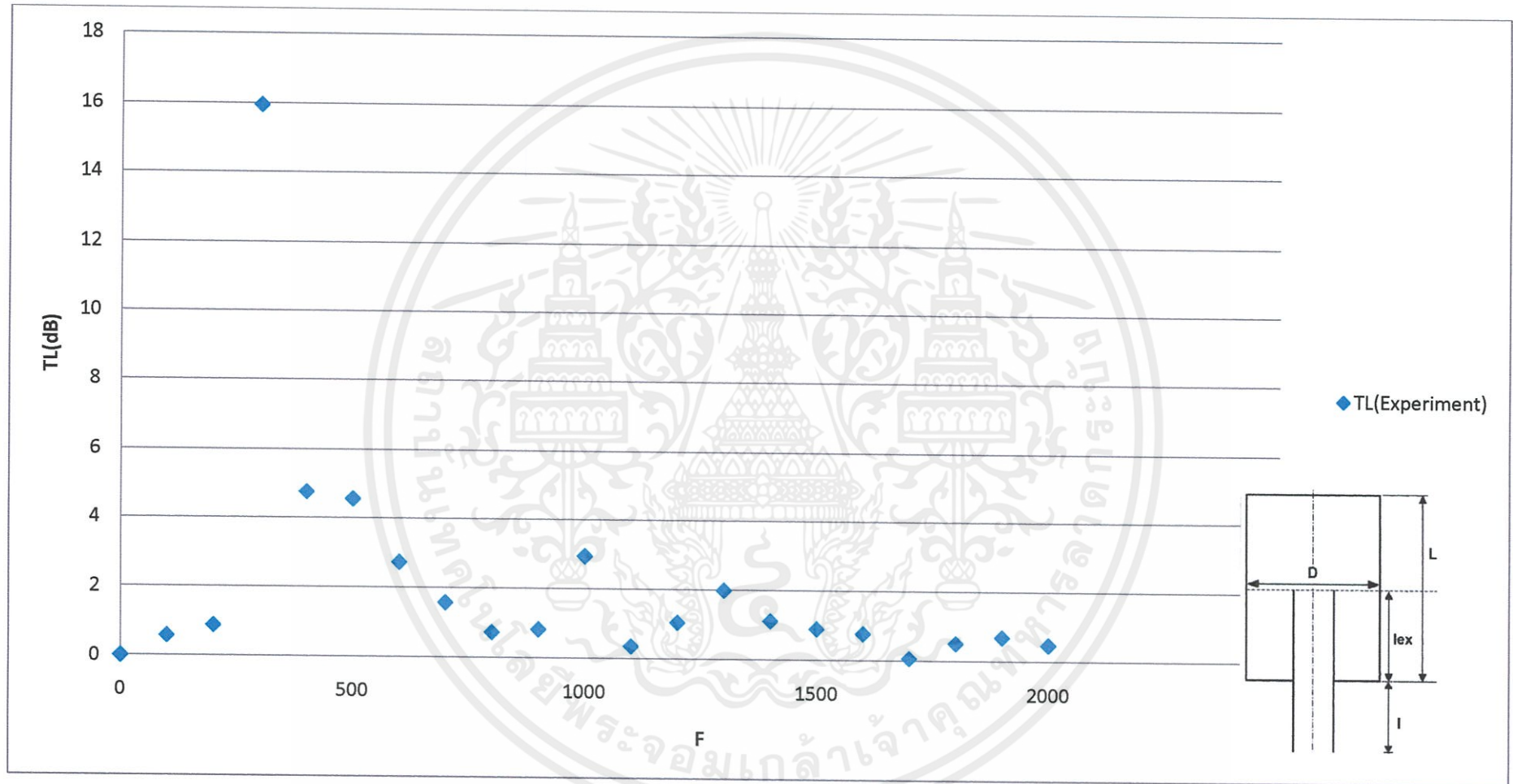
รูปที่ 4-24 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.00486 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3 คอยื่น 0.09 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 4-25 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000226 m³ คอยื่น 0.02 m

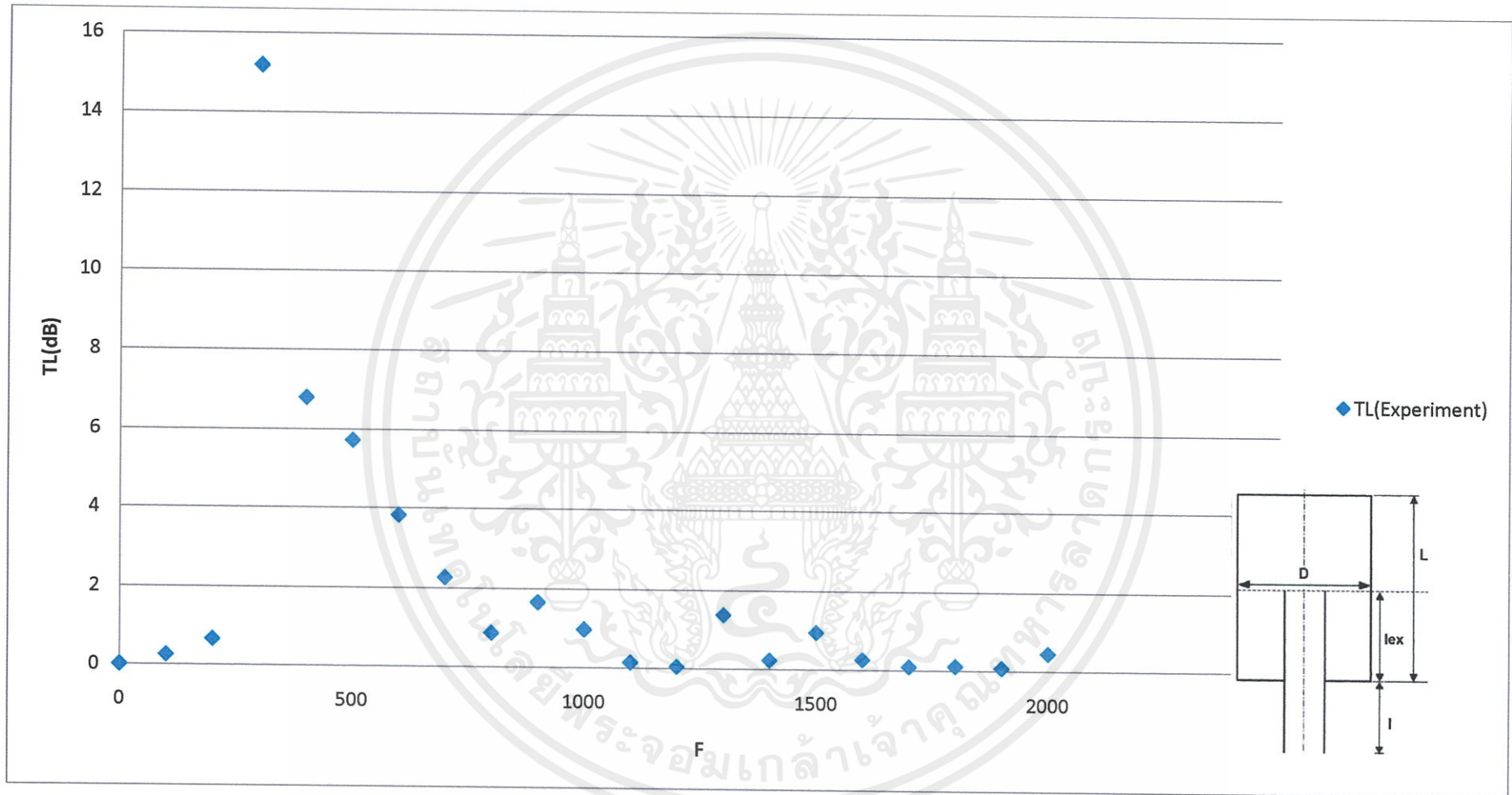
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.04	0.098	0.05	0.026

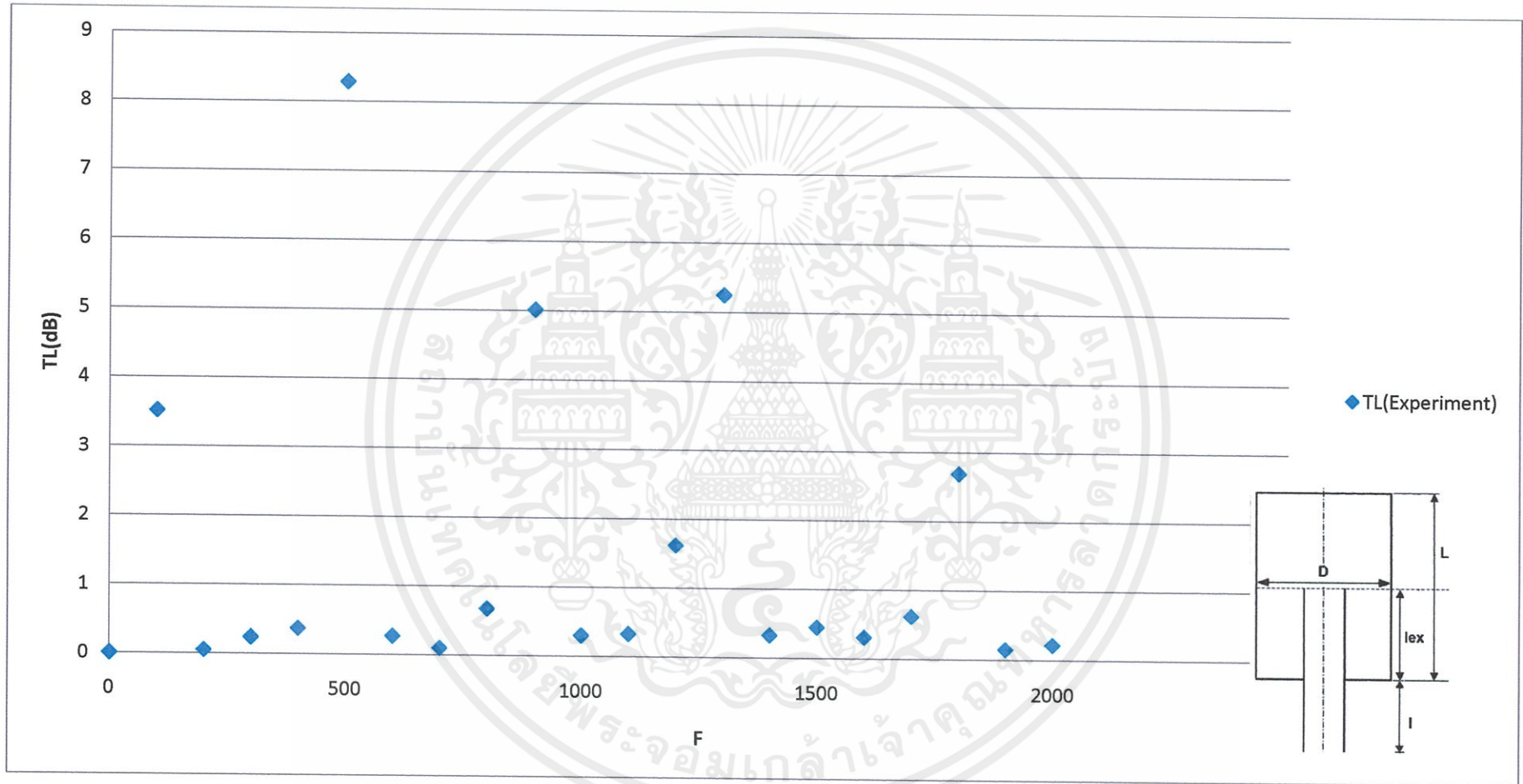
รูปที่ 4-26 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000302 m³ คอยื่น 0.026 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 4-27 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000377 m³ คอยื่น 0.032 m

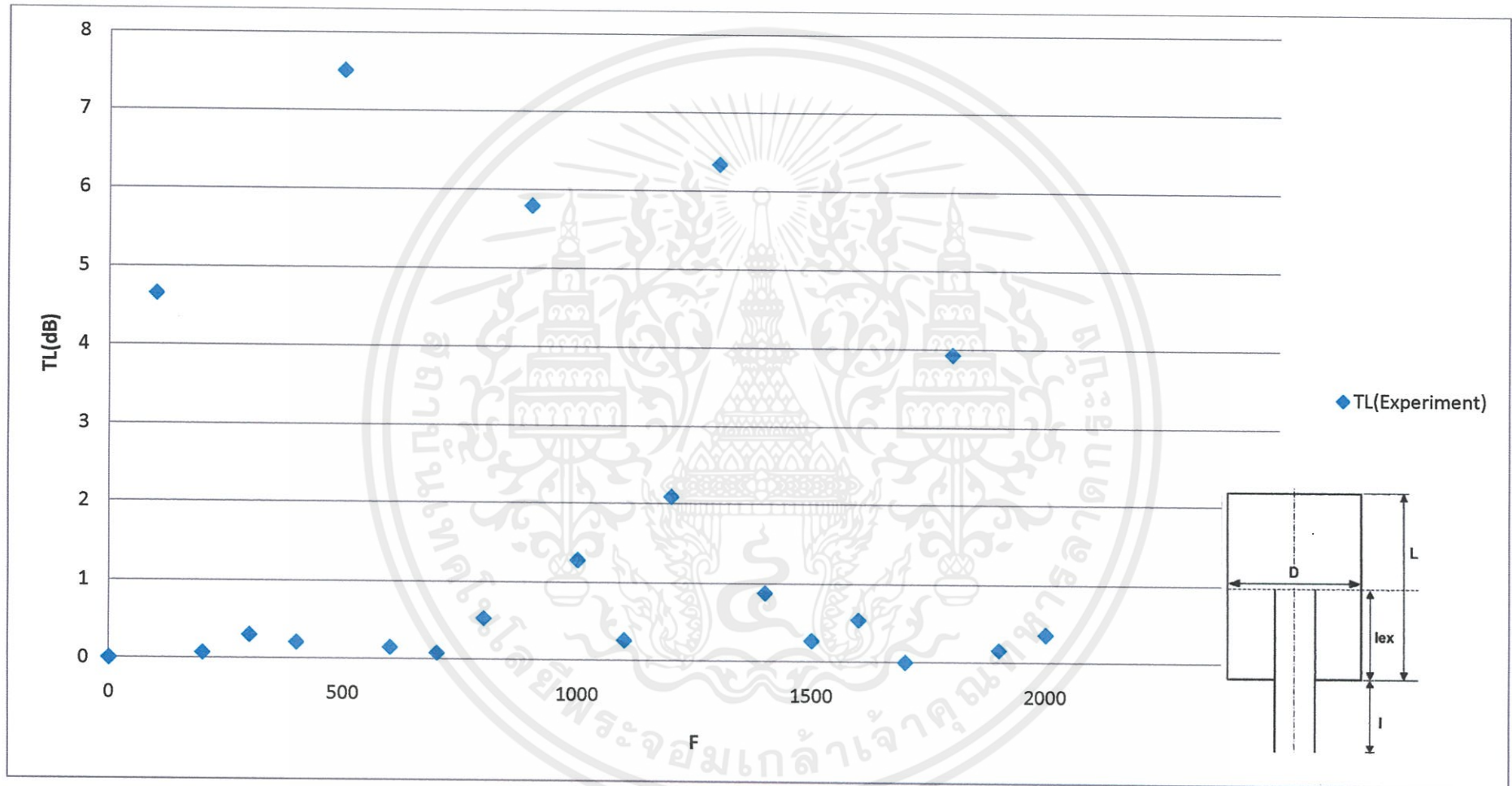
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	l_{ex} (m)
0.091	0.15	0.365	0.06

รูปที่ 4-28 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.001608 m³ คอยื่น 0.06 m

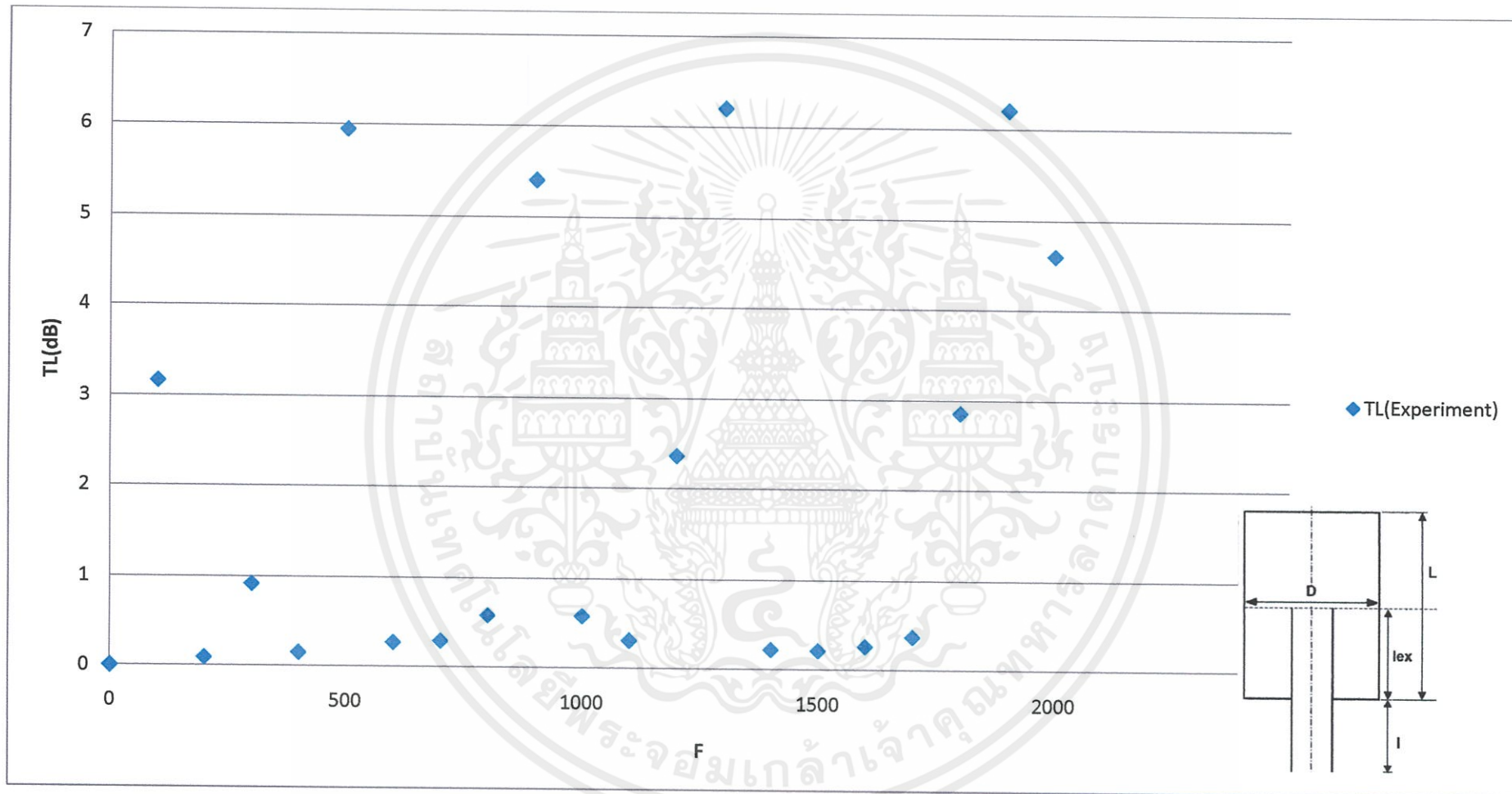
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.183	0.15	0.365	0.12

รูปที่ 4-29 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.003234 m³ คอยื่น 0.12 m

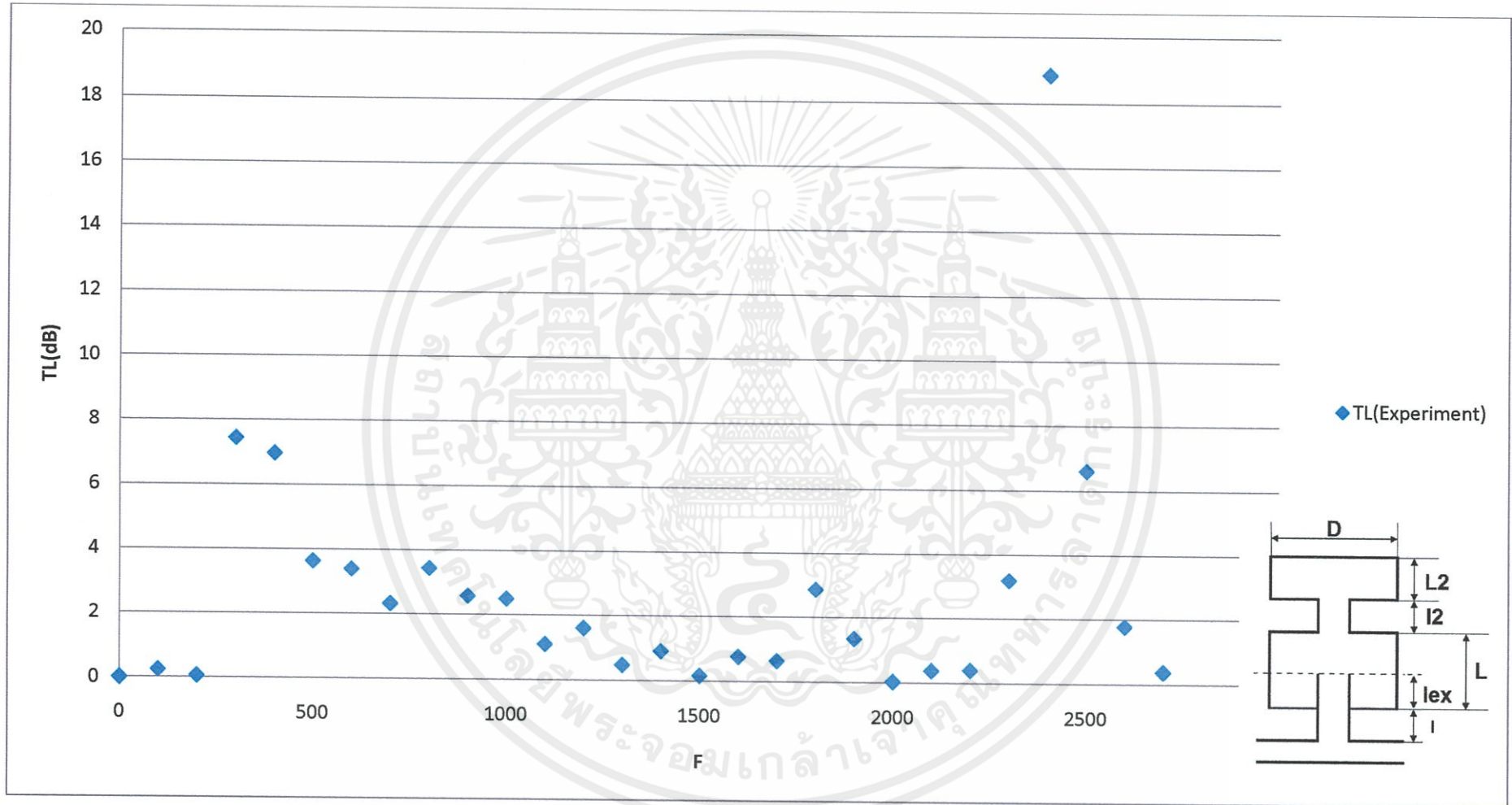
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)
0.275	0.15	0.365	0.18

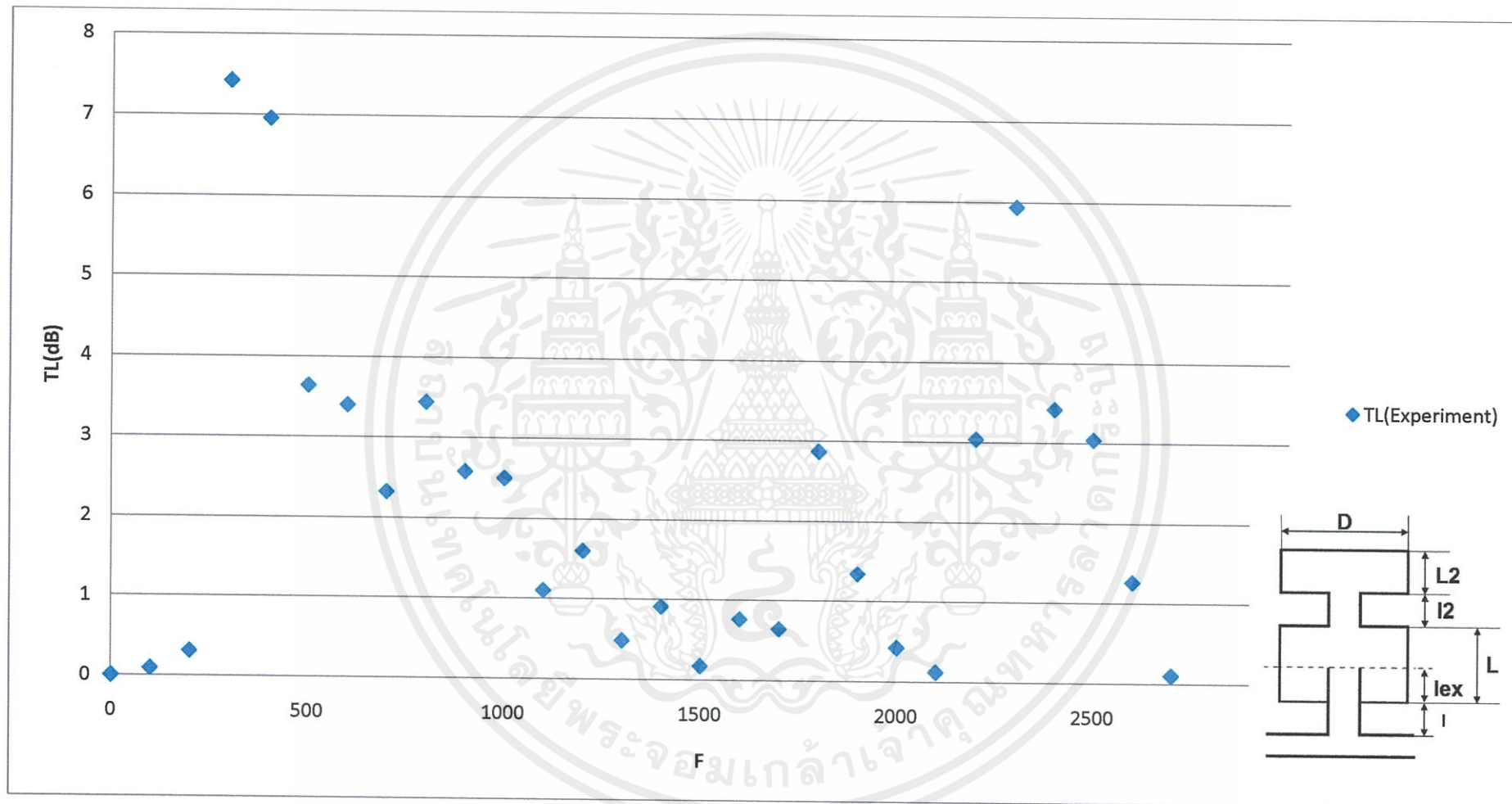
รูปที่ 4-30 กราฟแสดงผลการทดลองที่ปริมาตร 0.00486 m³ คอยื่น 0.18 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 4-31 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ ปริมาตรชั้นล่าง 0.000226 m^3 ปริมาตรชั้นบน 0.0000754 m^3 คอยื่น 0.02 m

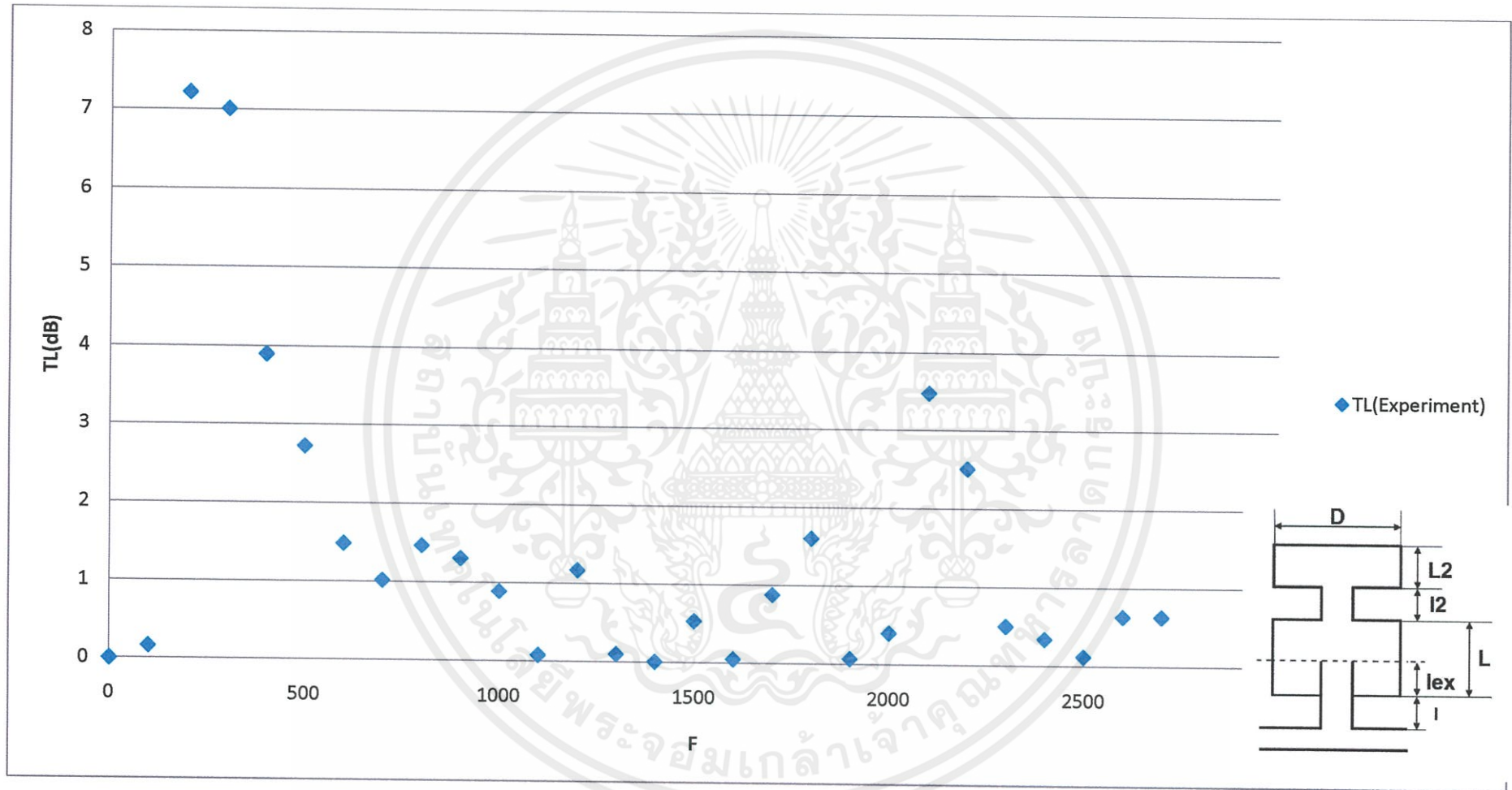
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.04	0.098	0.05	0.026	0.01	0.003

รูปที่ 4-32 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ ปริมาตรชั้นล่าง 0.000302 m³ ปริมาตรชั้นบน 0.0000754 m³ คอยื่น 0.026 m

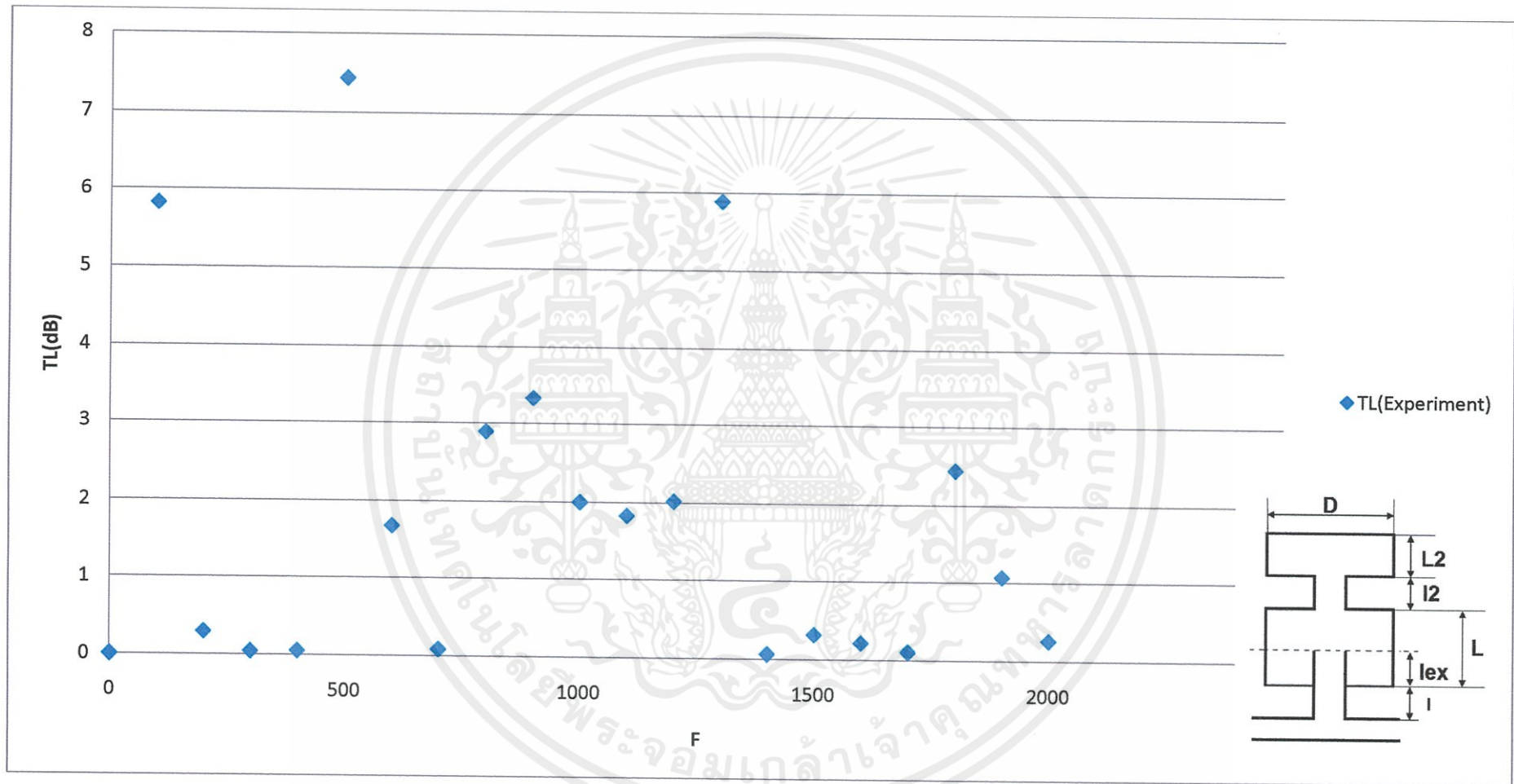
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.05	0.098	0.05	0.032	0.01	0.003

รูปที่ 4-33 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ ปริมาตรชั้นล่าง 0.000377 m³ ปริมาตรชั้นบน 0.0000754 m³ คอยื่น 0.032 m

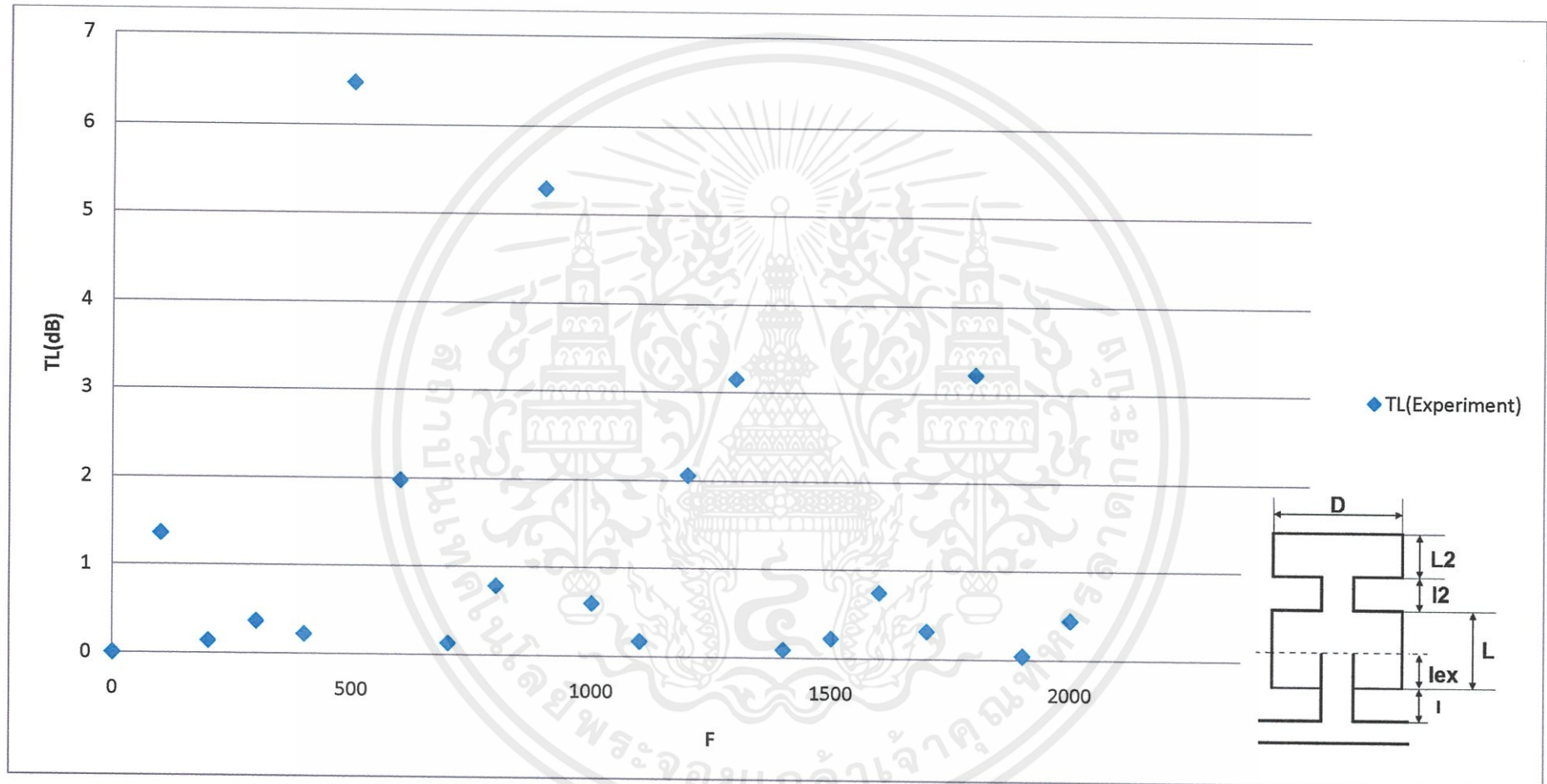
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.091	0.15	0.365	0.06	0.057	0.004

รูปที่ 4-34 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ ปริมาตรช่องว่าง 0.001608 m³ ปริมาตรชั้นบน 0.001 m³ คอยื่น 0.06 m

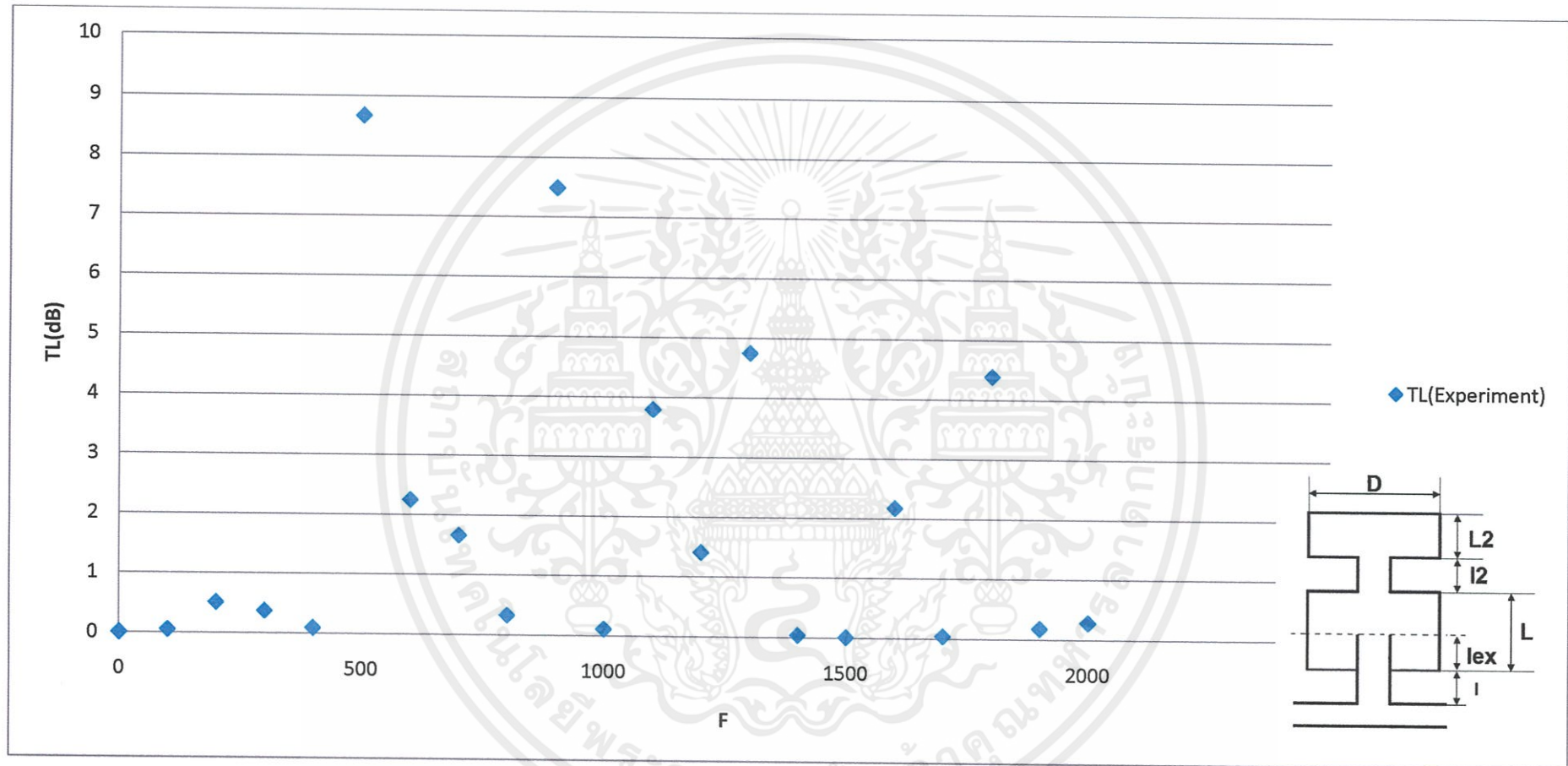
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.183	0.15	0.365	0.12	0.057	0.004

รูปที่ 4-35 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ ปริมาตรช่องว่าง 0.003234 m³ ปริมาตรชั้นบน 0.001 m³ คอยื่น 0.12 m

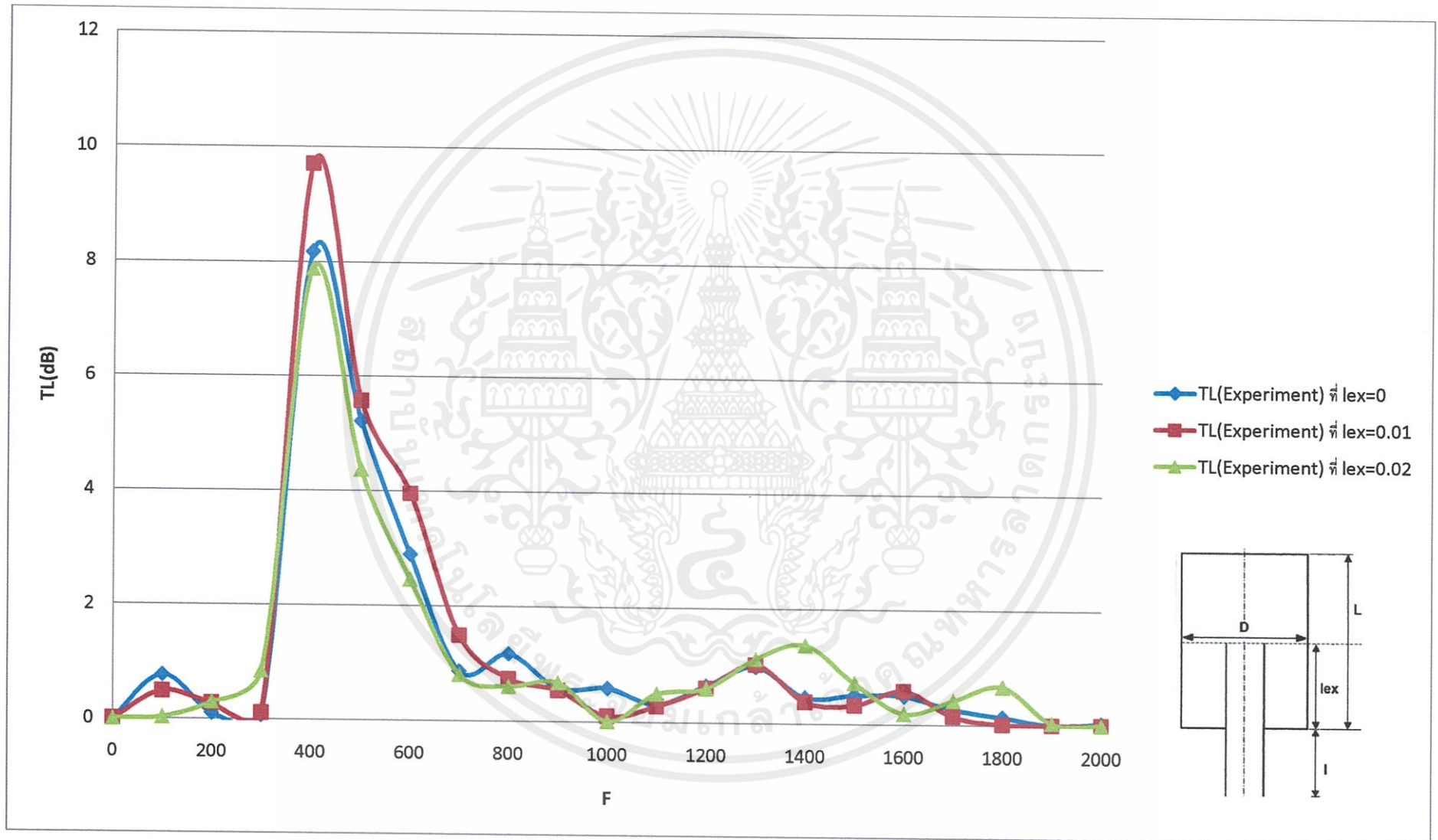
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



L(m)	D(m)	l(m)	lex(m)	L2(m)	l2(m)
0.183	0.15	0.365	0.12	0.057	0.004

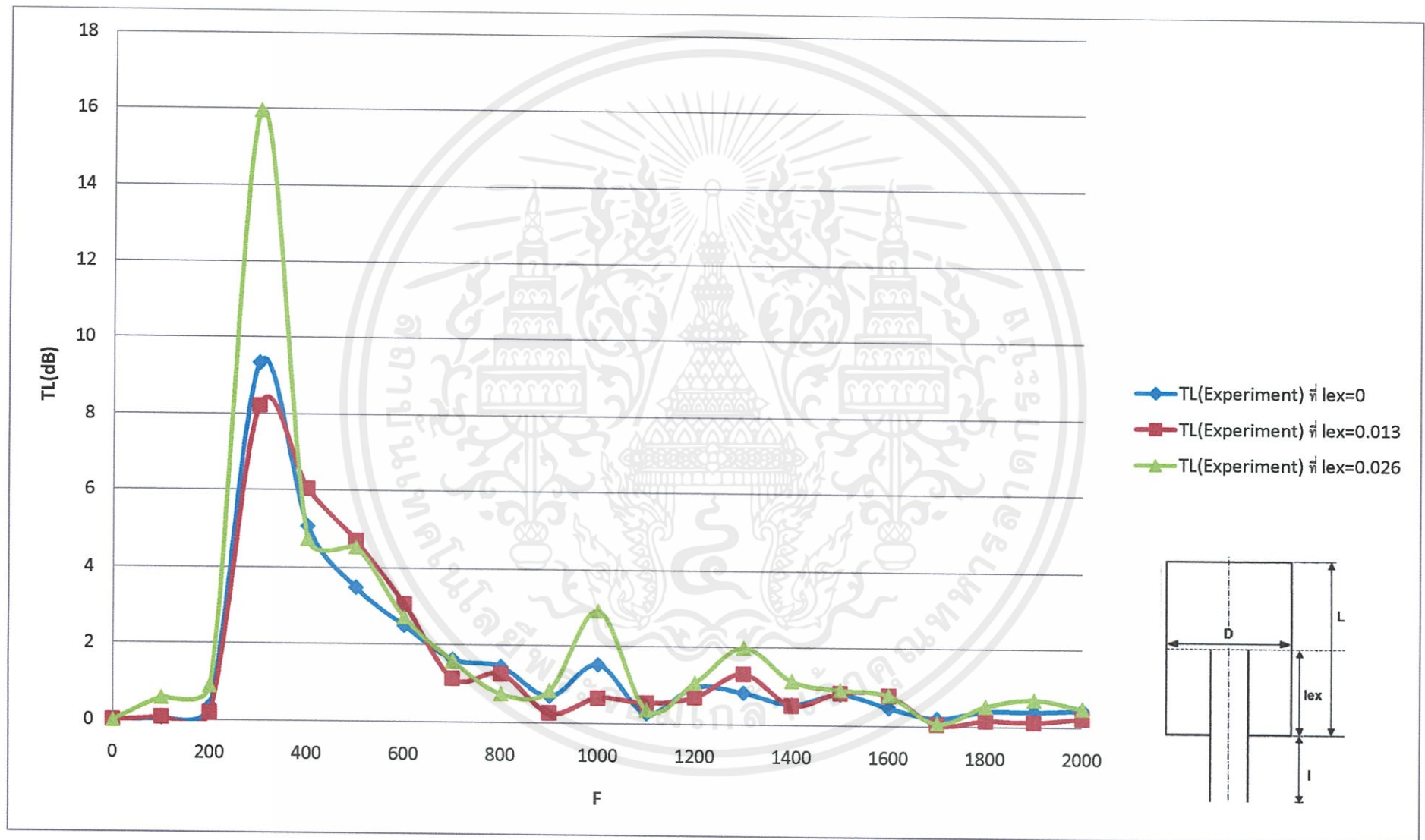
รูปที่ 4-36 กราฟแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ ปริมาตรชั้นล่าง 0.00486 m^3 ปริมาตรชั้นบน 0.001 m^3 คอยื่น 0.18 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



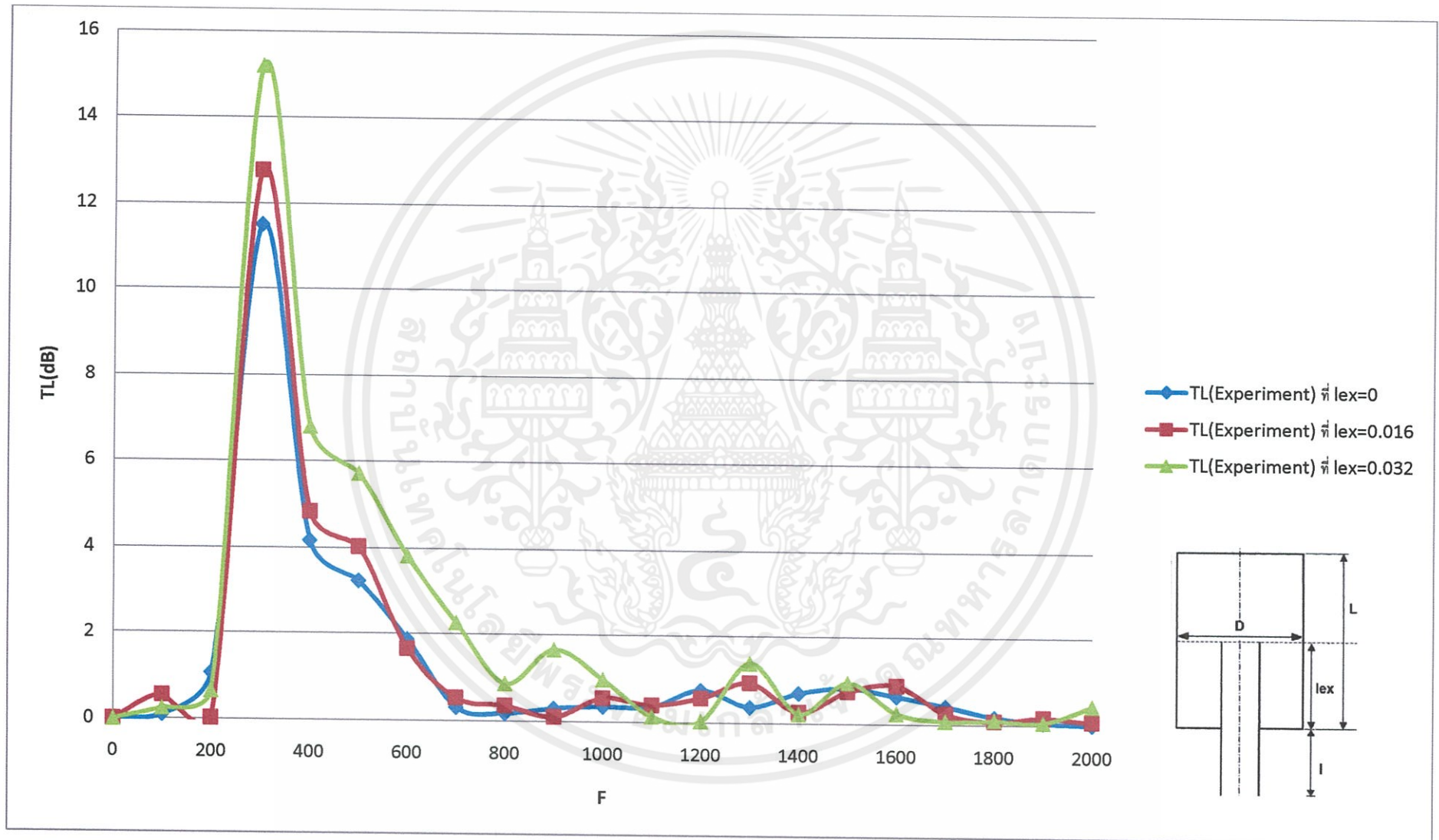
รูปที่ 4-37 กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000226 m³

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



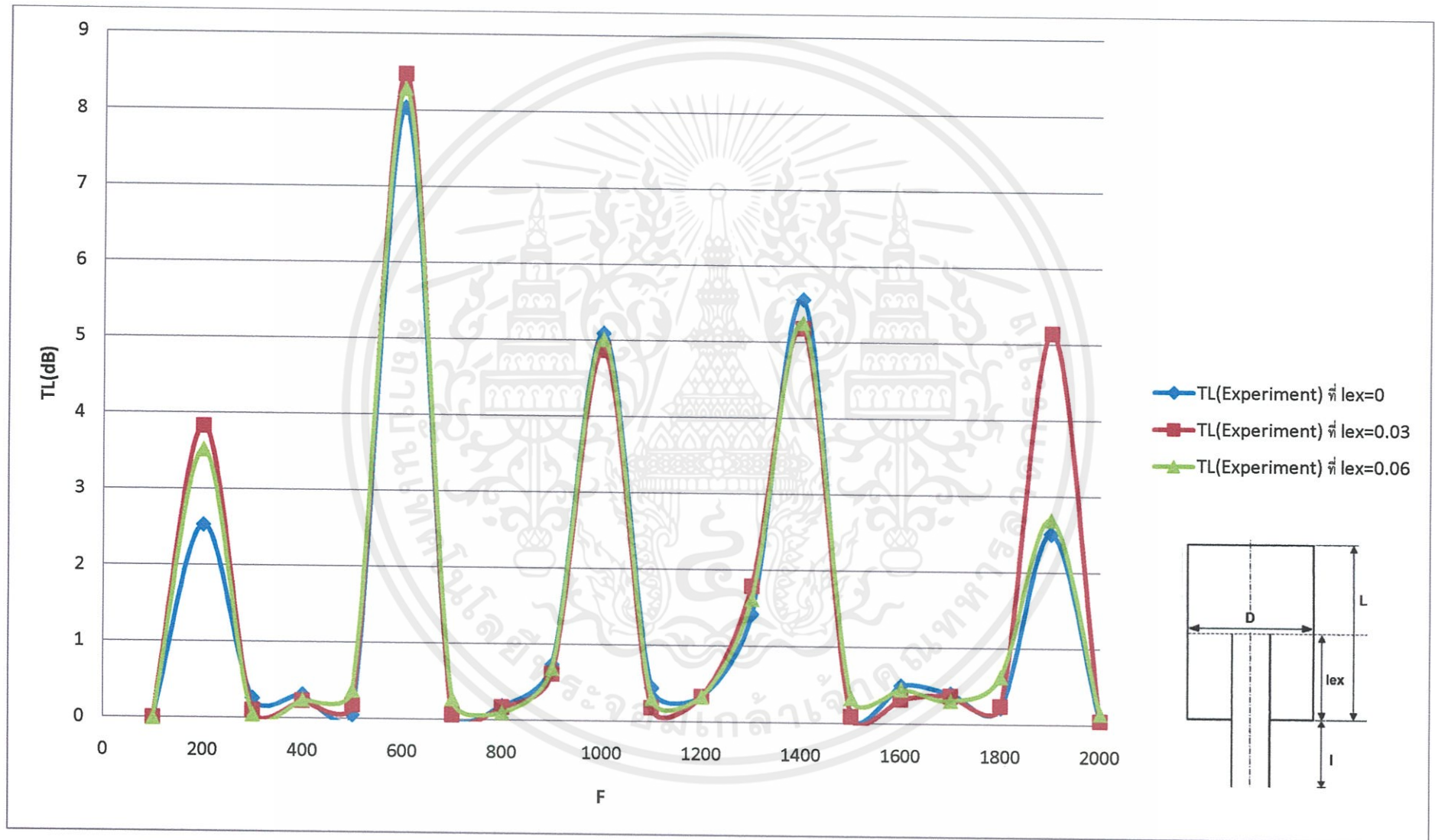
รูปที่ 4-38 กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000302 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



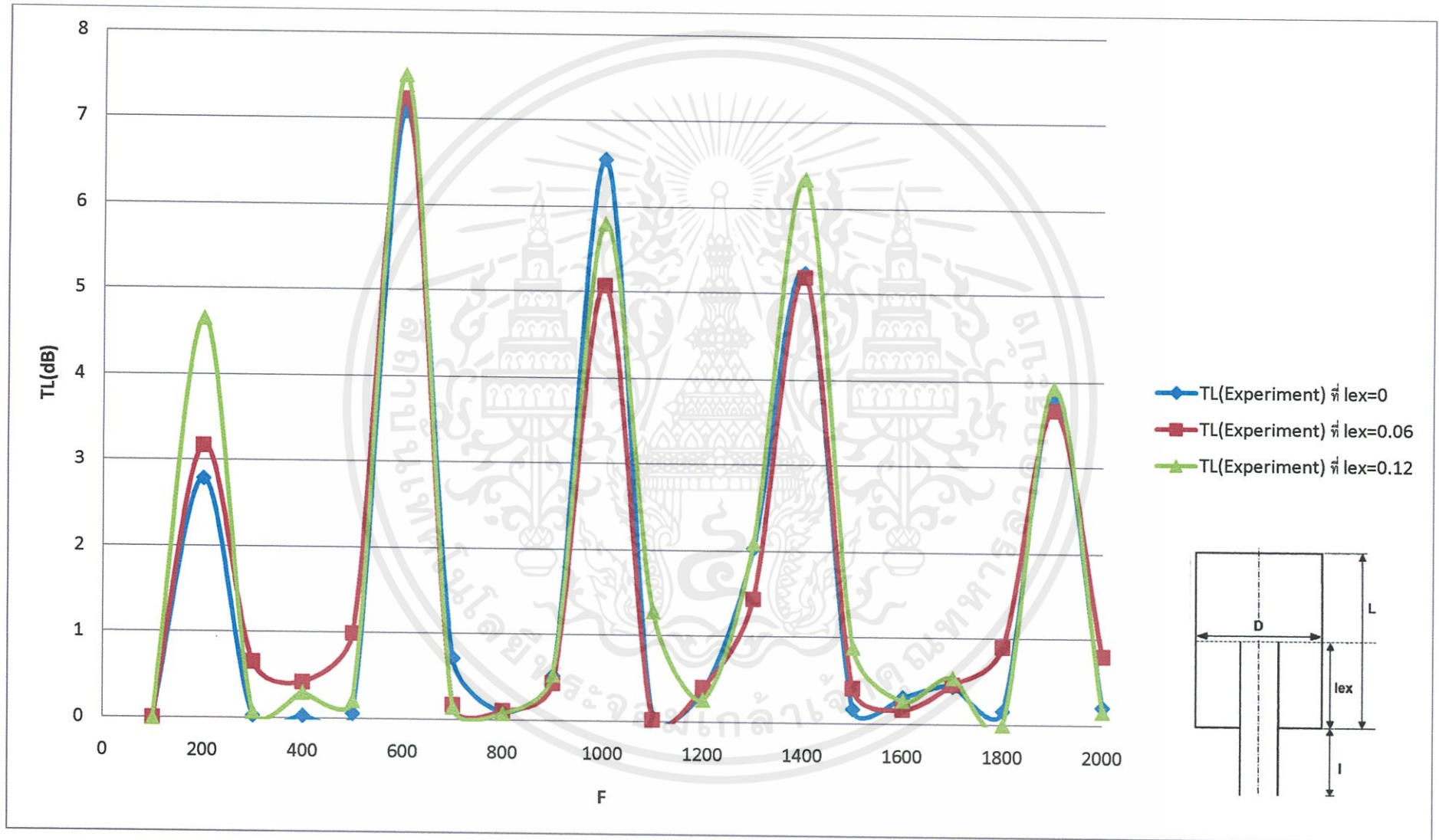
รูปที่ 4-39 กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.000377 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



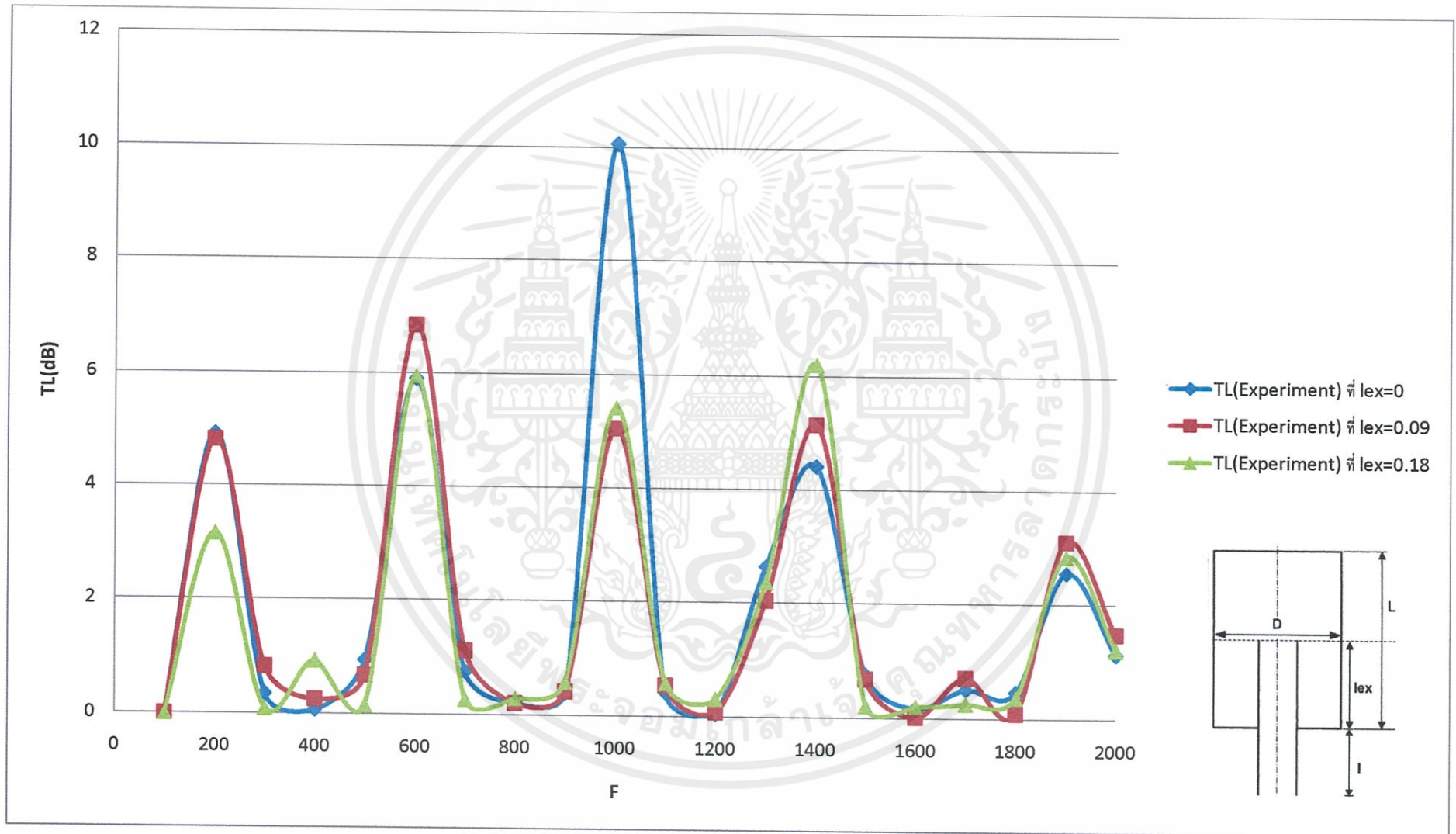
รูปที่ 4-40 กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.001608 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



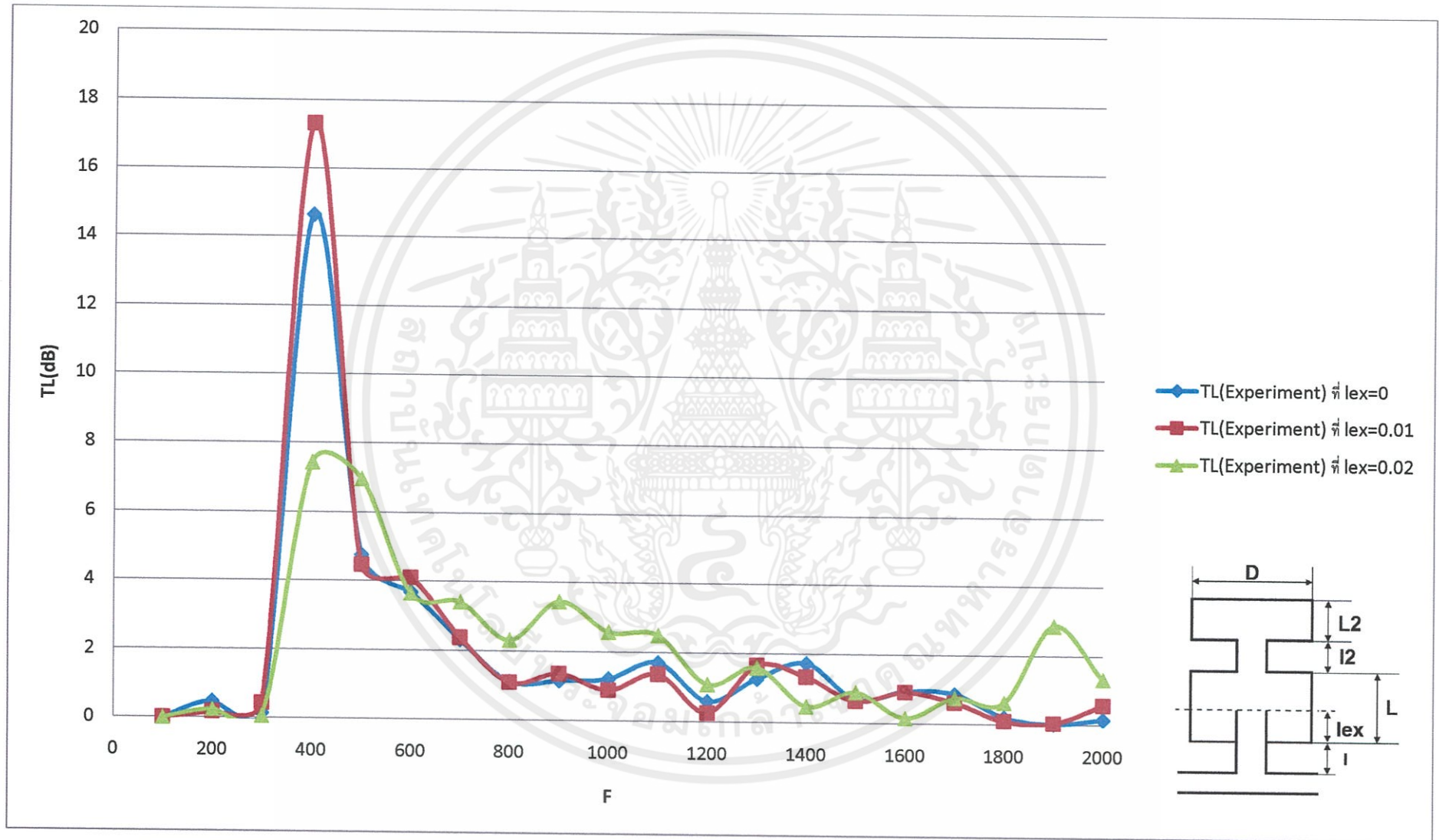
รูปที่ 4-41 กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.003234 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



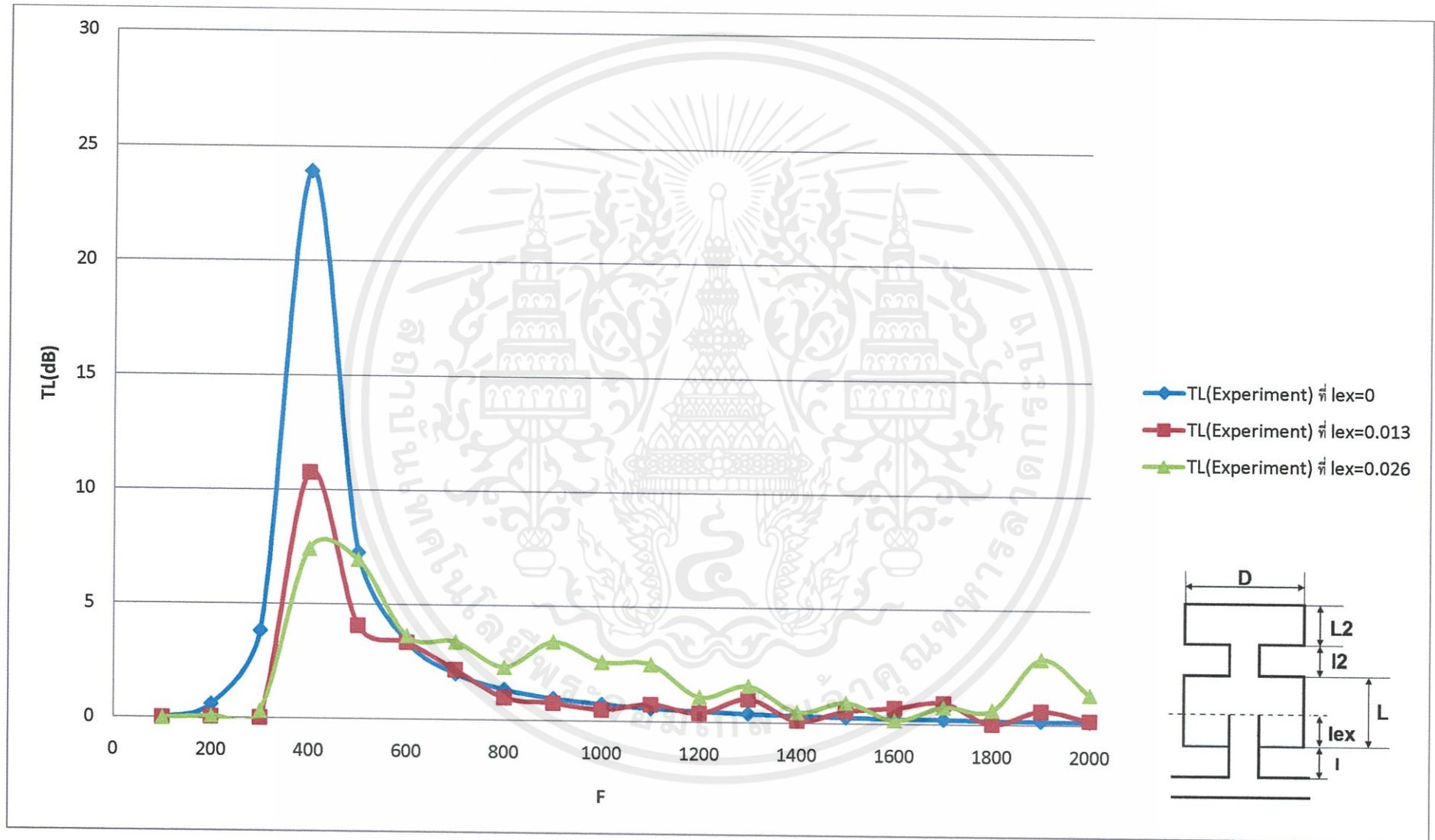
รูปที่ 4-42 กราฟรวมแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ปริมาตร 0.00486 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



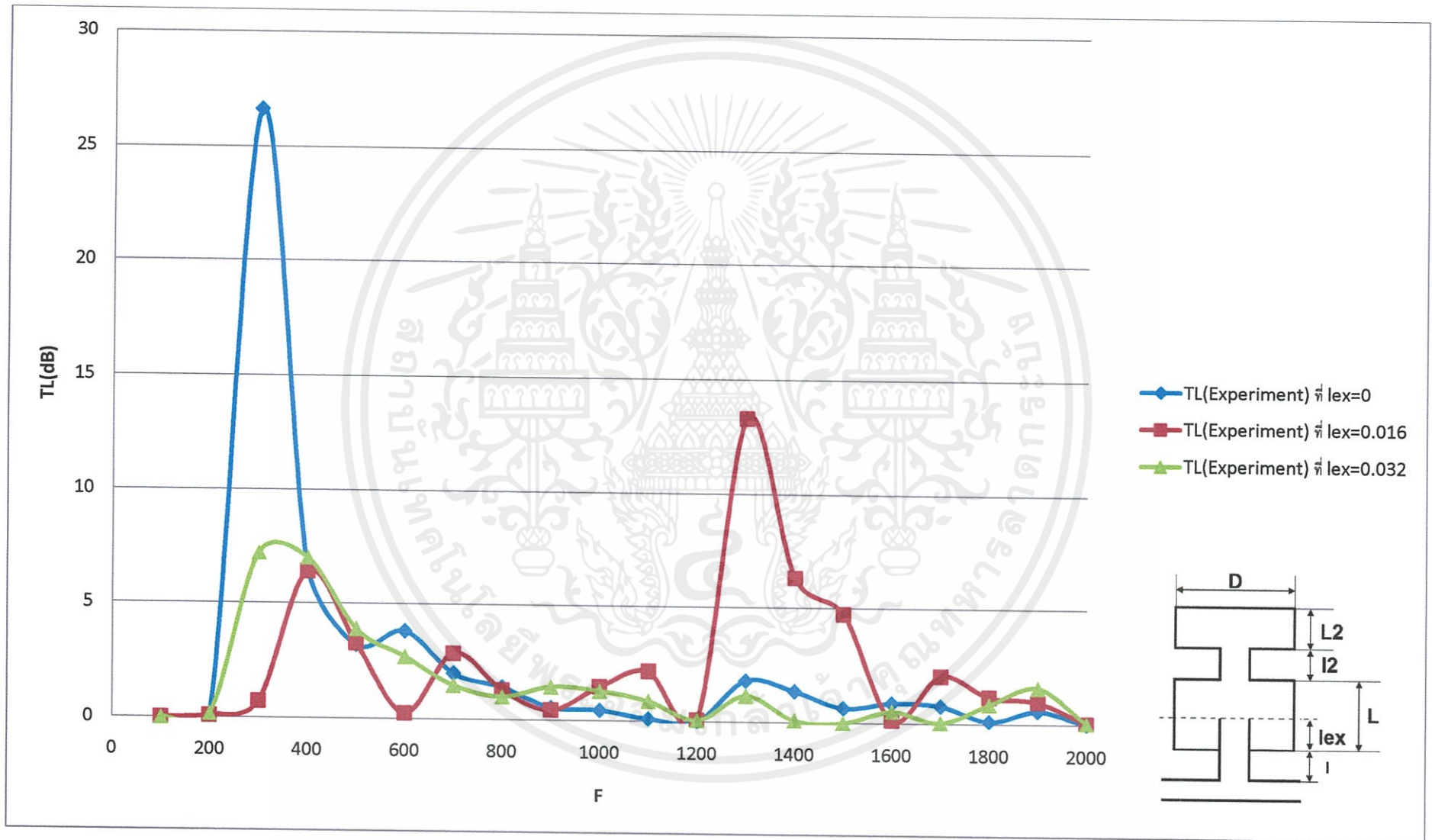
รูปที่ 4-43 กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.000226 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



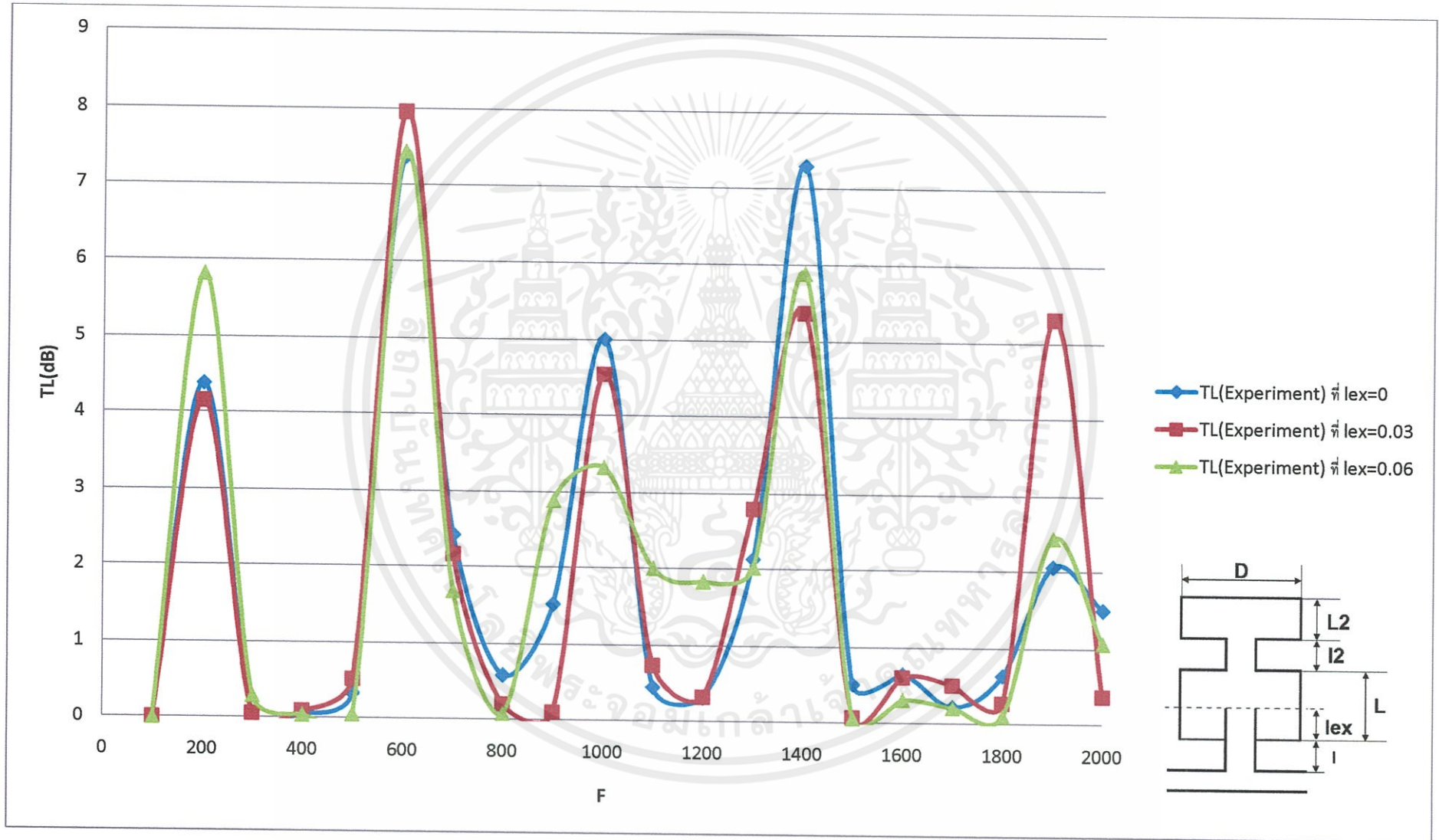
รูปที่ 4-44 กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.000302 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



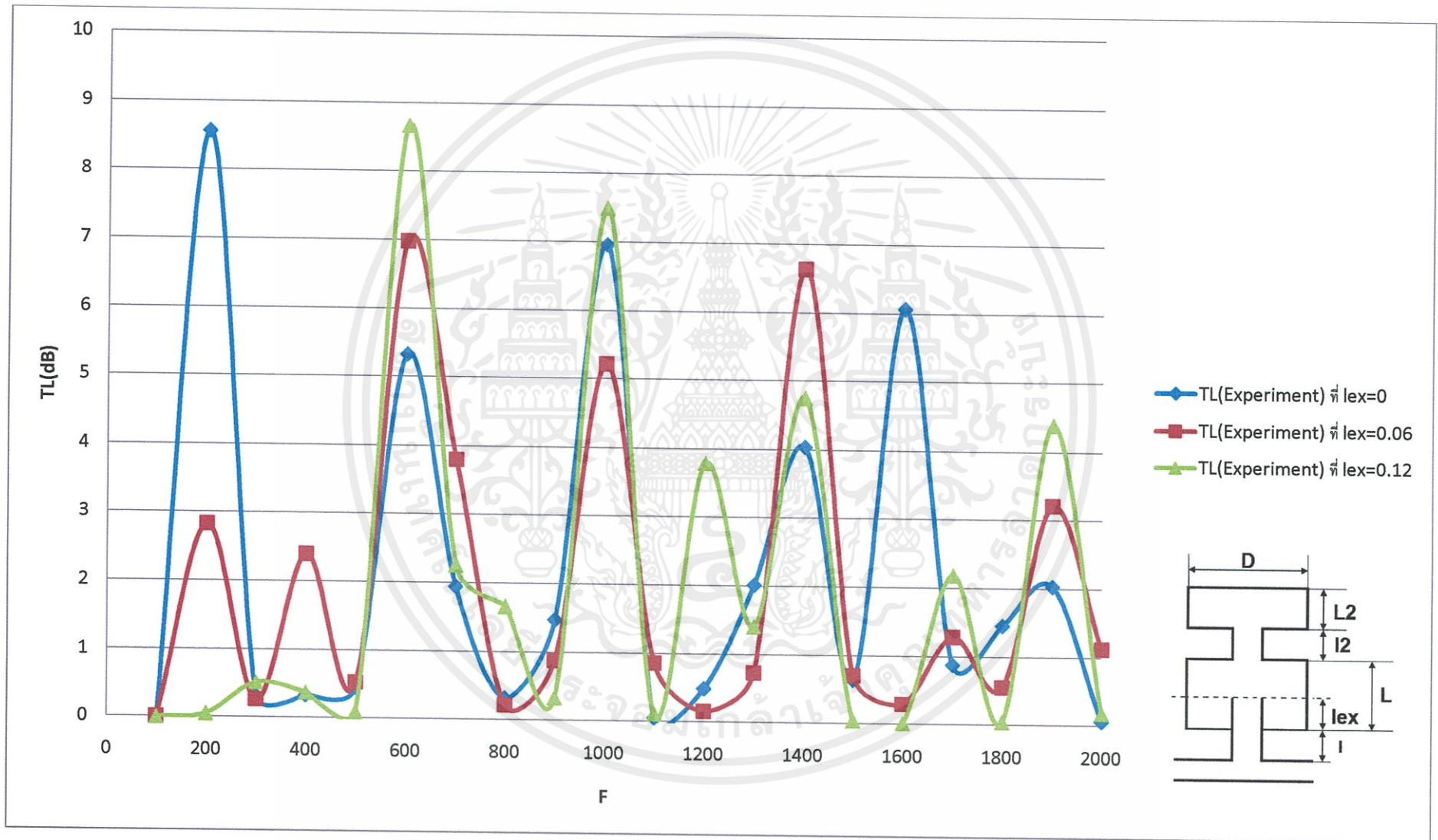
รูปที่ 4-45 กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.000377 m^3 ชั้นบน 0.0000754 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



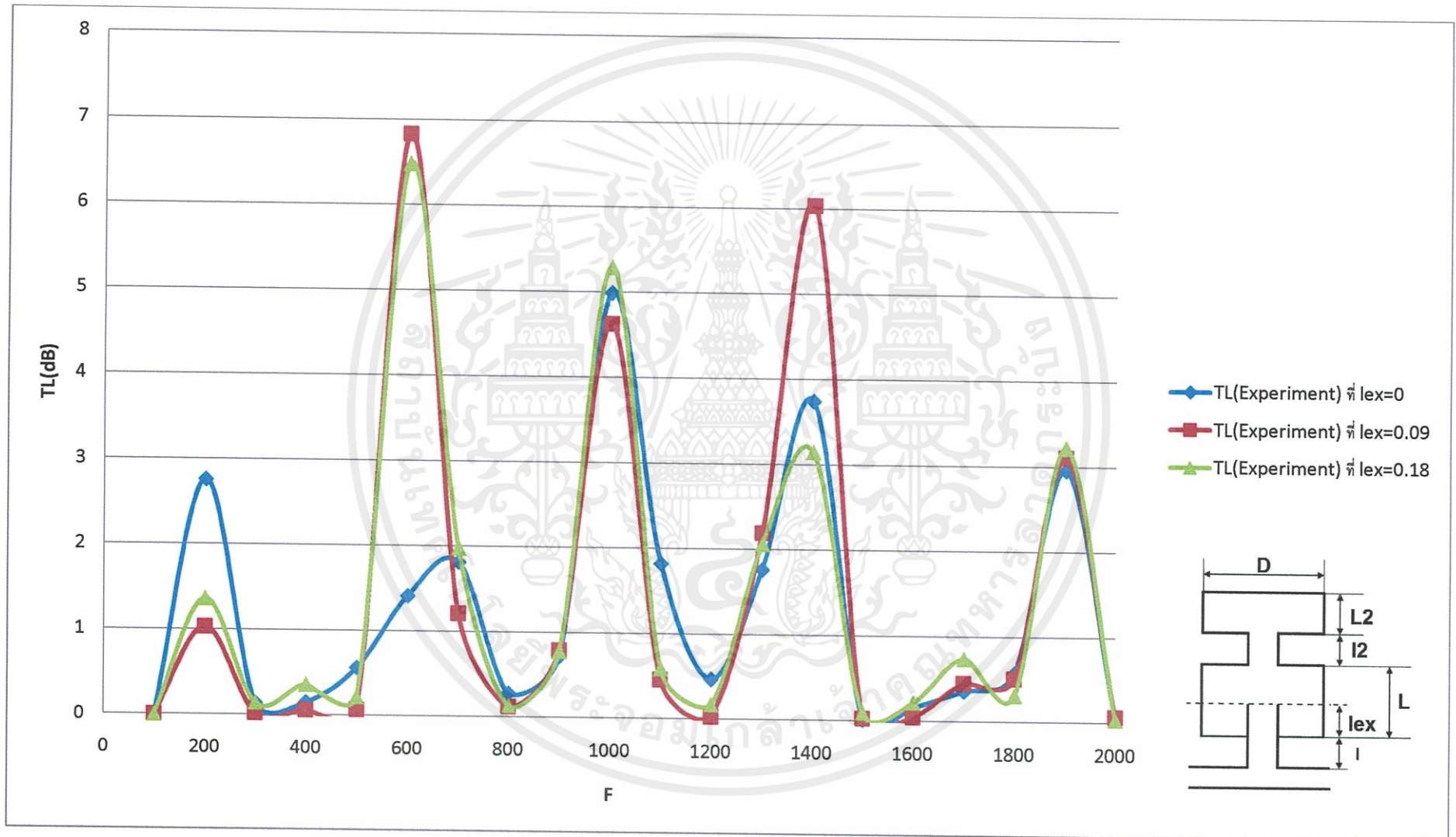
รูปที่ 4-46 กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.001608 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 4-47 กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.003234 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 4-48 กราฟรวมแสดงผลการทดลองแบบสองชั้นที่ขนาดปริมาตรชั้นล่าง 0.00486 m^3 ชั้นบน 0.001 m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

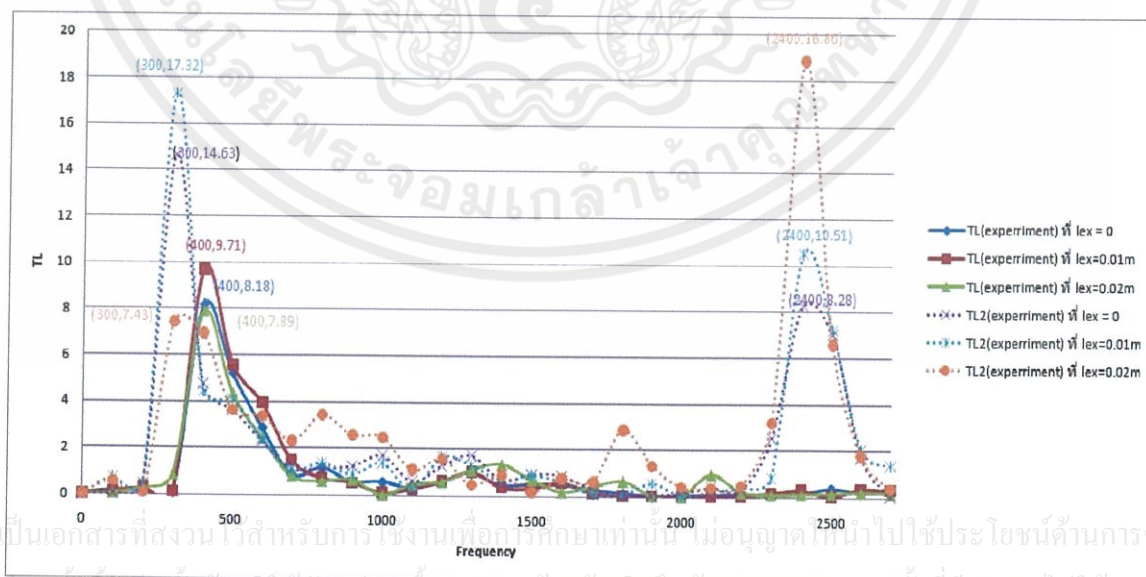
5.1 สรุปผลการทดลองพฤติกรรมการลดเสียงของ Helmholtz Resonator

1. Helmholtz Resonator จะลดเสียงได้ดีในช่วงความถี่ต่ำอย่างเดียว
2. Dual Helmholtz Resonator สามารถลดเสียงได้ดีทั้งในช่วงความถี่ต่ำ และช่วงความถี่สูง
3. คอที่ยื่นเข้าไปใน Resonator ทำให้สามารถลดเสียงได้มากขึ้น แต่เมื่อถึงระดับหนึ่งจะทำให้ความสามารถในการลดเสียงน้อยลง
4. ปริมาตรของ Resonator ที่มากขึ้นทำให้ช่วงของการลดเสียงกว้างขึ้น แต่ปริมาณเสียงที่สามารถลดได้น้อยลง

5.2 วิจัยารณ์ผลการทดลอง

จากรูปที่ 5-1 เมื่อนำผลการทดลองของ Dual Helmholtz Resonator ไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Helmholtz Resonator จะพบว่า

1. Dual Helmholtz Resonator จะสามารถลดเสียงได้มากกว่า Helmholtz Resonator
2. Dual Helmholtz Resonator จะได้ช่วงของการลดเสียงที่กว้างกว่า Helmholtz Resonator
3. จากการทดลองพฤติกรรมการลดเสียงของ Helmholtz Resonator ทั้ง 2 แบบยังไม่สามารถสรุปได้ว่า ความยาวคอที่ยื่นเข้าไปใน Resonator ที่ความยาวเท่าไรที่จะทำให้ความสามารถในการลดเสียงน้อยลง เพราะอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง เช่น มีเสียงเล็ดลอดออกจากท่อนำเสียงก่อนที่จะเข้า Resonator เป็นต้น หรือเกิดความคลาดเคลื่อนจากผู้ทำการทดลอง เช่น การเลื่อนระยะของ Probe Tube คลาดเคลื่อน เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานี้ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเป็นของตนเอง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

รูปที่ 5-1 กราฟรวมเปรียบเทียบ

ภาคผนวก

วิธี SET เครื่อง FFT ANALYZER

Ms setting PORTABLE DUAL CHANNEL FFT ANALYZER

1. DISPLAY : ที่ CH B → กด SPEC
2. FREQ : กด Δ (UP) หรือ ∇ (DOWN) เพื่อให้ X-axis = 5 kHz
3. SEARCH : ที่ CURSOR กด ON และ EU
4. กด NEXT เลือก MENU B >>
7 COND → 1 CONDIT → 2 AUTO ON → 6 CLK INT → 8 RETURN
5. กด NEXT เลือก MENU B >>
7 COND → 4 SEARCH → 7 S-CURSOR(LINE) → 8 RETURN
6. กด NEXT เลือก MENU B >>
2 UNIT → 4 CH B EU → 6 SET CH B → (9500E+9)EU/V → 7 SET → 8 RETURN
7. กด NEXT เลือก MENU B >>
1 DISPLAY → 1 FORMAT → 3 GRID ON → 8 RETURN

หลังการ SET FFT ANALYZER ก็จะสามารถทำการสอบเทียบไมโครโฟนได้ โดยนำไมโครโฟนไปประกอบกับ Calibrator โดย Calibrator นี้จะกำเนิดเสียงที่มีความดัง 124 dB

ถ้าค่าของ FFT ANALYZER ที่อ่านได้ไม่เท่ากับ 124 dB ให้ปรับค่า EU/V ของ FFT ANALYZER เป็น 9500E+6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Ahmet Selamet and Iljae Lee "Helmholtz resonator with extended neck", J. Acoust. Soc. Am. April 2003
- [2] Don D.Davis, Jr., George L. Stevens, Jr., Dewey Moore, and George M. Stokes. "Theoretical and measured attenuation of mufflers at room temperature without flow, with comments on engine-exhaust muffler design", National advisory committee for aeronautics technical note 2893
- [3] บรรณภาพ ศรีสนิท, ศิวะพงศ์ สุดสว่าง, สมเจตน์ แสงวิรุณ, "การลดเสียงผ่านตัวเก็บเสียงแบบตัวกังวานเฮล์มโฮลทซ์", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,ปี 2547
- [4] อีระศักดิ์ แสงบัวหมัด, สุพรรณนา ไชยบำรุง, "ความสูญเสียเนื่องจากการส่งผ่านเสียงของตัวเก็บเสียง แบบตัวกังวานเฮล์มโฮลทซ์ ชนิดอสมมาตร", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,ปี 2549
- [5] ปราโมทย์ เรืองฤทธิ์, "พฤติกรรมของการลดเสียงของอุปกรณ์ลดเสียงความถี่สูง เฮล์มโฮลทซ์", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2544
- [6] บุญชัย ศิลปะกิจวงษ์กุล,"การหาประสิทธิภาพของการลดเสียง",สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2540
- [7] Ming Lokitsangtong and Pongsak Kummol."Estimation of sound transmission loss for design of sigle Helmholtz Resonator",King Mongkut's institute of Technology Ladkrabang
- [6] M.L. Munjal, "Velocity Ratio-cum-Transfer Matrix Method for the Evaluation of a muffler with mean flow," J.Sound Vib. 39(1975) No.1 pp.105-119
- [7] Randall F. Barron, "Industrial Noise Control and Acoustics",Louisiana Tech University Ruston, U.S.A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้