

การพัฒนาชุดควบคุมเสียงในท่อไอเสีย

DEVELOPMENT OF NOISE CONTROL DEVICE FOR EXHAUST PIPE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

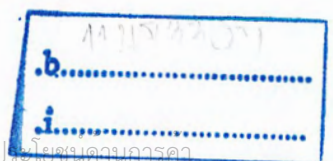
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 55018

วัน,เดือน,ปี..... 14 เม.ย. 2548



ขอสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่มีกรรมสิทธิ์ในลิขสิทธิ์ฉบับนี้ หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาชุดควบคุมเสียงในท่อไอเสีย

**DEVELOPMENT OF NOISE CONTROL DEVICE FOR EXHAUST PIPE**

โดย

นาย ชนะภูมิ เขียวอิม  
นาย ธนา อิงคะประสิทธิ์กุล  
นาย วิชรากรณ์ ขจัดพาล

อาจารย์ที่ปรึกษา  
ผศ.มิ่ง โลกกิจแสงทอง  
อ.พงษ์ศักดิ์ คำมูล  
อ.ประสิทธิ์ คำพันธ์



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาชุดควบคุมเสียงในท่อไอเสีย

DEVELOPMENT OF NOISE CONTROL DEVICE FOR EXHAUST PIPE

ผู้จัดทำ

1. นาย ธนภูมิ เขียวอิม

รหัสประจำตัว 43010644

2. นาย ธนา อิงคะประสิทธิ์กุล

รหัสประจำตัว 43010647

3. นาย วัชรภรณ์ ขจัดพาล

รหัสประจำตัว 43010759



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การพัฒนาชุดควบคุมเสียงในท่อไอเสีย

นาย ชนะภูมิ เขียวอ้อม 43010644

นาย ชนา อิงคะประสิทธิ์กุล 43010647

นาย วัชรารักษ์ ขจัดพาล 43010759

ผศ.มิ่ง โลกิจแสงทอง อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.พงษ์ศักดิ์ คำมูล อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ประสิทธิ์ คำพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้อธิบายถึงพฤติกรรมการลดเสียงภายในท่อของ Helmholtz resonator แบบตัวเดียว โดยติดตั้งเข้ากับท่อกลมและท่อสี่เหลี่ยมที่มีอากาศไหลผ่านที่ความเร็วต่างๆ ในการลดเสียงบริเวณย่านความถี่ 100 – 1200 Hz สมการ Transmission Loss, (TL) ได้มาจากทฤษฎีของคลื่นมิติเดียวและวิธี Transfer Matrix ผลการคำนวณและการทดลอง แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมของค่า TL, open end correction บริเวณข้อต่อ (Connector) ระหว่าง Resonator และท่อ, พฤติกรรมของความถี่ที่เกิดการกำร (Resonance frequency) และประสิทธิภาพการลดเสียง สามารถแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านี้กับมิติของท่อและมิติของ Resonator โดยเมื่ออากาศที่ไหลผ่านท่อมีความเร็วมากขึ้น พฤติกรรมของความถี่ที่เกิดการกำรจะเลื่อนไปในย่านความถี่ที่สูงขึ้น

## DEVELOPMENT OF NOISE CONTROL DEVICE FOR EXHAUST PIPE

Thanapoom Khieo-im

Tana Inkaprasitkul

Watcharakorn Khajardparn

Assist. Prof. Ming Lokitsangtong    Advisor

Pongsak Kummul                            Advisor

Prasit Kumpanyum                        Advisor

### Abstract

This thesis describes the acoustic characteristics of noise reduction of single Helmholtz – resonator type silencer. The resonator is mounted on square duct and circular duct with air flowing through. The frequency range in our study is 100 – 1200 Hz. The Transmissions Loss, (TL) equation is derived from the linear wave theory and the transfer matrix methodology. Theoretical and experimental results show that TL characteristics, open end correction, frequency characteristics, and resonance performance have a relationship with resonator and duct dimensions, which can be presented as graphs. As air flowing through duct has higher velocity, the TL characteristics will be reduced and resonance frequency characteristics will be shifted to a higher frequency range.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์Shuntaro Murakami, อาจารย์มิ่ง โลกิงแสงทอง, อาจารย์พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่ให้ความเมตตาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และเป็น ที่ปรึกษาแก่ข้าพเจ้า และคุณณัฐวุฒิ วิริยะจิตสมบุญรณ์ ที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในวิธีการผลิตชุด อุปกรณ์ทดลอง

ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณ คุณพ่อ, คุณแม่ และสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่ข้าพเจ้าเคารพนับถือ ที่เป็นกำลังใจ ให้ข้าพเจ้าเสมอมาและคอยปกป้องดูแลรักษาข้าพเจ้า ต้องขอขอบพระคุณมาก

ขอขอบคุณ คุณสมาริน อิงคะประสิทธิ์กุล, คุณมณฑา, คุณเป็ย และคณะอาจารย์, เพื่อนๆ และรุ่นน้องของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะในการทำงาน ข้อเสนอแนะเหล่านี้ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากขึ้น ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสูงค่าและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่

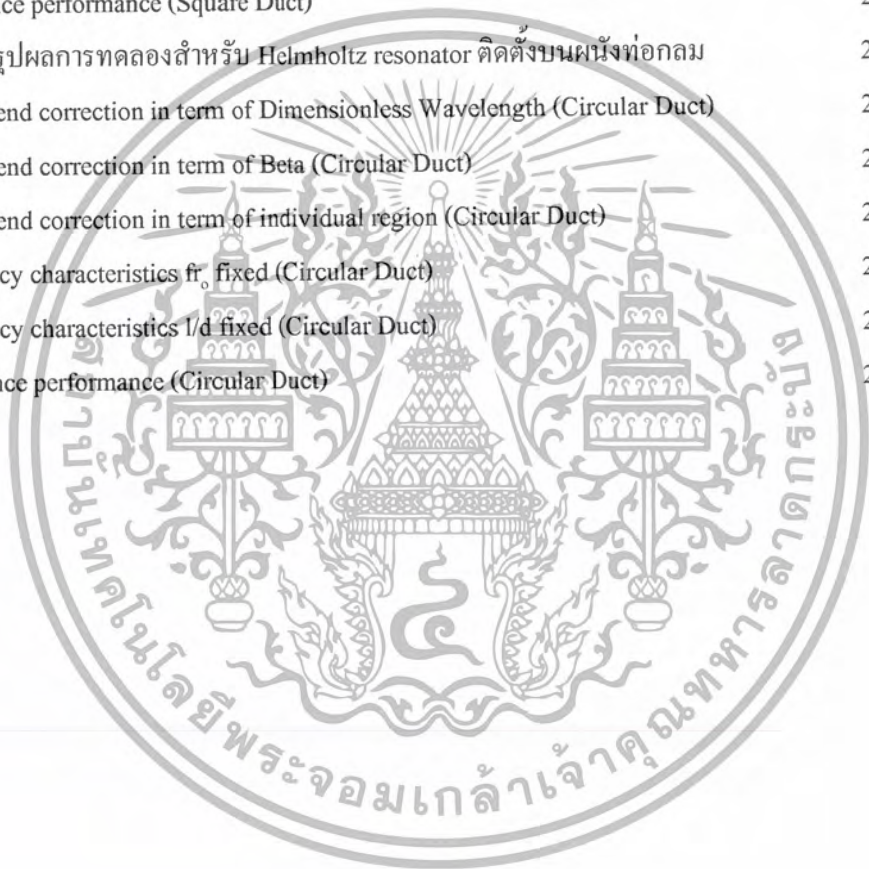


## สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 ชนิดของ Silencer	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเสียงเบื้องต้น	4
2.1.1 เสียงคืออะไร	4
2.1.2 Propagation of sound through gas	4
2.1.3 Wave Equation	6
2.2 ทฤษฎีการลดเสียง	6
2.3 คำแนะนำของ Davis ในการแก้ไขค่าความดันสะท้อนกลับด้านหน้าของ Resonator	10
2.4 ทฤษฎีการวัดอัตราคาบไหล	11
บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	13
3.1 อุปกรณ์สำหรับศึกษาพฤติกรรมของ Helmholtz resonator	13
3.2 วิธีการทดลองเพื่อศึกษาหาพฤติกรรมของ Helmholtz resonator	14
บทที่ 4 ผลการทดลอง	18
4.1 พฤติกรรมของ Resonator บนผนังท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส	18
4.2 พฤติกรรมของ Resonator บนผนังท่อกกลม	105
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	191
5.1 สรุปผลการทดลองพฤติกรรมการลดเสียงของ Helmholtz resonator	191
5.2 กระบวนการออกแบบ Helmholtz resonator สำหรับประยุกต์ใช้งาน	191
เอกสารอ้างอิง	193
ภาคผนวก A	
วิธี Set เครื่อง FFT Analyzer	194
ภาคผนวก B	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Venturi Calibration	195
Discharge Coefficient	196
ภาคผนวก C	
ตารางสรุปผลการทดลองสำหรับ Helmholtz resonator ติดตั้งบนผนังท่อสี่เหลี่ยม	197
Open – end correction in term of Dimensionless Wavelength (Square Duct)	202
Open – end correction in term of Beta (Square Duct)	211
Open – end correction in term of individual region (Square Duct)	216
Frequency characteristics $f_0$ fixed (Square Duct)	218
Frequency characteristics $l/d$ fixed (Square Duct)	228
Resonance performance (Square Duct)	234
ตารางสรุปผลการทดลองสำหรับ Helmholtz resonator ติดตั้งบนผนังท่อกลม	254
Open – end correction in term of Dimensionless Wavelength (Circular Duct)	256
Open – end correction in term of Beta (Circular Duct)	262
Open – end correction in term of individual region (Circular Duct)	268
Frequency characteristics $f_0$ fixed (Circular Duct)	270
Frequency characteristics $l/d$ fixed (Circular Duct)	272
Resonance performance (Circular Duct)	274



สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่

4-1 พฤติกรรมของ Helmholtz resonator บนผนังท่อสี่เหลี่ยม

18

4-2 พฤติกรรมของ Helmholtz resonator บนผนังท่อกกลม

105



รูปที่

1-1 ลักษณะของเสียงรบกวนชนิด Pure tones	1
1-2 Expansion chamber	2
1-3 Side Branch resonator	2
1-4 Helmholtz resonator	2
2-1 ความดัน และการขจัดในคลื่นเสียงมิติเดียว ที่เกิดจากกำแพงที่มีการสั่นแบบ Sinusoidal	5
2-2 ความดันเสียง และระดับความดันเสียง	7
2-3 ความดันบริเวณด้านหน้า – หลังของ Resonator	8
2-4 รายละเอียด Helmholtz Resonator	9
2-5 ค่าแก้ไขความดันสะท้อนกลับด้านหน้า Resonator	10
2-6 ลักษณะของ Venturi	11
2-7 สัมประสิทธิ์การจ่ายของ Venturi	12
3-1 ชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับศึกษาพฤติกรรมของ Resonator	13
3-2 มิตติของ Venturi	14
3-3 Case Study	14
(4-1) - (4-27) Transmission Loss characteristics of square duct (Individual)	
4-1 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	21
4-2 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	22
4-3 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	23
4-4 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	24
4-5 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	25
4-6 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	26
4-7 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	27
4-8 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	28
4-9 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	29
4-10 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	30
4-11 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	31
4-12 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	32
4-13 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	33
4-14 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	34
4-15 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	35
4-16 $d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-17	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	37
4-18	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	38
4-19	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	39
4-20	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	40
4-21	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	41
4-22	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	42
4-23	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	43
4-24	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	44
4-25	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	45
4-26	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	46
4-27	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	47
(4-28) - (4-54)	Transmission Loss characteristics of square duct (Compared)	
4-28	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	48
4-29	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	48
4-30	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	49
4-31	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	49
4-32	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	50
4-33	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	50
4-34	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	51
4-35	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	51
4-36	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	52
4-37	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	52
4-38	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	53
4-39	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	53
4-40	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	54
4-41	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	54
4-42	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	55
4-43	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	55
4-44	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	56
4-45	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	56
4-46	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	57
4-47	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	57
4-48	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	58
4-49	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	58

4-50	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	59
4-51	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	59
4-52	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	60
4-53	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	60
4-54	$d/D_o = 0.659, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	61
<b>(4-55) - (4-57) Open-end correction in term of Dimensionless Wavelength (Square Duct)</b>		
4-55	$d/D_o = 0.784, l/d = 0.5, d/D = 0.38 - 0.67$ และ $L/D = 0 - 2$	62
4-56	$d/D_o = 0.588, l/d = 0.67, d/D = 0.36 - 0.50$ และ $L/D = 0 - 1.4$	63
4-57	$d/D_o = 0.424 - 0.784, l/d = 1.0, d/D = 0.38 - 0.59$ และ $L/D = 0 - 2$	64
<b>(4-58) - (4-67) Frequency characteristics <math>fr_o</math> fixed (Square Duct)</b>		
4-58	$fr_o = 175$ Hz	65
4-59	$fr_o = 275$ Hz	66
4-60	$fr_o = 325$ Hz	67
4-61	$fr_o = 425$ Hz	68
4-62	$fr_o = 587.5$ Hz	69
4-63	$fr_o = 612.5$ Hz	70
4-64	$fr_o = 750$ Hz	71
4-65	$fr_o = 875$ Hz	72
4-66	$fr_o = 1012.5$ Hz	73
4-67	$fr_o = 1125$ Hz	74
<b>(4-68) - (4-70) Frequency characteristics <math>l/d</math> fixed (Square Duct)</b>		
4-68	$l/d = 0.50$	75
4-69	$l/d = 0.67$	76
4-70	$l/d = 1.00$	77
<b>(4-71) - (4-97) Resonance performance (Square Duct)</b>		
4-71	$l/d = 0.5 R_f/Z_o = 5.81 \times 10^{-3} fr_o = 1125$ Hz	78
4-72	$l/d = 0.5 R_f/Z_o = 5.33 \times 10^{-3} fr_o = 750$ Hz	79
4-73	$l/d = 0.5 R_f/Z_o = 4.82 \times 10^{-3} fr_o = 612.5$ Hz	80
4-74	$l/d = 0.5 R_f/Z_o = 4.33 \times 10^{-3} fr_o = 587.5$ Hz	81
4-75	$l/d = 0.5 R_f/Z_o = 3.52 \times 10^{-3} fr_o = 425$ Hz	82
4-76	$l/d = 0.5 R_f/Z_o = 3.51 \times 10^{-3} fr_o = 325$ Hz	83
4-77	$l/d = 0.5 R_f/Z_o = 3.23 \times 10^{-3} fr_o = 400$ Hz	84
4-78	$l/d = 0.5 R_f/Z_o = 2.84 \times 10^{-3} fr_o = 275$ Hz	85
4-79	$l/d = 0.5 R_f/Z_o = 2.78 \times 10^{-3} fr_o = 212.5$ Hz	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-80 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 6.80 \times 10^{-3} f_{r_o} = 1012.5 \text{ Hz}$	87
4-81 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 5.76 \times 10^{-3} f_{r_o} = 712.5 \text{ Hz}$	88
4-82 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 5.66 \times 10^{-3} f_{r_o} = 550 \text{ Hz}$	89
4-83 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 5.12 \times 10^{-3} f_{r_o} = 525 \text{ Hz}$	90
4-84 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 4.24 \times 10^{-3} f_{r_o} = 375 \text{ Hz}$	91
4-85 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 3.95 \times 10^{-3} f_{r_o} = 300 \text{ Hz}$	92
4-86 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 4.17 \times 10^{-3} f_{r_o} = 337.5 \text{ Hz}$	93
4-87 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 3.27 \times 10^{-3} f_{r_o} = 250 \text{ Hz}$	94
4-88 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 3.05 \times 10^{-3} f_{r_o} = 200 \text{ Hz}$	95
4-89 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 8.46 \times 10^{-3} f_{r_o} = 875 \text{ Hz}$	96
4-90 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 7.23 \times 10^{-3} f_{r_o} = 612.5 \text{ Hz}$	97
4-91 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 6.53 \times 10^{-3} f_{r_o} = 500 \text{ Hz}$	98
4-92 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 6.20 \times 10^{-3} f_{r_o} = 462.5 \text{ Hz}$	99
4-93 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 5.26 \times 10^{-3} f_{r_o} = 325 \text{ Hz}$	100
4-94 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 4.51 \times 10^{-3} f_{r_o} = 275 \text{ Hz}$	101
4-95 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 4.98 \times 10^{-3} f_{r_o} = 300 \text{ Hz}$	102
4-96 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 4.57 \times 10^{-3} f_{r_o} = 200 \text{ Hz}$	103
4-97 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 3.72 \times 10^{-3} f_{r_o} = 175 \text{ Hz}$	104

(4-98) - (4-124) Transmission Loss characteristics of circular duct (Individual)

4-88 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	108
4-99 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	109
4-100 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	110
4-101 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	111
4-102 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	112
4-103 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	113
4-104 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	114
4-105 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	115
4-106 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	116
4-107 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	117
4-108 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	118
4-109 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	119
4-110 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	120
4-111 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	121
4-112 $d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-113	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	123
4-114	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	124
4-115	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	125
4-116	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	126
4-117	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	127
4-118	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	128
4-119	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	129
4-120	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	130
4-121	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	131
4-122	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	132
4-123	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	133
4-124	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	134

(4-125) - (4-151) Transmission Loss characteristics of circular duct (Compared)

4-125	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	135
4-126	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	135
4-127	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.50, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	136
4-128	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	136
4-129	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	137
4-130	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.50, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	137
4-131	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	138
4-132	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	138
4-133	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.50, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	139
4-134	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	139
4-135	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	140
4-136	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 0.67, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	140
4-137	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	141
4-138	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	141
4-139	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 0.67, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	142
4-140	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	142
4-141	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	143
4-142	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 0.67, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	143
4-143	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 0.585$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	144
4-144	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 1.170$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	144
4-145	$d/D_o = 0.588, d/D = 0.585, l/d = 1.00, L/D = 1.754$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ XI

4-146	$d/D_0 = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.310$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	145
4-147	$d/D_0 = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.620$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	146
4-148	$d/D_0 = 0.588, d/D = 0.310, l/d = 1.00, L/D = 0.931$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	146
4-149	$d/D_0 = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.201$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	147
4-150	$d/D_0 = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.402$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	147
4-151	$d/D_0 = 0.588, d/D = 0.201, l/d = 1.00, L/D = 0.603$ และ $u = 0, 10, 20, 30$ และ 35	148
(4-152) - (4-154) Open-end correction in term of Dimensionless Wavelength (Circular Duct)		
4-152	$d/D_0 = 0.833, l/d = 0.5, d/D = 0.38 - 0.67$ และ $L/D = 0 - 2$	149
4-153	$d/D_0 = 0.385 - 0.625, l/d = 0.67, d/D = 0.21 - 0.59$ และ $L/D = 0 - 2.6$	150
4-154	$d/D_0 = 0.358 - 0.417, l/d = 1.0, d/D = 0.24 - 0.59$ และ $L/D = 0 - 2$	151
(4-155) - (4-163) Frequency characteristics $fr_0$ fixed (Circular Duct)		
4-155	$fr_0 = 187.5$ Hz	152
4-156	$fr_0 = 250$ Hz	153
4-157	$fr_0 = 387.5$ Hz	154
4-158	$fr_0 = 487.5$ Hz	155
4-159	$fr_0 = 587.5$ Hz	156
4-160	$fr_0 = 712.5$ Hz	157
4-161	$fr_0 = 862.5$ Hz	158
4-162	$fr_0 = 987.5$ Hz	159
4-163	$fr_0 = 1075$ Hz	160
(4-164) - (4-166) Frequency characteristics $l/d$ fixed (Circular Duct)		
4-164	$l/d = 0.50$	161
4-165	$l/d = 0.67$	162
4-166	$l/d = 1.00$	163
(4-167) ถึง (4-193) Resonance performance (Circular Duct)		
4-71	$l/d = 0.5 R_f/Z_0 = 7.62 \times 10^{-3} fr_0 = 1075$ Hz	164
4-72	$l/d = 0.5 R_f/Z_0 = 7.06 \times 10^{-3} fr_0 = 712.5$ Hz	165
4-73	$l/d = 0.5 R_f/Z_0 = 6.29 \times 10^{-3} fr_0 = 587.5$ Hz	166
4-74	$l/d = 0.5 R_f/Z_0 = 6.07 \times 10^{-3} fr_0 = 537.5$ Hz	167
4-75	$l/d = 0.5 R_f/Z_0 = 4.95 \times 10^{-3} fr_0 = 387.5$ Hz	168
4-76	$l/d = 0.5 R_f/Z_0 = 4.85 \times 10^{-3} fr_0 = 300$ Hz	169
4-77	$l/d = 0.5 R_f/Z_0 = 4.84 \times 10^{-3} fr_0 = 350$ Hz	170
4-78	$l/d = 0.5 R_f/Z_0 = 4.01 \times 10^{-3} fr_0 = 250$ Hz	171
4-79	$l/d = 0.5 R_f/Z_0 = 3.73 \times 10^{-3} fr_0 = 200$ Hz	172

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-80 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 8.49 \times 10^{-3} fr_o = 987.5 \text{ Hz}$	173
4-81 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 7.25 \times 10^{-3} fr_o = 700 \text{ Hz}$	174
4-82 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 7.44 \times 10^{-3} fr_o = 525 \text{ Hz}$	175
4-83 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 7.02 \times 10^{-3} fr_o = 487.5 \text{ Hz}$	176
4-84 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 5.48 \times 10^{-3} fr_o = 362.5 \text{ Hz}$	177
4-85 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 5.17 \times 10^{-3} fr_o = 287.5 \text{ Hz}$	178
4-86 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 5.74 \times 10^{-3} fr_o = 312.5 \text{ Hz}$	179
4-87 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 4.70 \times 10^{-3} fr_o = 225 \text{ Hz}$	180
4-88 $l/d = 0.67 R_f/Z_o = 4.12 \times 10^{-3} fr_o = 187.5 \text{ Hz}$	181
4-89 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 10.6 \times 10^{-3} fr_o = 862.5 \text{ Hz}$	182
4-90 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 9.43 \times 10^{-3} fr_o = 587.5 \text{ Hz}$	183
4-91 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 8.65 \times 10^{-3} fr_o = 475 \text{ Hz}$	184
4-92 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 7.92 \times 10^{-3} fr_o = 450 \text{ Hz}$	185
4-93 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 6.84 \times 10^{-3} fr_o = 312.5 \text{ Hz}$	186
4-94 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 6.37 \times 10^{-3} fr_o = 250 \text{ Hz}$	187
4-95 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 6.10 \times 10^{-3} fr_o = 300 \text{ Hz}$	188
4-96 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 5.12 \times 10^{-3} fr_o = 212.5 \text{ Hz}$	189
4-97 $l/d = 1.00 R_f/Z_o = 4.57 \times 10^{-3} fr_o = 175 \text{ Hz}$	190
5-1 Diagram for consideration	191

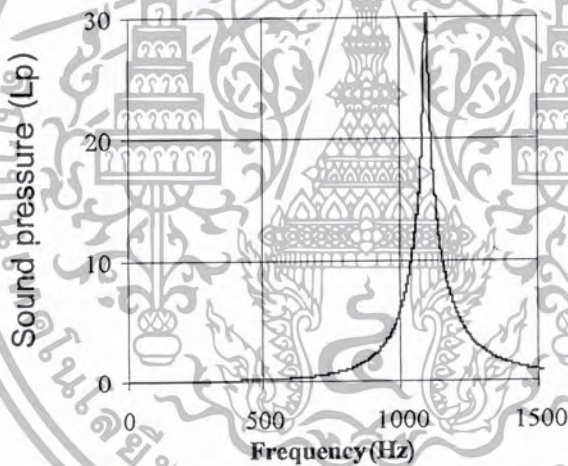
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มา และความสำคัญ

ในงานออกแบบท่อลม, ท่อไอเสียเครื่องยนต์แก๊สเทอร์ไบน์ ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ เสียงรบกวน (Noise) ซึ่งหมายถึง เสียงที่เราไม่ต้องการรับฟัง ผลของเสียงรบกวนทำให้เกิดความรำคาญ เสียสมาธิในการทำงานและถ้าได้ยินเป็นระยะเวลานานติดต่อกันจะทำให้สูญเสียการรับฟังไปในที่สุด

ในงานวิจัยฉบับนี้เสียงรบกวนที่พิจารณาคือ เสียงรบกวนชนิด Pure tones คือเสียงรบกวนที่ประกอบด้วยความถี่เพียงค่าเดียว อาจเกิดจากเครื่องจักรกลในส่วนที่มีการหมุน, การกระทบกัน หรือการไม่สมดุลของชิ้นส่วนเครื่องกลซึ่งจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนบริเวณพื้นผิว และเสียงจากการไหลเป็นช่วงๆของของเหลวหรือแก๊ส เช่นการไหลภายในท่อแคบๆ เสียงสูงต่ำนี้สามารถแยกแยะได้โดยการฟังหรือการใช้การวิเคราะห์ความถี่ (Frequency analysis) จากเครื่องวัดทั่วไปแสดงผล ดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 ลักษณะของเสียงรบกวนชนิด Pure tones

ในปริณูณานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ Helmholtz resonator เป็นอุปกรณ์ลดเสียง โดยติดตั้งกับผนังของท่อ โดย Resonator ทำหน้าที่เป็นกล่องเก็บพลังงานทำให้เกิดการลดเสียงก่อนที่เสียงจะเคลื่อนที่ไปยังปลายท่อ ค่า TL ของ Resonator จะถูกคำนวณและ ทดลอง จากนั้นทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของค่า TL สัมพันธ์กับค่ามัค (Mach number), มิติของท่อ, และมิติของ Resonator ในรูปแบบของกราฟ

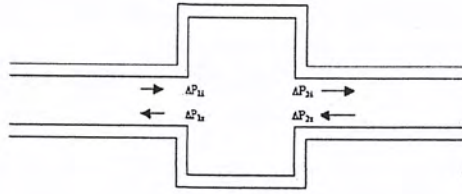
### 1.2 ชนิดของ Silencer

Silencer เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการลดเสียง ที่นิยมใช้อยู่ทั่วไปมี 3 ชนิดดังต่อไปนี้

#### 1.2.1 Resonator ชนิด Expansion chamber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

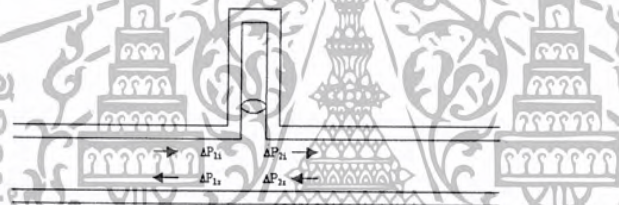
Expansion chamber เป็นอุปกรณ์ลดเสียงที่นิยมใช้ในรถยนต์ โดยเหมาะสมกับการลดเสียงรบกวนแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent noise) เสียงรบกวนชนิดนี้เกิดจากเครื่องจักรที่ทำงานเป็นรอบหรือคาบ



รูปที่ 1-2 Expansion chamber

### 1.2.2 Resonator ชนิด Side Branch

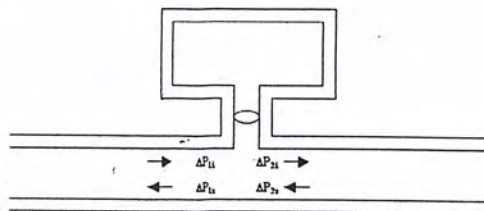
Side Branch Resonator เป็นอุปกรณ์ลดเสียงที่ใช้หลักการการเกิดคลื่นนิ่ง (Standing wave) ภายใน Resonator เพื่อลดเสียงรบกวนที่นำเข้ามาเสียง



รูปที่ 1-3 Side Branch resonator

### 1.2.3 Resonator ชนิด Helmholtz

Helmholtz resonator เป็นอุปกรณ์ลดเสียงที่พิจารณาในงานวิจัยชุดนี้ หลักการลดเสียงของ Resonator ชนิดนี้คือ Resonator ทำหน้าที่เสมือนกล่องเก็บพลังงาน โดยอากาศบริเวณคอ (Connector) ที่เชื่อมต่อระหว่างท่อนำเสียงกับ Resonator เปรียบเสมือนมวล (Mass) และอากาศภายในห้องกำซอร์ (Resonance Chamber) ที่ต้านการเคลื่อนที่ของมวลบริเวณคอเปรียบเสมือนสปริง



รูปที่ 1-4 Helmholtz resonator

### 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาพฤติกรรมลดเสียงของ Helmholtz resonator ในการลดเสียงบริเวณย่านความถี่ต่ำ (100 – 1200 Hz) โดยใช้ Resonator แบบทรงกระบอกนำมาลดเสียงภายในท่อพื้นที่หน้าตัดขวาง สี่เหลี่ยมจัตุรัส และวงกลมที่มีอากาศไหลผ่าน

1.3.2 เพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลอง กับ ทฤษฎี

### 1.4 วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยในโครงการนี้จะเริ่มต้นด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วยเรื่องหลักๆอยู่ 4 เรื่องด้วยกัน คือ ทฤษฎีเกี่ยวกับเสียงเบื้องต้น, ทฤษฎีการลดเสียง, คำแนะนำของ Davis ในการแก้ไขค่าความดันสะท้อนกลับด้านหน้าของ Resonator และ ทฤษฎีการวัดอัตราการไหล ซึ่งมีรายละเอียดดังในบทที่ 2.1 – 2.4 จากนั้นจะนำเสนอถึงอุปกรณ์การทดลอง และวิธีการทดลองในการศึกษาพฤติกรรมลดเสียงของ Helmholtz resonator ในบทที่ 3

พฤติกรรมของ Helmholtz resonator สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้โดยใช้กราฟ 4 ชนิดคือ Transmission Loss Characteristics, Open – end correction, Frequency Characteristics และ Resonance performance ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะถูกจัดให้มีความสัมพันธ์กันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งแสดงรายละเอียดอยู่ในบทที่ 4

ในบทที่ 5 ได้นำเสนอแบบจำลองในการลดเสียงของ Resonator เมื่อมีอากาศไหลภายในท่อ รวมถึงวิธีการออกแบบ Resonator สำหรับประยุกต์ใช้งานจริง

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

#### 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเสียงเบื้องต้น

##### 2.1.1 เสียงคืออะไร

เสียง (Sound) เป็นปรากฏการณ์ประเภทคลื่นซึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเกิดการรบกวนส่งผ่านไปยังตัวกลาง (Media) ที่มีความยืดหยุ่นซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้คือ อากาศ (Air) ผลของการรบกวนนั้นจะทำให้ความดันและการจัดของอนุภาคของตัวกลางนั้นเปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถตรวจจับได้โดยเครื่องมือวัด หรือมนุษย์

การเคลื่อนที่ของอนุภาคของอากาศซึ่งเกิดจากผลของการรบกวนของแหล่งกำเนิด จะมีพฤติกรรมคล้ายสปริง ซึ่งค่าสปริงจะมีค่าหลากหลายขึ้นอยู่กับชนิดของของไหลและชนิดของการอัด ซึ่งความดันที่เปลี่ยนไปที่เกิดในอากาศจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ปริมาตรที่เปลี่ยนไป จะมีความสัมพันธ์ตามสมการ

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

จากสมการ (1)  $\Delta p$  คือ ความดันที่เปลี่ยนไป,  $V$  คือ ปริมาตร,  $E$  คือ ค่า Bulk Modulus และ  $\rho$  คือ ความหนาแน่นของตัวกลาง

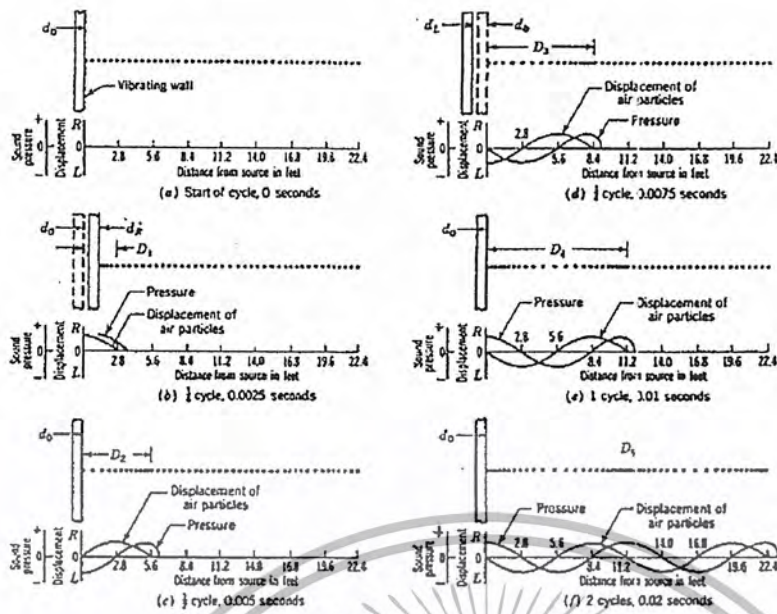
สำหรับกระบวนการอัดที่ทำให้เกิดเปลี่ยนแปลงปริมาตรอย่างช้าๆ การอัดจะเป็นแบบ Isothermal เพราะมีเวลาเพียงพอที่ความร้อนจากการอัดไหลไประบายที่ทางอื่น ซึ่งอุณหภูมิของอากาศจะมีค่าคงที่ แต่ถึเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มมากขึ้น เพราะอากาศที่หดตัว และขยายตัวไม่มีเวลาเพียงพอที่จะระบายความร้อนไปที่อื่น จะเรียกกระบวนการอัดแบบนี้ว่า Adiabatic อนุภาคอากาศจะมีความเร็วมากขึ้นอันเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ถ่ายเทไม่ทันซึ่งทำให้จำนวนการชนต่อวินาที และ โมเมนตัมเพิ่มมากขึ้นตามหลักของ Kinetics ที่กล่าวว่

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

จากสมการ (2)  $V$  คือ ความเร็วของอนุภาคและ  $T$  คือ อุณหภูมิในหน่วยของศาสม์บัวร์นในการศึกษาเรา กำหนดให้คลื่นเสียงเป็นการอัดตัวของอนุภาคอากาศแบบ Adiabatic

##### 2.1.2 Propagation of sound through gas

การแพร่กระจายของคลื่นเสียงในตัวกลางที่เป็นอากาศสามารถอธิบายได้ดังนี้



### รูปที่ 2-1 ความดัน และการขจัดในคลื่นเสียงมิติเดียว ที่เกิดจากกำแพงที่มีการสั่นแบบ Sinusoidal

จากรูปที่ 2-1a ถ้าเรามีกำแพงที่สั่นในรูปแบบฟังก์ชันของ Sine ในตัวกลางที่เป็นอากาศ อนุภาคที่อยู่ติดกับกำแพงจะถูกบีบอัดทำให้เกิดคลื่นที่จากจุดหยุดนิ่ง รูปที่ 2-1b แสดงกระบวนการอัดในช่วงแรก โดยจุดสีดำแสดงถึงอนุภาคของอากาศ อนุภาคของอากาศได้รับโมเมนตัมจากกำแพงจากนั้นจะเคลื่อนที่ไปชนกับอนุภาคที่อยู่ใกล้เคียงกันและเกิดการถ่ายเท โมเมนตัมเกิดขึ้น จากนั้นกระบวนการเช่นเดียวกันนี้จะดำเนินต่อไปเรื่อยๆ

เมื่อกำแพงเคลื่อนที่ถอยหลัง จะเกิดความเบาบางลงบริเวณด้านหน้าของกำแพง (ดังรูปที่ 2-1c และ 2-1d) ความเบาบางนี้จะทำให้อนุภาคของอากาศถูกเร่งให้เคลื่อนที่ถอยหลัง และหลังจากนั้นกระบวนการก็จะกลับมายังตำแหน่งเดิมหรือเกิดเป็นวัฏจักร และจะดำเนินต่อไปเรื่อยๆ

พิจารณาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของความดัน, การขจัดของอนุภาค และความเร็วของอนุภาค จะเห็นได้ว่า ณ จุดใดจุดหนึ่ง การขจัดสูงสุดของอนุภาค และความดันสูงสุดของอนุภาคจะไม่เกิดขึ้นที่จุดเดียวกันในคลื่นเสียง ณ จุดที่อนุภาคมีความดันสูงสุดการขจัดของอนุภาคจะมีค่าเป็นศูนย์ ขณะที่ถ้าการขจัดของอนุภาคมีค่าสูงสุด การเปลี่ยนแปลงความดันจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นความดัน และการขจัดของอนุภาคมีเฟสต่างกัน  $90^\circ$

ในทางคณิตศาสตร์ ความยาวคลื่นจะเท่ากับความเร็วของการแพร่หารด้วยความถี่ของการสั่น

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

จากสมการ (3)  $\lambda$  คือ ความยาวคลื่น  $V$  คือ ความเร็วของคลื่นเสียง และ  $f$  คือความถี่

สำหรับความเร็วเสียงในอากาศสามารถหาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับความเร็วเสียงในอากาศสามารถหาได้จากสมการ

$$c = \sqrt{kRT} = \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta \rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (4)$$

หรือ

$$c = 331 + 0.6T \quad (5)$$

จากสมการ (4) และ (5)  $k$  คือ ค่าความร้อนจำเพาะ  $P$  คือ ความดัน  $R$  คือ ค่าคงที่ของก๊าซ และ  $T$  คือ อุณหภูมิ ในหน่วยของศาสมัวร์

Mach Number คือค่าที่ใช้เปรียบเทียบความเร็วของอากาศ โดยเปรียบเทียบเป็นจำนวนเท่าของความเร็วเสียง

$$M = \frac{V}{c} \quad (6)$$

จากสมการ (6)  $V$  คือ ความเร็วของอากาศ และ  $c$  คือ ความเร็วเสียง

### 2.1.3 Wave Equation

สำหรับคลื่นมิติเดียว (Plane wave) ที่เคลื่อนที่ในระบบท่อ จะมีความสัมพันธ์ดังสมการ

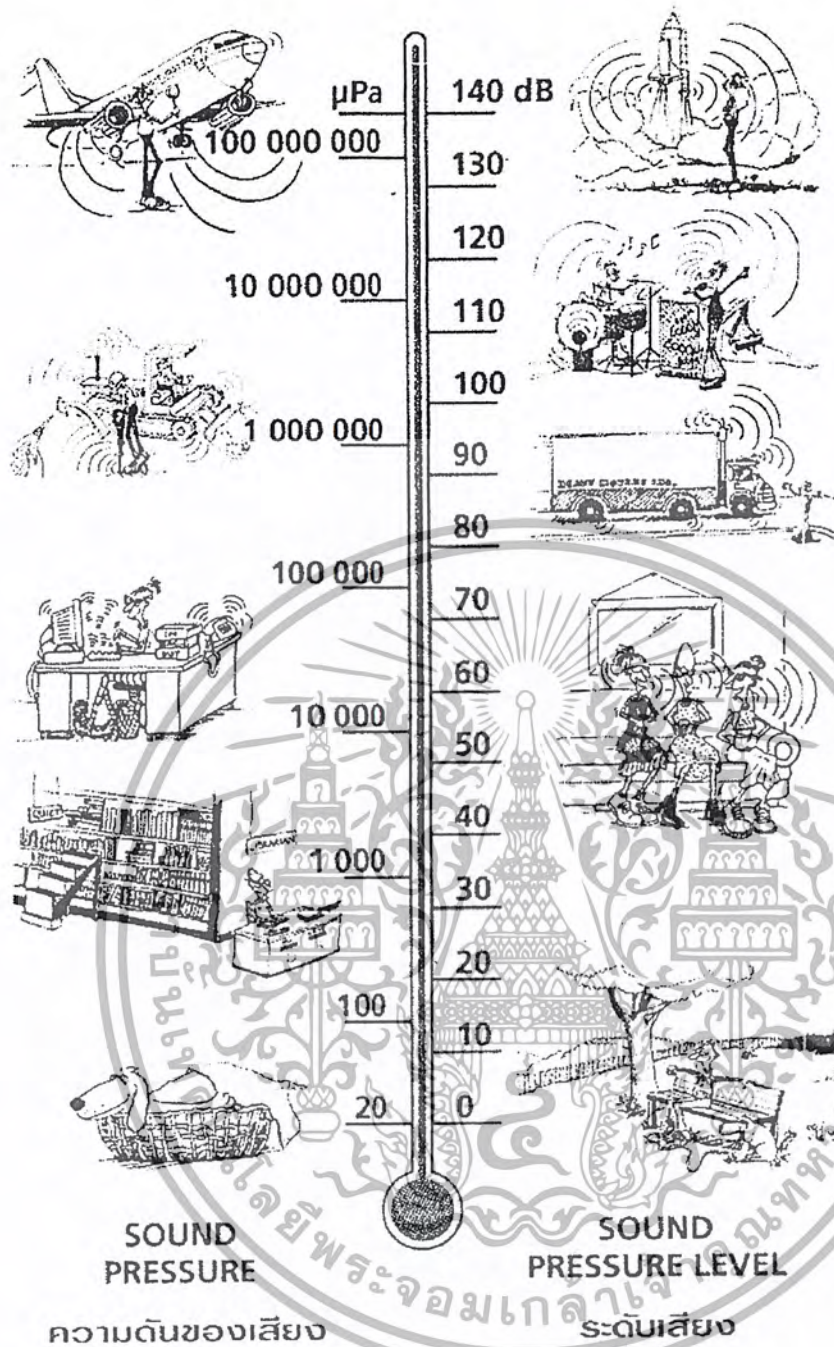
$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad (7)$$

จากสมการ (7)  $U$  คือการขจัดของอนุภาค  $t$  คือ เวลา  $c$  คือ อัตราเร็วของการแพร่ของคลื่นเสียง

## 2.2 ทฤษฎีการลดเสียง

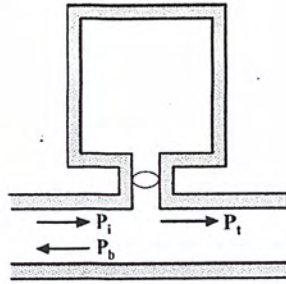
เสียงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดัน ย่านความดันเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินเสียงได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 20  $\mu\text{Pa}$  ถึง 100 Pa ที่ความดันเสียง 20  $\mu\text{Pa}$  คือระดับต่ำสุดของการได้ยิน ซึ่งค่านี้ได้มาจากค่าเฉลี่ยของความสามารถของการได้ยินของมนุษย์ และที่ความดันเสียงประมาณ 100 Pa เป็นเสียงที่ดังมากที่ทำให้เกิดความเจ็บปวด จึงเรียกว่า ระดับของความเจ็บปวด

จากการที่อัตราส่วนของค่าความดันเสียงของทั้ง 2 ระดับนี้มีค่ามากกว่ากันล้านเท่า การนำสเกลความดันเสียงในลักษณะเชิงเส้นไปใช้ในการวัดความดันเสียง จึงเป็นสเกลที่กว้างมากและไม่สะดวกในการใช้ ดังนั้นจึงเหมาะสมกว่าที่จะแสดงค่าตัวแปรทางเสียง ในลักษณะอัตราส่วนลอการิทึมของค่าที่ถูกวัดกับค่าอ้างอิง อัตราส่วนลอการิทึมมีหน่วยเป็น เดซิเบล (Decibel, dB) ประโยชน์ของการใช้ค่า dB จะเป็นการแปลงสเกลที่มีความกว้างมากกลายเป็นสเกลที่เริ่มจาก 0 dB (ที่ระดับต่ำสุดของการได้ยิน 20  $\mu\text{Pa}$ ) ถึง 130 dB (ที่ระดับสภาวะความเจ็บปวด 100 Pa) ดังแสดงดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 ความดันเสียง และระดับความดันเสียง

Silencer ที่ประกอบด้วย Helmholtz resonator แบบตัวเดียวที่ติดตั้งบนผนังของท่อกลมหรือท่อสี่เหลี่ยม และบริเวณปลายท่อเป็นห้องเก็บเสียงดังแสดงตามรูปที่ 2-3 Munjal ได้สร้าง Transfer matrix เพื่อเชื่อมความสัมพันธ์ของความดันเสียง และ อัตราการไหล ณ.หน้าตัดของท่อบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของ resonator [1]



รูปที่ 2-3 ความดันบริเวณด้านหน้า – หลังของ Resonator

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

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

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

$$X = \frac{2\pi \rho_o l_e}{S} - \frac{\rho_o c^2}{2\pi V} \quad (11)$$

$$Z_o = \frac{\rho_o c}{S_o} \quad (12)$$

จากสมการ (8) - (12)  $p_i$  และ  $p_b$  คือความดันกระทบ (Incident pressure) และความดันสะท้อนกลับด้านหน้า (Backward pressure) Resonator ตามลำดับ  $p_t$  คือความดันกระทบด้านหลัง (Transmitted pressure) ของ Resonator  $M$  คือค่า  $M$   $Z_r$  คือ Acoustic impedance ของ Resonator  $Z_o$  คือ Characteristic impedance ของท่อ  $R$  คือค่าความต้านทานของคอ  $X$  คือ Resonator reactance ซึ่งไม่พิจารณาในเทอมของความต้านทาน  $\mu$  คือค่าความหนืดและ  $\rho_o$  คือ ความหนาแน่นเฉลี่ยในตัวกลาง จากสมการ (8) แก้สมการหาค่า  $p_i/p_t$  จะได้ค่า Transmission Loss ดังแสดงตามสมการต่อไปนี้

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

แทนค่าสมการที่ (8) ลงสมการที่ (13) จะได้

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

$$\frac{R}{Z_o} = \frac{16}{c \left( \frac{d}{l_e} \right) \left( \frac{d}{D_o} \right)^2} \sqrt{\frac{\mu f}{\pi \rho_o}} \quad (15)$$

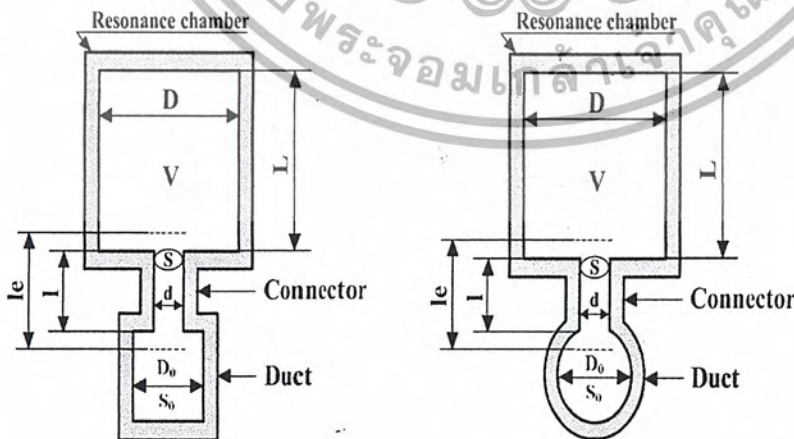
$$\frac{X}{Z_o} = S_o \left( \frac{f}{f_r} - \frac{f_r}{f} \right) \sqrt{\frac{l_e}{VS}} \quad (16)$$

ความถี่ที่เกิดการกำจร (Resonance frequency) สามารถหาได้จาก

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

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

จากสมการที่ (17) และ (18)  $l_e$  คือค่าความยาวประสิทธิผล (Effective Length) เนื่องจากเราไม่สามารถคำนวณหา Resonance frequency จาก  $l$  ได้โดยตรงเพราะจะเกิดความคลาดเคลื่อน จะต้องใช้ค่าความยาวประสิทธิผลในการคำนวณ และ  $\beta$  คือค่าแก้ไข (open end correction)



รูปที่ 2-4 รายละเอียด Helmholtz Resonator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

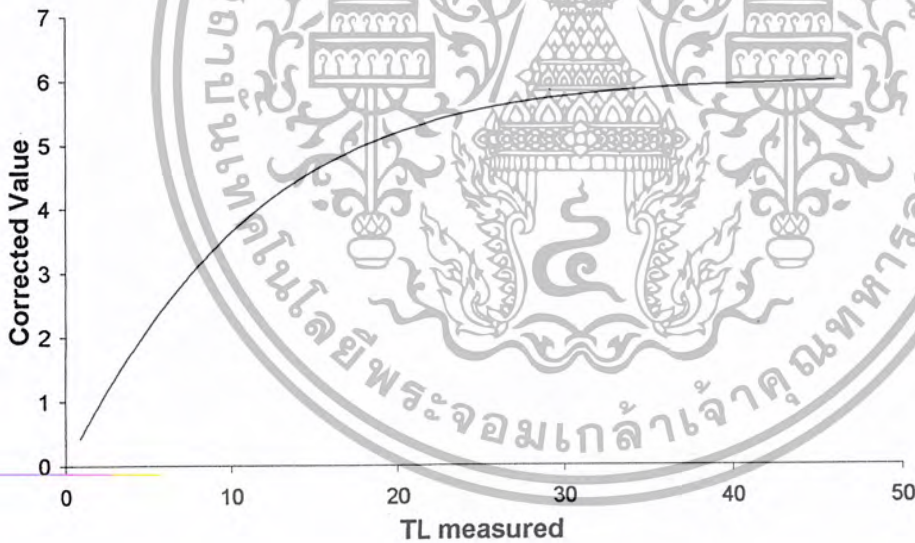
### 2.3 ค่าแนะนำของ Davis ในการแก้ไขค่าความดันสะท้อนกลับด้านหน้าของ Resonator

จากรูปที่ 2 - 3 ในการส่งผ่านคลื่นความดันผ่านท่อหน้าเสียงจะเกิด ความดันสะท้อนกลับด้านหน้า ( $p_b$ ) ขึ้น ค่าความดันสะท้อนกลับด้านหน้านี้มีผลทำให้ค่า TL มีค่าคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง Davis [2] ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขค่าความดันสะท้อนกลับด้านหน้าของ Resonator ไว้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 TL_{measured} &= TL_{corrected} + TL_{true} \\
 &= 20 \log \left( \frac{p_i + p_b}{p_i} \right) + 20 \log \left( \frac{p_i}{p_i} \right)
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

จากสมการ (19)  $TL_{measured}$  คือค่า TL ที่วัดได้จริงจากการทดลอง  $TL_{corrected}$  คือค่า TL แก้ไขที่อ่านได้จากเส้นกราฟของ Davis ดังรูปที่ 2 - 5  $TL_{true}$  คือค่า TL ที่ถูกต้องตามทฤษฎี  $p_i$  คือความดันส่งผ่านบริเวณด้านหน้า Resonator  $p_b$  คือความดันสะท้อนกลับด้านหน้า Resonator และ  $p_i$  คือความดันส่งผ่านด้านหลัง Resonator

ถ้ากำหนด  $m$  คือเปอร์เซ็นต์การสะท้อนกลับของความดันเสียง จากนิยามของ  $m$  จะได้ว่า  $\frac{p_i}{p_b} = \frac{100}{m}$  แทนค่าลงสมการที่ (19) โดยเลือกแทนค่า  $m = 5\% - 99\%$  แล้ว Plot Graph จะได้ดังรูปที่ 2 - 5



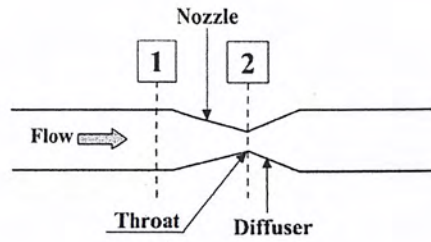
รูปที่ 2-5 ค่าแก้ไขความดันสะท้อนกลับด้านหน้า Resonator

ขั้นตอนการใช้เส้นกราฟของ Davis มีดังต่อไปนี้

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

## 2.4 ทฤษฎีการวัดอัตราการไหล

สำหรับอัตราการไหลภายในท่อนั้นในการวัดค่านั้นเราเลือกใช้ Venturi Flow Meter ในการวัดค่า โดยมีสมการการคำนวณต่อไปนี้



รูปที่ 2-6 ลักษณะของ Venturi

พิจารณาหน้าตัดที่ 1 และ 2 จากสมการ Bernoulli

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (20)$$

และสมการ Continuity

$$Q = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (21)$$

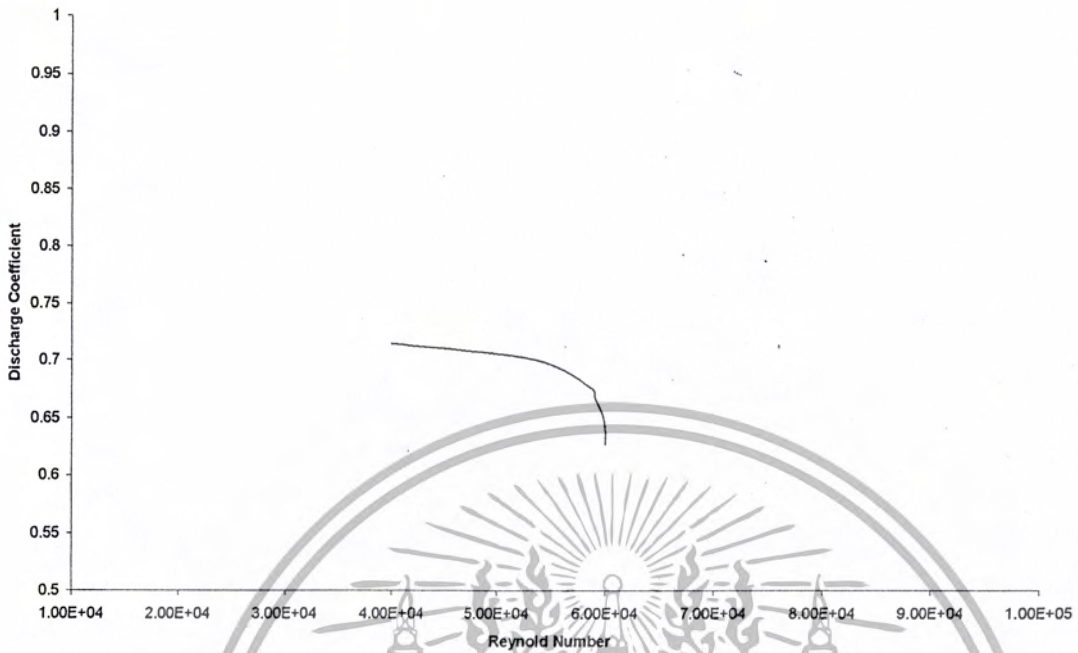
จะได้ความเร็วของอากาศภายในท่อ

$$V_{theory} = \sqrt{\frac{2g\Delta h\gamma_w}{\gamma_a(m^2 - 1)}} \quad (22)$$

จากสมการ (22)  $V$  คือความเร็วของอากาศภายในท่อ  $\Delta h$  คือผลต่างของระดับน้ำที่  $m$  ไมเตอร์ และ  $m$  คือพื้นที่หน้าตัดของท่อ/พื้นที่หน้าตัดของ Throat  
สัมประสิทธิ์การจ่าย  $C_D$  มีนิยามดังนี้

$$C_D = \frac{Q_{actual}}{Q_{theoretical}} \quad (23)$$

จากสมการ (23)  $Q_{actual}$  คืออัตราการไหลของอากาศที่เกิดขึ้นจริงภายในท่อ  $Q_{theoretical}$  คืออัตราการไหลของอากาศในท่อทางทฤษฎี และ  $C_D$  คือสัมประสิทธิ์การจ่ายของ Venturi ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ Venturi ที่มีสัมประสิทธิ์การจ่ายดังรูปที่ 2 – 7 ที่มาของกราฟนี้ดูได้จาก Venturi Calibration (Appendix B)

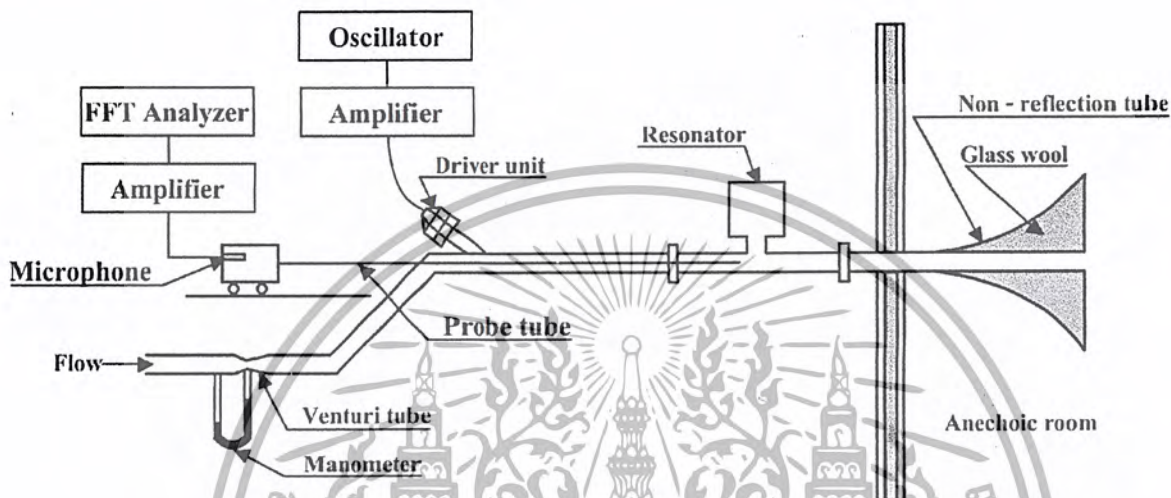


รูปที่ 2-7 สัมประสิทธิ์การจ่ายของ Venturi

### บทที่ 3

### อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

#### 3.1 อุปกรณ์สำหรับศึกษาพฤติกรรมของ Helmholtz resonator มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-1 ชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับศึกษาพฤติกรรมของ Resonator

3.1.1 FFT Analyzer (Fast Fourier Transform Analyzer) เป็นเครื่องมือวัดสำหรับแปลงสัญญาณความดันเปลี่ยนเป็นระดับความดัง ของเสียง (dB)

3.1.2 Microphone คือตัวจับสัญญาณ (Sensor) ซึ่งจะถูกขยายโดยใช้ Preamplifier ก่อนที่จะแปลงสัญญาณเป็นระดับความดังของเสียง

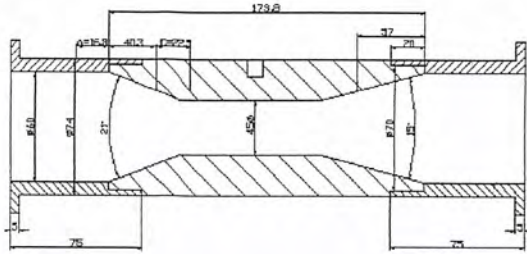
3.1.3 Probe Tube ทำหน้าที่เป็นท่อนำสัญญาณมายัง Microphone

3.1.4 Oscillator เป็นแหล่งกำเนิดเสียง โดยสามารถปรับระดับคลื่นความถี่ ได้ตามความเหมาะสมส่งผ่านต่อไปยัง Driver Unit สำหรับส่งผ่าน ไปยังท่อนำเสียงต่อไป

3.1.5 ท่อนำเสียง ท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 45.45 มิลลิเมตร ท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 51.3 มิลลิเมตร

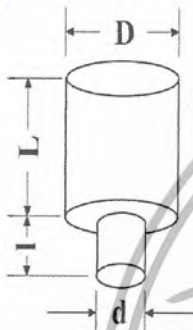
3.1.6 Blower ทำหน้าที่เป็นต้นกำเนิดการไหลของอากาศ

3.1.7 Venturi เป็นอุปกรณ์วัดการไหลของอากาศภายในท่อ Holeman [8] ได้แนะนำการออกแบบรายละเอียด Venturi ไว้ดังนี้



รูปที่ 3-2 มิติของ Venturi

3.1.8 Helmholtz Resonator อุปกรณ์ที่ใช้ในการลดเสียง ในปริญญาโทฉบับนี้มีกรณีศึกษาดังต่อไปนี้



d (m)	l (m)	D (m)	L (m)
0.03	0.015	0.051	0.03
0.03	0.020	0.097	0.06
0.03	0.030	0.149	0.09

รูปที่ 3-3 Case Study

เพราะฉะนั้น

1. ในกรณี Resonator ติดตั้งบนผนังทึบกลมจะได้ตัวแปร เริ่มอยู่ในช่วงดังนี้  $d/D_0 = 0.59$ ,  $l/d = 0.5 - 1.0$  และ  $d/D = 0.20 - 0.59$
2. ในกรณี Resonator ติดตั้งบนผนังทึบสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะได้ตัวแปร เริ่มอยู่ในช่วงดังนี้  $d/D_0 = 0.66$ ,  $l/d = 0.5 - 1.0$  และ  $d/D = 0.20 - 0.59$

### 3.2 วิธีการทดลองเพื่อศึกษาหาพฤติกรรมของ Helmholtz resonator

3.2.1 ติดตั้ง Resonator เข้ากับผนังท่อ จากนั้นทำการ สอบเทียบ ไมโครโฟน และ FFT Analyzer โดยใช้อุปกรณ์กำเนิดเสียงที่ทราบค่าแน่นอนซึ่งก็คือ Calibrator

3.2.2 ปรับ Oscillator ให้ได้ค่าความถี่ 100 Hz

3.2.3 เลื่อน Probe Tube ที่ยึดอยู่กับถ้อยซึ่งเคลื่อนที่ไปตามแนวระนาบ เพื่อหาตำแหน่งที่มีระดับความเข้มเสียงมากที่สุด โดยวัดทั้งด้านหน้า Resonator และด้านหลัง Resonator ค่า TL คือผลต่างของระดับความเข้มเสียงที่มากที่สุดบริเวณด้านหน้า Resonator กับ ระดับความเข้มเสียงที่มากที่สุดบริเวณด้านหลังของ Resonator

3.2.4 ค่า TL ที่ได้นั้นจะนำมาลบค่าแก้ไข โดยใช้ค่าตามคำแนะนำของ Davis ดังรูปที่ 2 – 5

3.2.5 ทำการทดลองซ้ำข้อ 3.2.2 – 3.2.3 โดยปรับความถี่ของ Oscillator ไปเรื่อยๆ ในย่านความถี่ที่เราศึกษาคือ 100 – 1200 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ในกรณีที่มืออากาศไหลภายในท่อให้เปิด Blower และจากสมการที่ (22) – (23) เพราะฉะนั้นต้องทำการปรับผลต่างของระดับน้ำในมาโนมิเตอร์ให้ได้ค่า 0.96, 3.8, 8.6 และ 11.75 cm เพื่อที่จะได้ค่าความเร็วของอากาศภายในท่อคือ 10, 20, 30 และ 35 m/s ตามลำดับ

3.2.7 จากนั้นทำการเปลี่ยนแบบ Resonator แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 3.2.2 - 3.2.6 ตามลำดับ Resonator หนึ่งตัวจะมีค่าความถี่ที่เหมาะสมอยู่หนึ่งค่าซึ่งเป็นค่าที่ทำให้เกิดการลดเสียงมากที่สุด



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

ในการศึกษาพฤติกรรมการลดเสียงของ Helmholtz resonator ที่ติดตั้งบนผนังท่อกลม และสี่เหลี่ยมจัตุรัสสามารถแสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการลดเสียง กับมิติของ Resonator และท่อได้ โดยใช้กราฟ 4 ชนิดด้วยกันดังนี้

1. Transmission Loss Characteristics แสดงถึงความสามารถในการลดเสียง และความถี่ที่เกิดประสิทธิภาพการลดเสียงสูงสุดหรือความถี่ที่เกิดการกำจร (Resonance frequency) ของ Resonator
2. Open - end correction แสดงถึงค่าแก้ไข ( $\beta$ ) สำหรับการออกแบบ Resonator โดยค่าแก้ไขนี้สามารถแสดงได้ 2 รูปแบบคือ Dimensionless Wavelength และ  $\beta$  ค่า Dimensionless Wavelength สามารถหาได้จาก

จากสมการ (17)

$$f_r = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V_e}}$$

จะได้

$$l_e = \frac{c^2 S}{4\pi^2 f_r^2 V}$$

$$= \frac{\lambda_r^2 d^2}{16\pi V}$$

(24)

จากสมการ (18)

$$l_e = l + \beta d$$

ดังนั้น

$$l_e = l + \Delta l$$

(25)

จะได้

$$\frac{l_e}{d} = \frac{l}{d} + \frac{\Delta l}{d} = \frac{l}{d} + \beta$$

(26)

เพราะฉะนั้น

$$\frac{l_e}{d} = \frac{\lambda_r^2 d}{16\pi V}$$

(27)

หรือสามารถเขียนในรูป

$$\frac{l_e}{d} = \frac{1}{16\pi \left( \frac{1}{\lambda_r} \sqrt{\frac{V}{d}} \right)^2}$$

(28)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราเรียกเทอม  $\left(\frac{1}{\lambda_r} \sqrt{\frac{V}{d}}\right)^2$  ว่า Dimensionless Wavelength ถ้าความเร็วเสียงในอากาศมีค่าคงที่ และค่านี้เป็นฟังก์ชันของคอ (l/d), ค่าแก้ไข  $\beta$ , ห้อยกำจร (L/D) และ รวมถึง d/Do และ d/D ค่า Dimensionless wavelength อ้างอิงมาจากการทดลองของ เทอดไท, Hotozuka และ Tsuchida [4,5,11]

3. Frequency characteristics แสดงถึงพฤติกรรมของความถี่ที่เกิดการกำจรที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อภายในท่อมีอากาศไหลผ่าน กราฟชนิดนี้ใช้สำหรับเปลี่ยน Resonance frequency ในท่อที่มีอากาศไหลผ่าน ( $f_r$ ) ให้เป็น Resonance frequency ในท่อที่ไม่มีอากาศไหลผ่าน ( $f_0$ ) ทั้งนี้เพราะ สมการ (17) ที่ใช้ในการออกแบบ Resonator ใช้สำหรับ Model ที่ไม่มีอากาศไหลภายในท่อ
4. Resonance performance แสดงถึงประสิทธิภาพในการลดเสียงของ Resonator เมื่อนำมาลดเสียงภายในท่อที่มีอากาศไหลผ่าน กราฟชนิดนี้ใช้สำหรับตรวจสอบว่า Resonator ที่ออกแบบนั้นมี ความเหมาะสมเพียงใดในการประยุกต์ใช้งาน

หมายเหตุ

กราฟ Transmissions Loss characteristics นั้น ได้แสดงผลออกมา 2 รูปแบบด้วยกันคือ

1. แสดงผลแยกตามอากาศที่ไหลภายในท่อที่ความเร็วต่างๆ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของทฤษฎี และทางปฏิบัติ
2. แสดงผลโดยรวม เพื่อพิจารณาแนวโน้มของค่า TL และ ความถี่ที่เกิดการกำจร

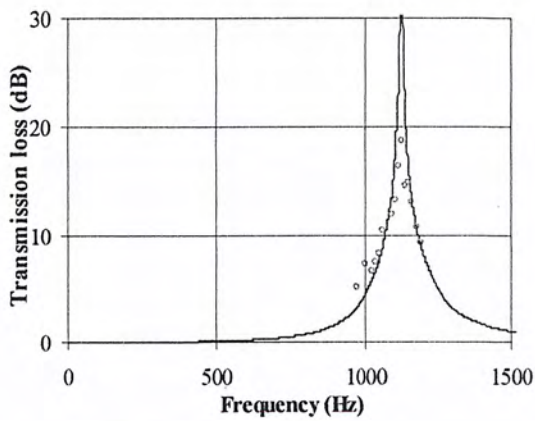
4.1 พหุคูณเรโซแนนซ์ Resonator แบบมีเงื่อนไขพิเศษ

Res. Ks	C (m/s)	U (m/s)	M	Dh (m)	m	So (m <sup>2</sup> )	Do (m)	d (m)	S (m <sup>2</sup> )	l (m)	d/Do	l/d	D (m)	L (m)	d/D	L/D	V (10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> )	fr (Hz)	fr/fr0	$\lambda_s$ (m)	$\frac{1}{\lambda_s} \sqrt{\frac{V}{d}}$	le (m)	$\Delta l$ (m)	le/d	$\Delta l/d, \beta$	$\frac{\Delta l/D_s}{\beta l/D_s}$	$\frac{1}{S_s} \sqrt{\frac{R_s}{L_s}}$	$\frac{[R/Z_s]}{10^{-3}}$	[TL]rc	[TL]ym	$\Delta [Z]$	
KMITL 03																																
1	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1125.0	1.000	0.308	0.1478	0.0273	0.0123	0.911	0.411	0.271	0.611	5.8051	35.794	18.77	-17.024	
2	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1125.0	1.000	0.308	0.1478	0.0273	0.0123	0.911	0.411	0.271	0.611	5.8051	18.518	16.07	-2.450	
3	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1112.5	0.989	0.311	0.1461	0.0280	0.0130	0.832	0.432	0.285	0.604	5.9032	13.266	16.00	2.474	
4	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1150.0	1.022	0.301	0.1511	0.0262	0.0112	0.872	0.372	0.245	0.625	5.6169	10.792	14.74	3.948	
5	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1180.0	1.022	0.301	0.1511	0.0262	0.0112	0.872	0.372	0.245	0.625	5.6169	9.813	10.06	0.247	
6	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	750.0	1.000	0.461	0.1393	0.0308	0.0158	1.025	0.525	0.346	0.815	5.3324	36.523	16.88	-19.643	
7	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	750.0	1.000	0.461	0.1393	0.0308	0.0158	1.025	0.525	0.346	0.815	5.3324	18.580	16.60	-1.981	
8	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	762.5	1.017	0.454	0.1417	0.0298	0.0148	0.992	0.482	0.324	0.829	5.2018	13.567	5.11	-8.457	
9	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	762.5	1.017	0.454	0.1417	0.0298	0.0148	0.992	0.482	0.324	0.829	5.2018	10.807	15.59	4.783	
10	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	775.0	1.033	0.446	0.1440	0.0288	0.0138	0.960	0.460	0.303	0.842	5.0764	9.828	12.36	2.532	
11	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	612.5	1.000	0.565	0.1394	0.0307	0.0157	1.025	0.525	0.346	0.998	4.8168	37.398	21.04	-16.358	
12	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	612.5	1.000	0.565	0.1394	0.0307	0.0157	1.025	0.525	0.346	0.998	4.8168	18.647	19.93	1.283	
13	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	612.5	1.000	0.565	0.1394	0.0307	0.0157	1.025	0.525	0.346	0.998	4.8168	13.690	16.98	3.385	
14	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	625.0	1.020	0.554	0.1422	0.0295	0.0145	0.984	0.484	0.319	1.019	4.6730	10.825	12.91	2.085	
15	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	625.0	1.020	0.554	0.1422	0.0295	0.0145	0.984	0.484	0.319	1.019	4.6730	9.839	12.57	2.731	
16	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	587.5	1.000	0.589	0.1455	0.0282	0.0145	0.941	0.441	0.290	1.134	4.3292	38.316	27.25	-11.066	
17	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	587.5	1.000	0.589	0.1455	0.0282	0.0132	0.941	0.441	0.290	1.134	4.3292	18.712	20.81	-2.098	
18	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	600.0	1.021	0.577	0.1486	0.0271	0.0121	0.902	0.402	0.265	1.158	4.1947	13.626	14.29	0.664	
19	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	637.5	1.085	0.543	0.1579	0.0240	0.0090	0.799	0.299	0.197	1.231	3.8300	10.854	15.59	-4.736	
20	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	650.0	1.106	0.532	0.1610	0.0231	0.0080	0.768	0.268	0.177	1.255	3.7201	9.865	13.25	3.382	
21	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	425.0	1.000	0.814	0.1488	0.0270	0.0120	0.899	0.399	0.263	1.641	3.5181	40.104	20.37	-19.734	
22	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	437.5	1.029	0.791	0.1532	0.0254	0.0104	0.848	0.348	0.229	1.689	3.3684	18.838	20.82	1.982	
23	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	437.5	1.029	0.791	0.1532	0.0254	0.0104	0.848	0.348	0.229	1.689	3.3684	13.675	14.80	1.223	
24	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	450.0	1.059	0.769	0.1576	0.0240	0.0090	0.802	0.302	0.199	1.738	3.2290	10.875	12.71	1.835	
25	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	462.5	1.088	0.748	0.1620	0.0228	0.0078	0.759	0.259	0.171	1.786	3.0990	9.883	12.22	3.337	
26	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	325.0	1.000	1.065	0.1394	0.0307	0.0157	1.024	0.524	0.346	1.852	3.5073	40.131	20.39	-19.737	
27	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	337.5	1.038	1.025	0.1448	0.0285	0.0135	0.950	0.450	0.297	1.955	3.3143	18.846	18.24	-0.604	
28	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	337.5	1.038	1.025	0.1448	0.0285	0.0135	0.950	0.450	0.297	1.955	3.3143	13.678	14.65	0.968	
29	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	337.5	1.038	1.025	0.1448	0.0285	0.0135	0.950	0.450	0.297	1.955	3.3143	10.872	13.57	2.702	
30	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	350.0	1.077	0.989	0.1501	0.0265	0.0115	0.883	0.383	0.253	2.027	3.1383	9.882	12.57	2.688	
31	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.1493	0.080	0.201	0.201	0.52494	400.0	1.000	0.865	0.1528	0.0265	0.0105	0.851	0.351	0.232	1.841	3.2327	40.834	19.52	-21.314	
32	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.1493	0.080	0.201	0.201	0.52494	400.0	1.000	0.865	0.1528	0.0265	0.0105	0.851	0.351	0.232	1.841	3.2327	18.856	15.44	-3.416	
33	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.015	0.659	0.500	0.1493	0.080	0.201	0.201																

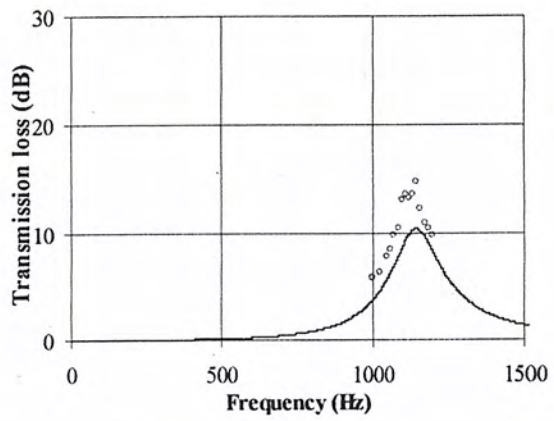
Res. Ks	C (m/s)	U (m/s)	M	Dh (m)	m	So (m <sup>2</sup> )	Do (m)	d (m)	S (m <sup>2</sup> )	l (m)	dDo	l/d	D (m)	L (m)	d/D	LD	V (10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> )	fr (Hz)	f/fro	$\lambda_c$ (m)	$\frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{l}{d}}$	le (m)	$\Delta l$ (m)	le/d	$\Delta l/d, \beta$	$\frac{\Delta l/D_s}{\beta \Delta l/D_s}$	$\frac{1}{S_c} \sqrt{\frac{l}{L}}$	$\frac{[R/Z_s]}{10^{-3}}$	[TL]rc	[TL]m	$\Delta [TL]$
56	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	550.0	1.000	0.629	0.1251	0.0381	0.0181	1.271	0.604	0.398	0.897	5.6608	36.010	19.87	-16.140
57	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	550.0	1.000	0.629	0.1251	0.0381	0.0181	1.271	0.604	0.398	0.897	5.6608	18.537	18.34	-2.907
58	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	550.0	1.000	0.615	0.1280	0.0365	0.0165	1.215	0.548	0.362	0.917	5.4731	13.551	16.46	-1.909
59	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	550.0	1.000	0.589	0.1337	0.0334	0.0134	1.114	0.447	0.295	0.958	5.1275	10.809	14.87	4.061
60	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	600.0	1.000	0.577	0.1365	0.0320	0.0120	1.088	0.401	0.265	0.978	4.9681	9.831	11.15	1.319
61	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	525.0	1.000	0.659	0.1300	0.0353	0.0153	1.178	0.511	0.337	1.014	5.1249	36.864	18.88	-17.984
62	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	525.0	1.000	0.659	0.1300	0.0353	0.0153	1.178	0.511	0.337	1.014	5.1249	18.807	17.38	-1.227
63	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	525.0	1.000	0.659	0.1300	0.0353	0.0153	1.178	0.511	0.337	1.014	5.1249	13.572	14.56	3.688
64	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	575.0	1.000	0.602	0.1424	0.0295	0.0095	0.982	0.315	0.208	1.110	4.4712	10.832	14.52	3.688
65	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	562.5	1.000	0.615	0.1393	0.0308	0.0108	1.026	0.359	0.237	1.086	4.6210	9.840	10.75	0.910
66	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	375.0	1.000	0.923	0.1313	0.0346	0.0146	1.154	0.488	0.321	1.448	4.2447	38.486	23.55	-14.936
67	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	375.0	1.000	0.923	0.1313	0.0346	0.0146	1.154	0.488	0.321	1.448	4.2447	18.723	19.61	0.887
68	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	387.5	1.000	0.893	0.1357	0.0324	0.0124	1.081	0.414	0.273	1.496	4.0410	13.635	15.62	1.985
69	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	362.5	1.000	0.954	0.1269	0.0371	0.0171	1.235	0.569	0.375	1.400	4.4661	10.832	15.61	4.778
70	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	387.5	1.000	0.893	0.1357	0.0324	0.0124	1.081	0.414	0.273	1.496	4.0410	9.857	15.79	5.933
71	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	300.0	1.000	1.153	0.1287	0.0361	0.0161	1.202	0.536	0.353	1.738	3.9548	39.095	24.88	-14.215
72	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	300.0	1.000	1.153	0.1287	0.0361	0.0161	1.202	0.536	0.353	1.738	3.9548	18.761	20.92	2.159
73	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	300.0	1.000	1.153	0.1287	0.0361	0.0161	1.202	0.536	0.353	1.738	3.9548	13.640	13.41	-2.230
74	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	300.0	1.000	1.153	0.1287	0.0361	0.0161	1.202	0.536	0.353	1.738	3.9548	10.850	15.33	4.480
75	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.0513	0.030	0.585	1.754	0.18593	325.0	1.000	1.065	0.1394	0.0307	0.0107	1.024	0.358	0.236	1.832	3.5073	9.871	13.08	3.209
76	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.62494	337.5	1.000	1.025	0.1290	0.0359	0.0159	1.196	0.529	0.349	1.553	4.1710	38.637	17.47	-21.167
77	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.62494	337.5	1.000	1.025	0.1290	0.0359	0.0159	1.196	0.529	0.349	1.553	4.1710	18.732	14.91	-3.822
78	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.62494	350.0	1.000	0.989	0.1338	0.0334	0.0134	1.112	0.445	0.293	1.611	3.9496	13.641	14.50	0.859
79	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.62494	337.5	1.000	1.025	0.1290	0.0359	0.0159	1.196	0.529	0.349	1.553	4.1710	10.842	18.98	8.138
80	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.62494	362.5	1.000	0.954	0.1386	0.0311	0.0111	1.036	0.370	0.244	1.668	3.7471	9.865	13.45	3.585
81	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	250.0	1.000	1.384	0.1352	0.0327	0.0127	1.089	0.423	0.279	2.301	3.2713	40.732	24.20	-16.532
82	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	250.0	1.000	1.384	0.1352	0.0327	0.0127	1.089	0.423	0.279	2.301	3.2713	18.851	19.71	0.859
83	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	250.0	1.000	1.384	0.1352	0.0327	0.0127	1.089	0.423	0.279	2.301	3.2713	13.680	14.82	1.140
84	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	250.0	1.000	1.384	0.1352	0.0327	0.0127	1.089	0.423	0.279	2.301	3.2713	10.874	15.81	4.936
85	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	275.0	1.100	1.258	0.1487	0.0270	0.0070	0.900	0.234	0.154	2.531	2.8355	9.890	14.59	4.700
86	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	200.0	1.000	1.730	0.1324	0.0340	0.0140	1.135	0.468	0.309	2.781	3.0478	41.342	24.26	-17.082
87	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	200.0	1.000	1.730	0.1324	0.0340	0.0140	1.135	0.468	0.309	2.781	3.0478	18.881	17.43	-1.451
88	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.020	0.659	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	200.0	1.000	1.730	0.1324	0.0340	0.0140	1.135	0.468	0.309	2.781	3.0478	13.6		

116	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	275.0	1.000	1.258	0.1179	0.0429	0.0129	1.431	0.431	0.284	1.593	4.5061	37.971	24.40	-13.571
117	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	275.0	1.000	1.258	0.1179	0.0429	0.0129	1.431	0.431	0.284	1.593	4.5061	18.688	18.81	0.122
118	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	275.0	1.000	1.258	0.1179	0.0429	0.0129	1.431	0.431	0.284	1.593	4.5061	13.608	14.11	0.502
119	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	262.5	0.955	1.318	0.1126	0.0471	0.0171	1.570	0.570	0.376	1.520	4.8318	10.820	14.58	3.760
120	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	300.0	1.091	1.153	0.1267	0.0361	0.0061	1.202	0.202	0.133	1.738	3.9548	9.859	15.59	5.731
121	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	300.0	1.000	1.153	0.1147	0.0454	0.0154	1.513	0.513	0.338	1.381	4.9771	37.116	15.32	-21.796
122	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	300.0	1.000	1.153	0.1147	0.0454	0.0154	1.513	0.513	0.338	1.381	4.9771	18.626	18.18	-0.446
123	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	300.0	1.000	1.153	0.1147	0.0454	0.0154	1.513	0.513	0.338	1.381	4.9771	13.580	14.39	0.810
124	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	287.5	0.958	1.203	0.1099	0.0494	0.0194	1.648	0.648	0.427	1.323	5.3052	10.803	15.59	4.787
125	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	325.0	1.083	1.065	0.1243	0.0387	0.0087	1.289	0.289	0.191	1.496	4.4140	9.846	15.43	5.584
126	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	200.0	1.000	1.730	0.1081	0.0511	0.0211	1.702	0.702	0.463	1.841	4.5717	37.847	19.67	-18.177
127	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	212.5	1.063	1.628	0.1149	0.0452	0.0152	1.508	0.508	0.335	1.956	4.1743	18.732	18.59	-0.142
128	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	225.0	1.125	1.538	0.1217	0.0403	0.0103	1.345	0.345	0.227	2.071	3.8314	13.647	12.05	-1.597
129	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	225.0	1.125	1.538	0.1217	0.0403	0.0103	1.345	0.345	0.227	2.071	3.8314	10.854	14.66	3.806
130	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	250.0	1.250	1.384	0.1352	0.0327	0.0027	1.089	0.089	0.059	2.301	3.2713	9.878	10.85	0.972
131	346.0	0	0	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	175.0	1.000	1.977	0.1159	0.0445	0.0145	1.482	0.482	0.318	2.416	3.7237	39.614	28.83	-10.784
132	346.0	10	0.0289	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	175.0	1.000	1.977	0.1159	0.0445	0.0145	1.482	0.482	0.318	2.416	3.7237	18.791	28.18	9.389
133	346.0	20	0.0578	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	187.5	1.071	1.845	0.1242	0.0387	0.0087	1.291	0.291	0.192	2.589	3.3576	13.675	14.48	0.805
134	346.0	30	0.08671	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	187.5	1.071	1.845	0.1242	0.0387	0.0087	1.291	0.291	0.192	2.589	3.3576	10.871	13.13	2.259
135	346.0	35	0.10116	0.0455	1	0.0021	0.0455	0.0300	0.00071	0.030	0.659	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	225.0	1.286	1.538	0.1490	0.0269	-0.0031	0.897	-0.103	-0.068	3.107	2.5542	8.898	12.76	2.862

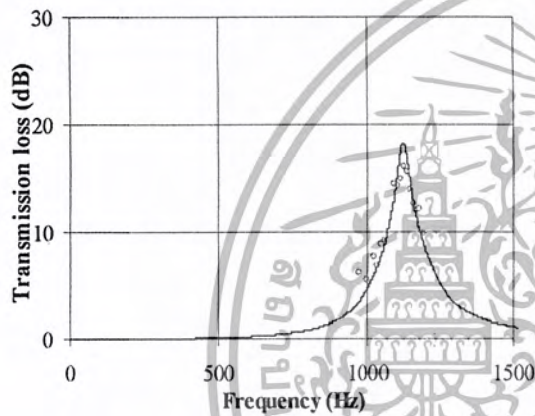




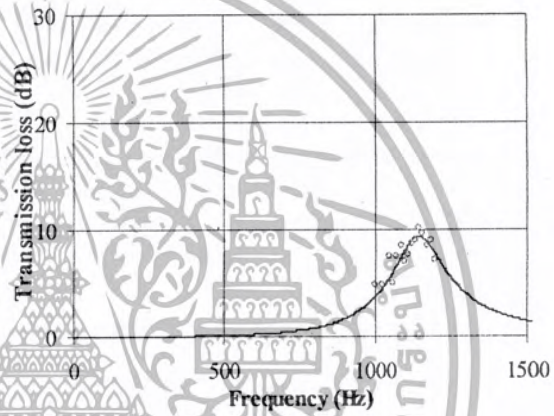
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 1125 \text{ Hz}$



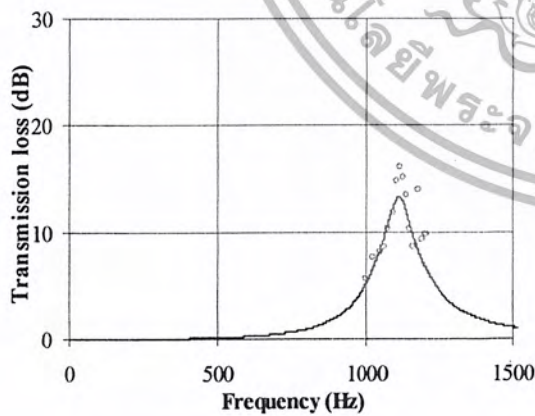
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 1150 \text{ Hz}$



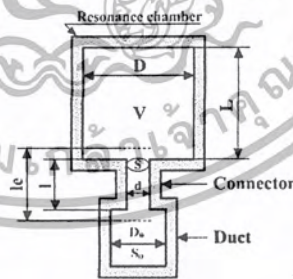
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 1125 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 1150 \text{ Hz}$



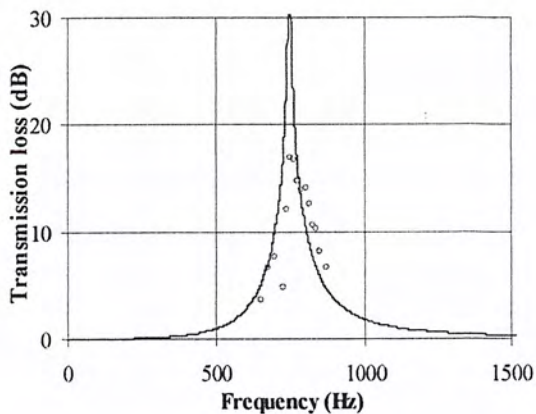
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 111.5 \text{ Hz}$



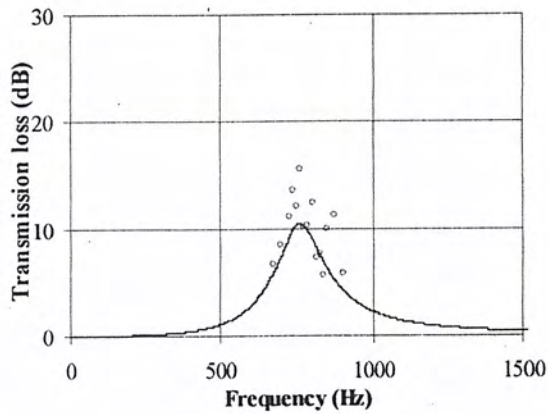
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.01500 \text{ m}$
- $D = 0.05130 \text{ m}$
- $L = 0.03000 \text{ m}$

รูปที่ 4-1 Transmission loss characteristics of square duct

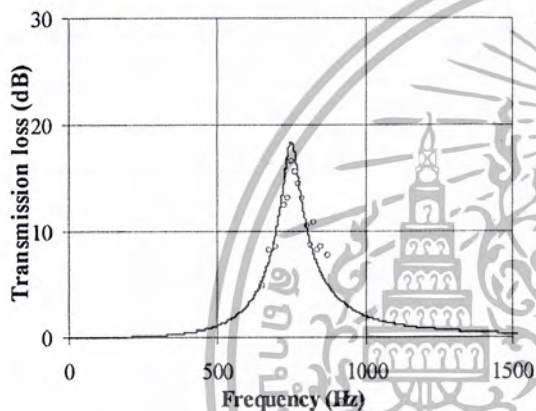
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



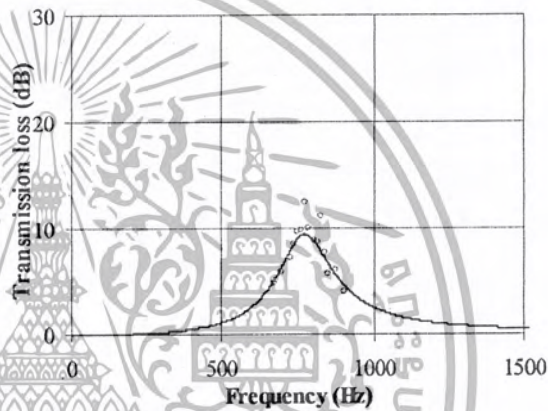
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 750 \text{ Hz}$



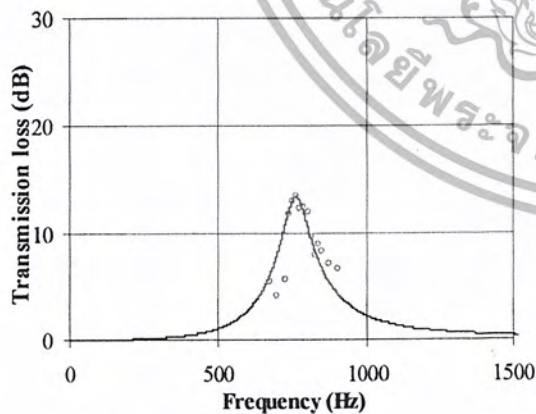
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 762.5 \text{ Hz}$



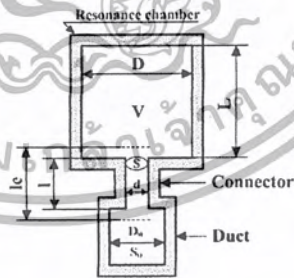
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 750 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 775 \text{ Hz}$



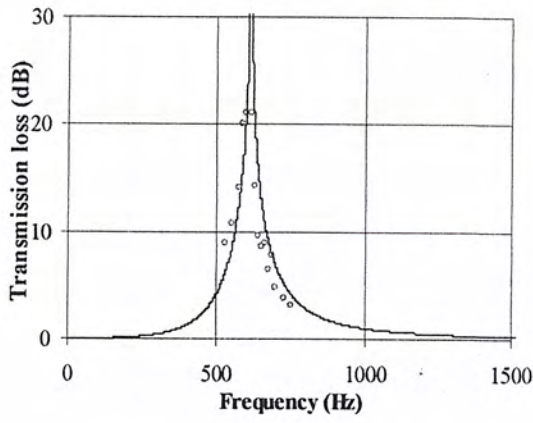
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 762.5 \text{ Hz}$



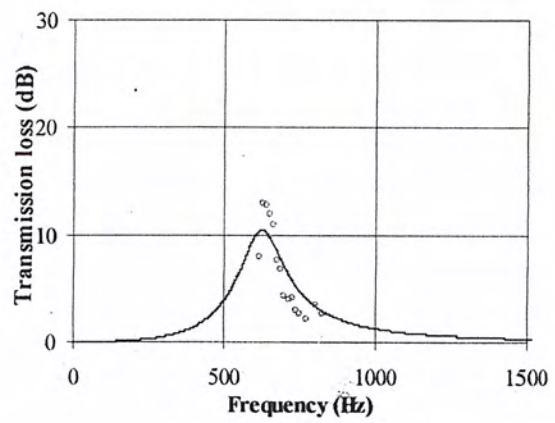
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.01500 \text{ m}$
- $D = 0.05130 \text{ m}$
- $L = 0.06000 \text{ m}$

รูปที่ 4-2 Transmission loss characteristics of square duct

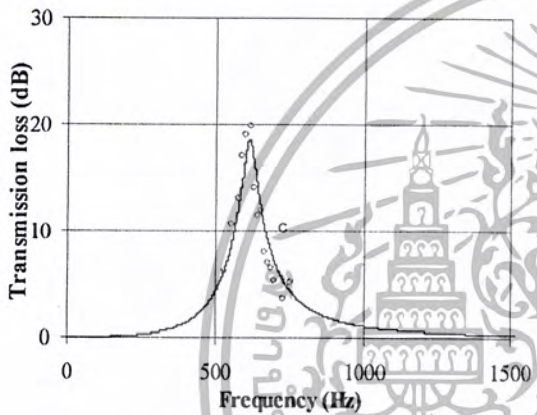
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



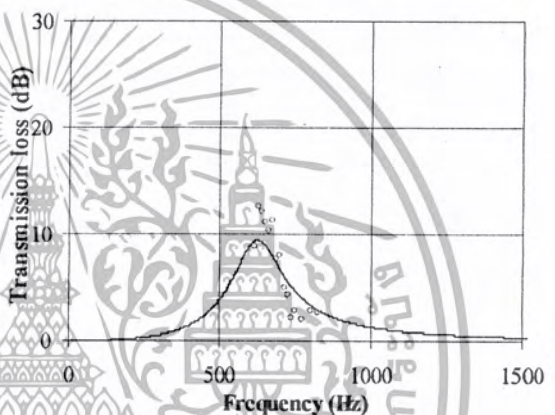
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 612.5 \text{ Hz}$



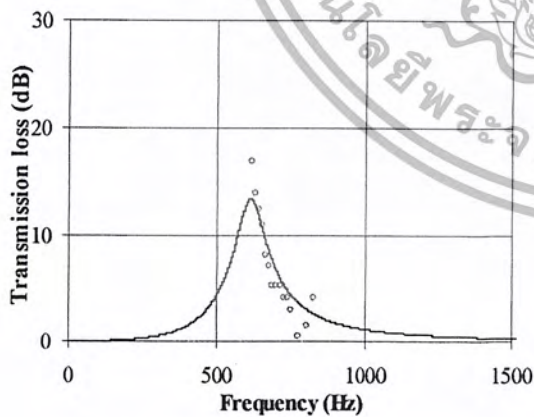
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 625 \text{ Hz}$



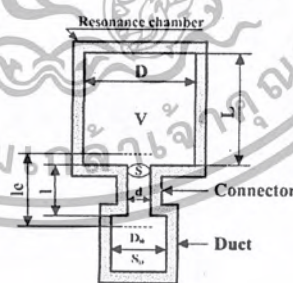
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 612.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 625 \text{ Hz}$



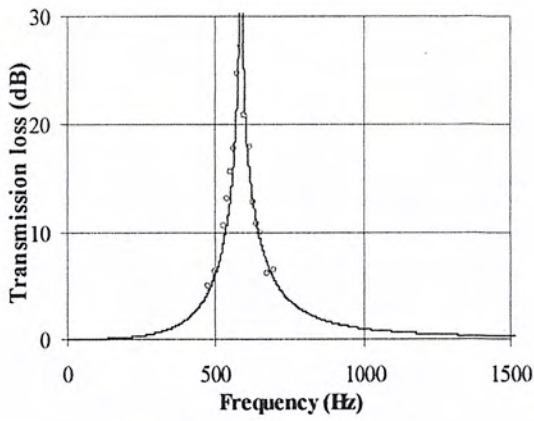
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 612.5 \text{ Hz}$



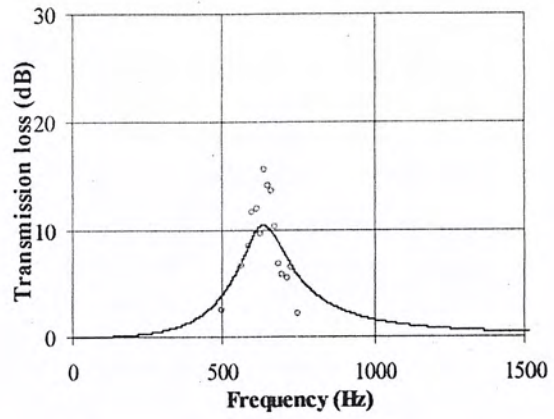
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.01500 \text{ m}$
- $D = 0.05130 \text{ m}$
- $L = 0.09000 \text{ m}$

รูปที่ 4-3 Transmission loss characteristics of square duct

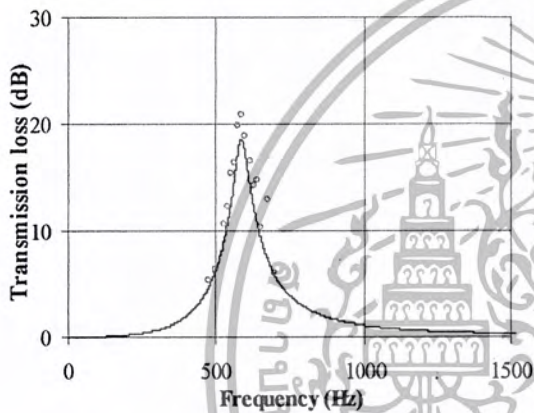
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



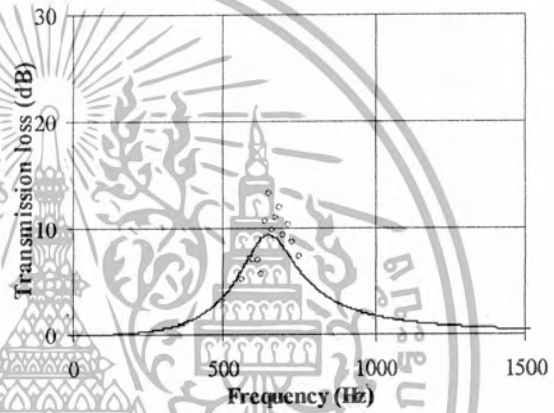
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 587.5 \text{ Hz}$



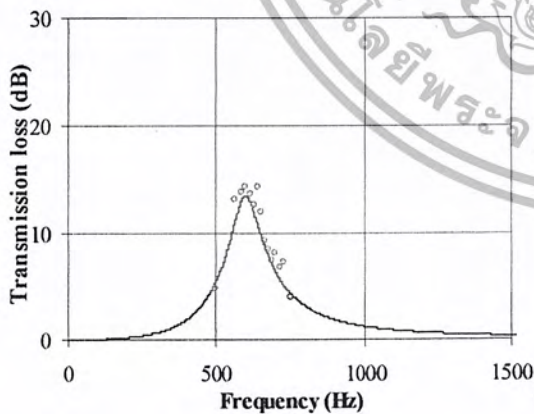
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 637.5 \text{ Hz}$



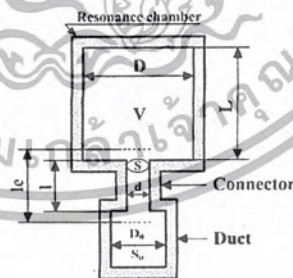
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 587.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 650 \text{ Hz}$



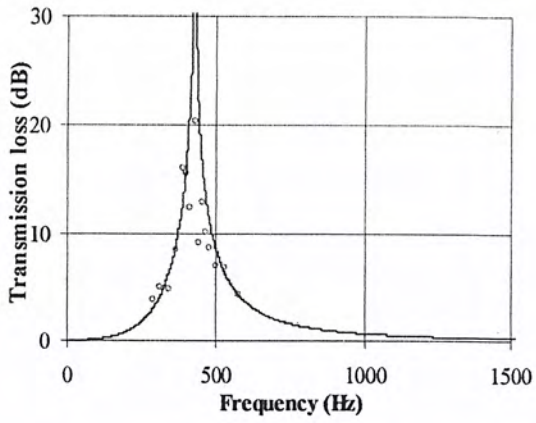
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 600 \text{ Hz}$



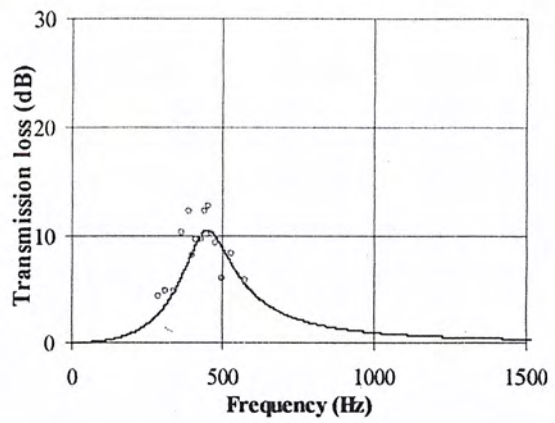
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.01500 \text{ m}$
- $D = 0.09670 \text{ m}$
- $L = 0.03000 \text{ m}$

รูปที่ 4-4 Transmission loss characteristics of square duct

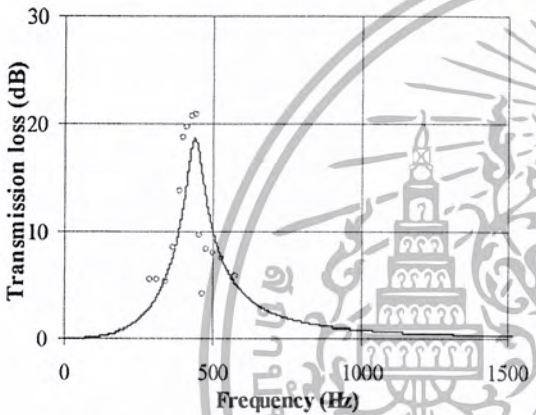
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



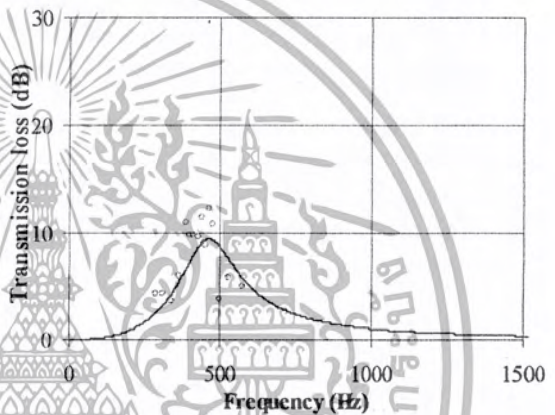
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 425 \text{ Hz}$



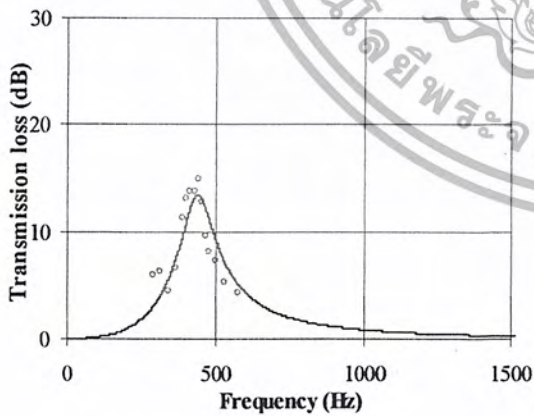
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 450 \text{ Hz}$



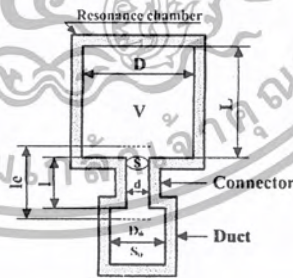
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 437.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 462.5 \text{ Hz}$



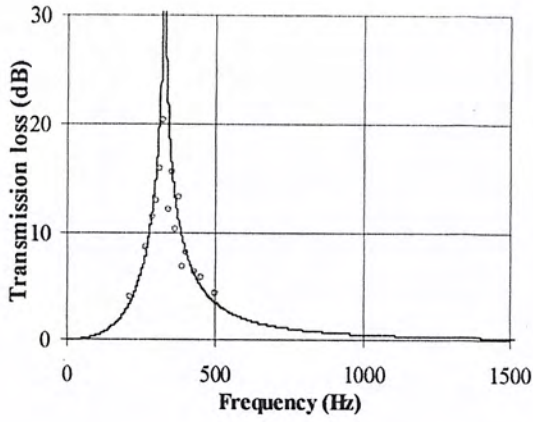
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 437.5 \text{ Hz}$



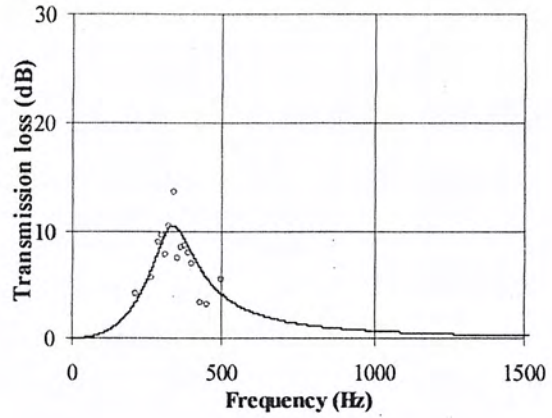
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.01500 \text{ m}$
- $D = 0.09670 \text{ m}$
- $L = 0.06000 \text{ m}$

รูปที่ 4-5 Transmission loss characteristics of square duct

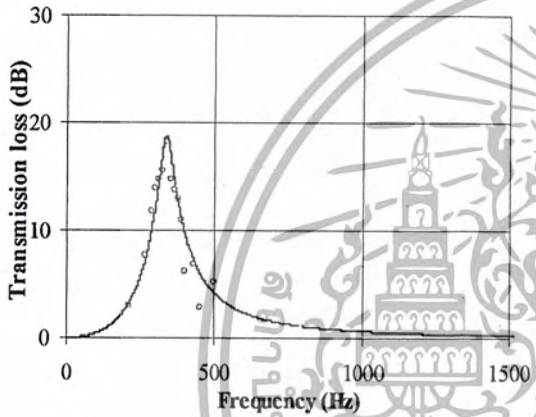
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



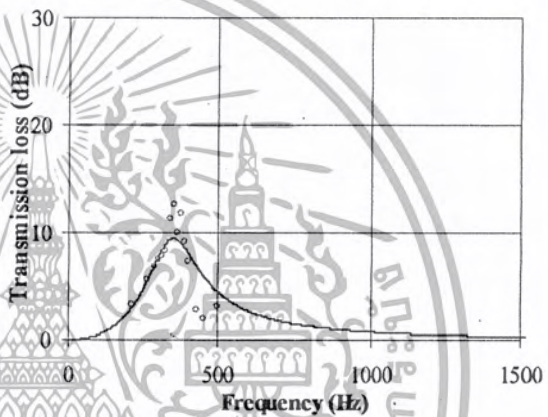
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 325 \text{ Hz}$



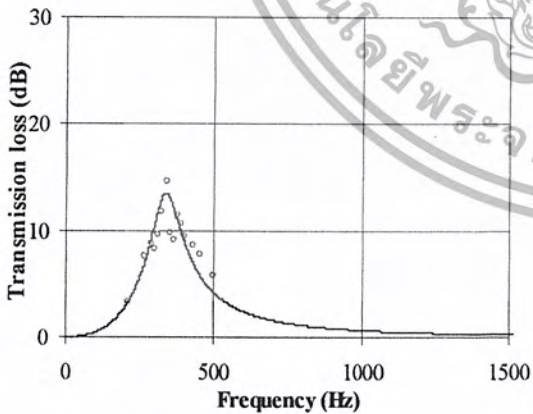
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 337.5 \text{ Hz}$



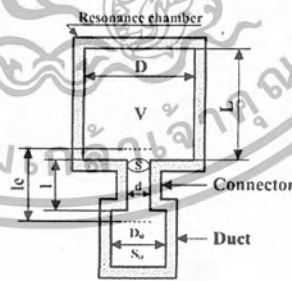
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 337.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



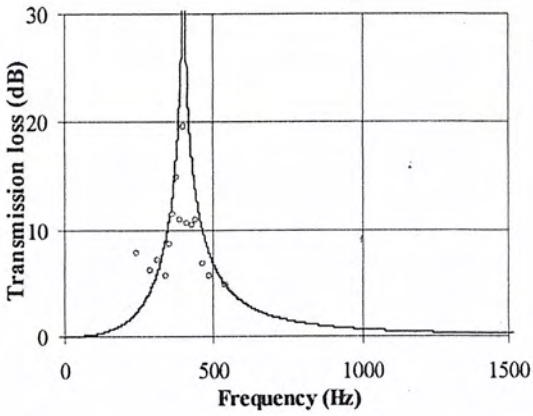
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 337.5 \text{ Hz}$



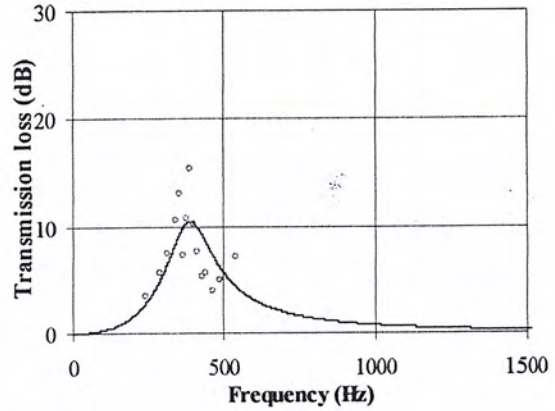
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.01500 \text{ m}$
- $D = 0.09670 \text{ m}$
- $L = 0.09000 \text{ m}$

รูปที่ 4-6 Transmission loss characteristics of square duct

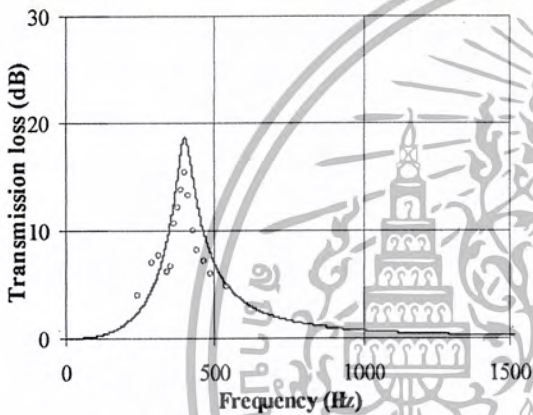
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



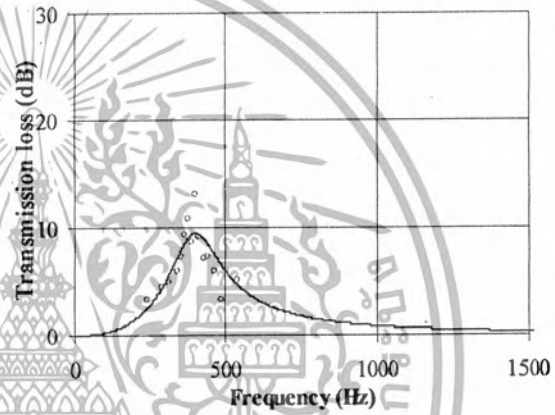
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 400 \text{ Hz}$



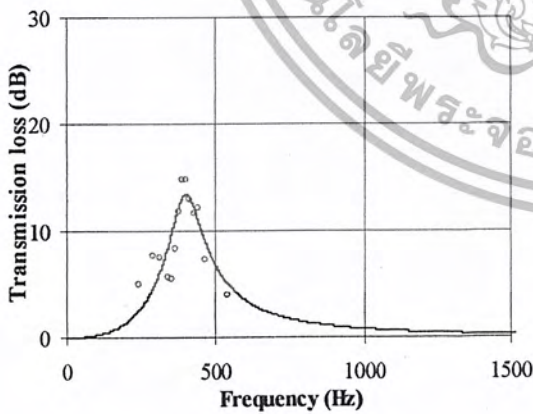
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 387.5 \text{ Hz}$



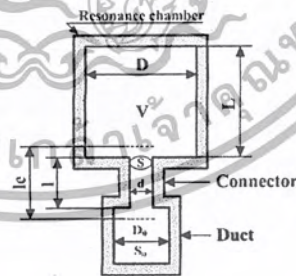
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 400 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 400 \text{ Hz}$



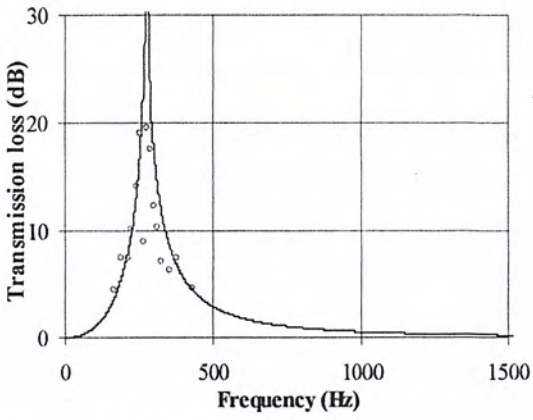
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 400 \text{ Hz}$



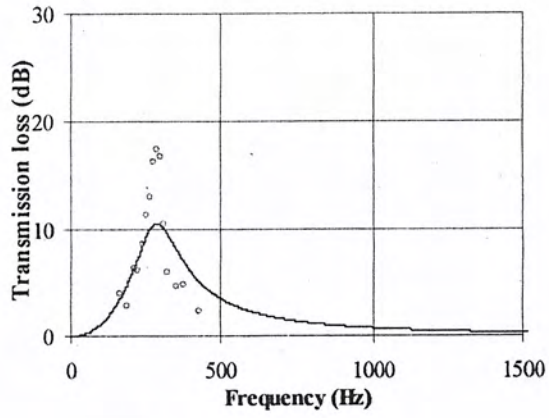
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.01500 \text{ m}$
- $D = 0.14930 \text{ m}$
- $L = 0.03000 \text{ m}$

รูปที่ 4-7 Transmission loss characteristics of square duct

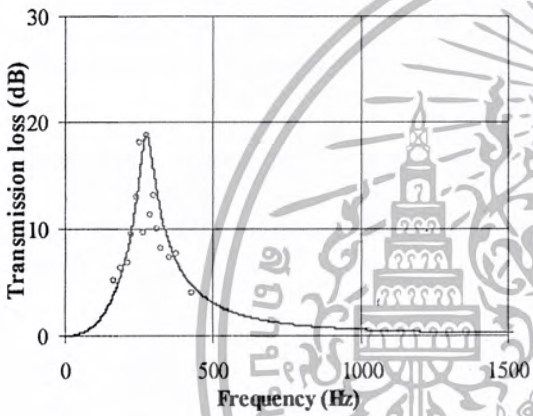
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



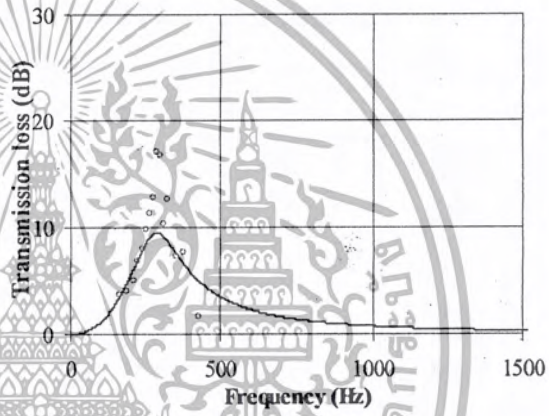
U = 0 m/s fr = 275 Hz



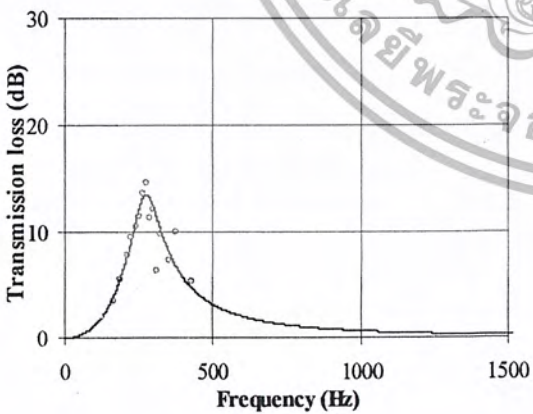
U = 30 m/s fr = 287.5 Hz



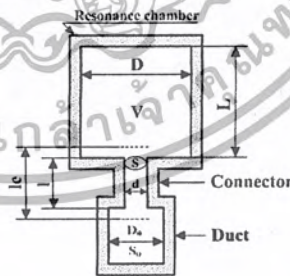
U = 10 m/s fr = 275 Hz



U = 35 m/s fr = 287.5 Hz



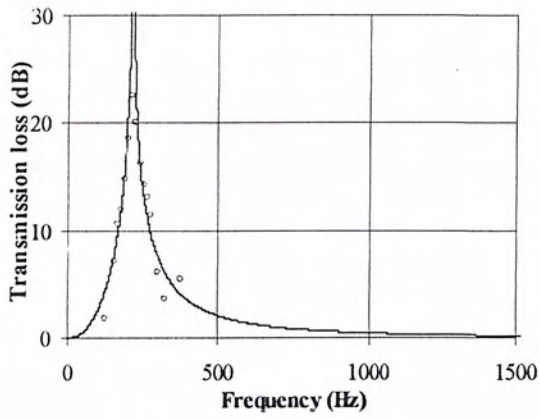
U = 20 m/s fr = 275 Hz



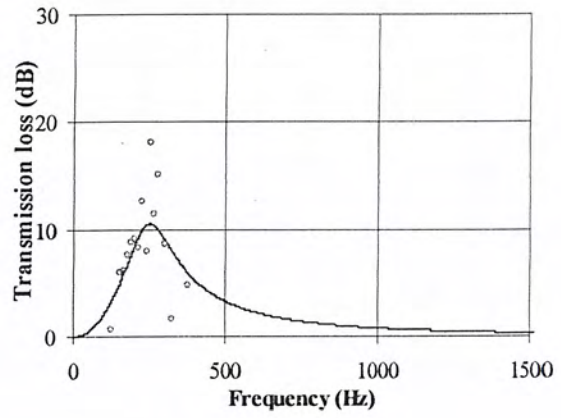
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.01500 \text{ m}$
- $D = 0.14930 \text{ m}$
- $L = 0.06000 \text{ m}$

รูปที่ 4- 8 Transmission loss characteristics of square duct

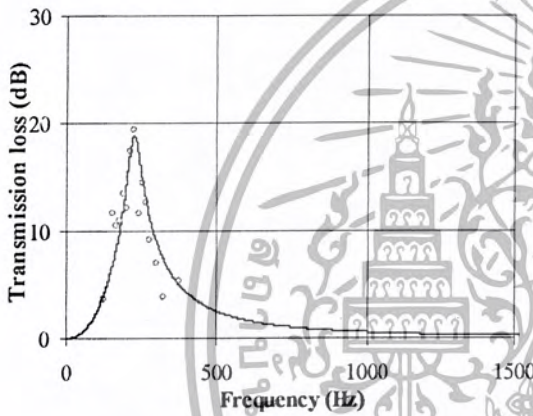
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



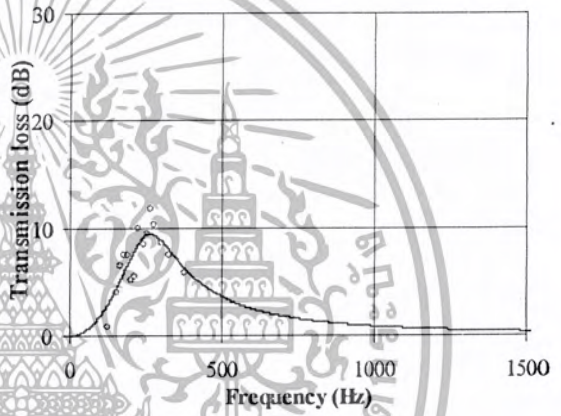
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 212.5 \text{ Hz}$



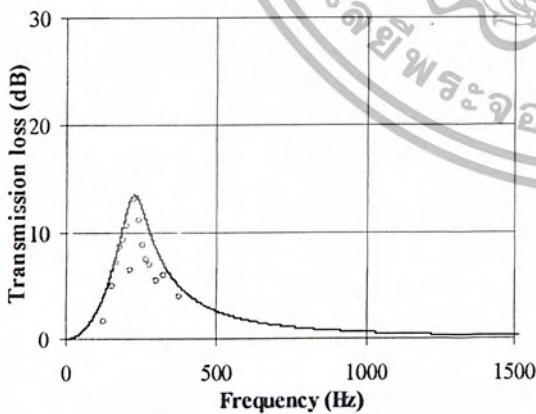
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 250 \text{ Hz}$



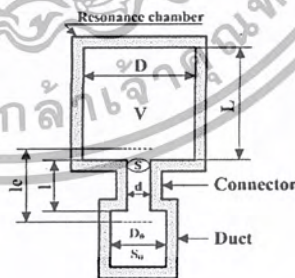
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 225 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 262.5 \text{ Hz}$



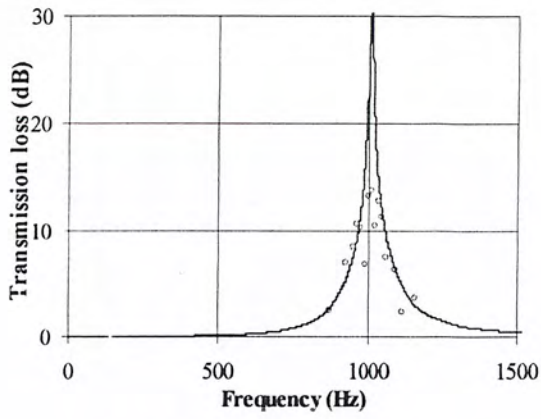
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 225 \text{ Hz}$



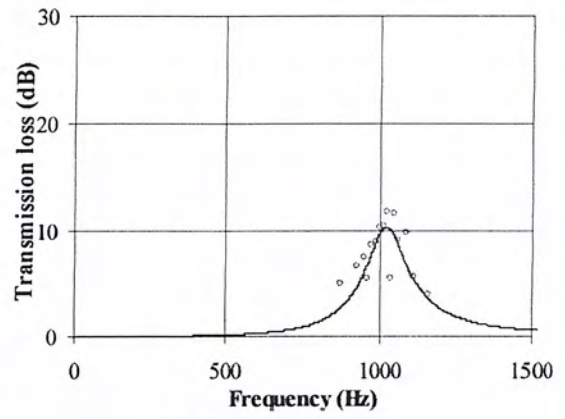
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.01500 \text{ m}$
- $D = 0.14930 \text{ m}$
- $L = 0.09000 \text{ m}$

รูปที่ 4-9 Transmission loss characteristics of square duct

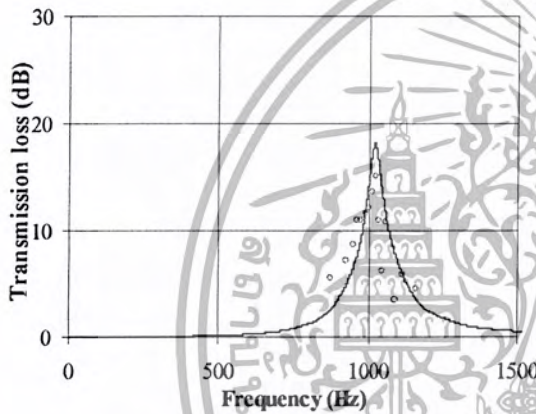
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



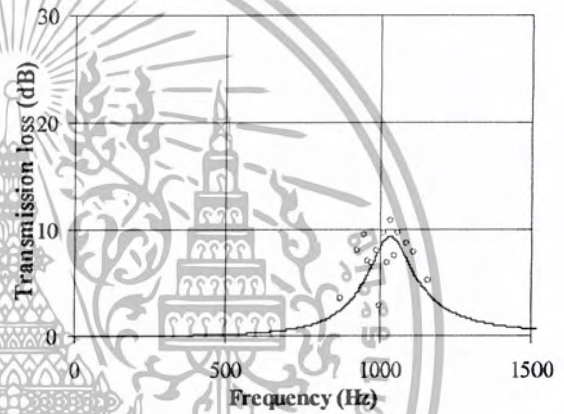
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 1012.5 \text{ Hz}$



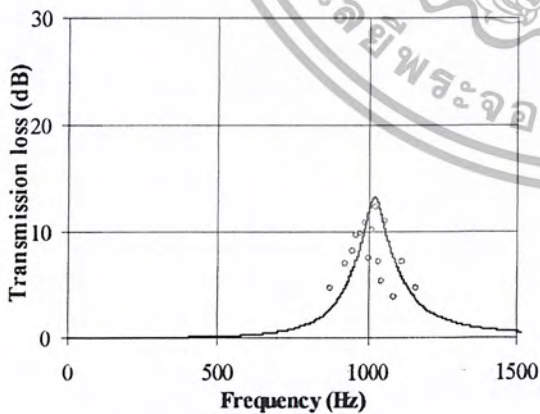
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 1025 \text{ Hz}$



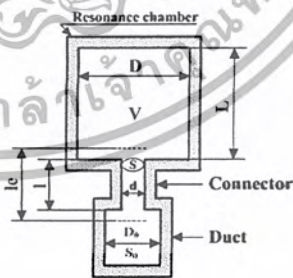
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 1025 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 1037.5 \text{ Hz}$



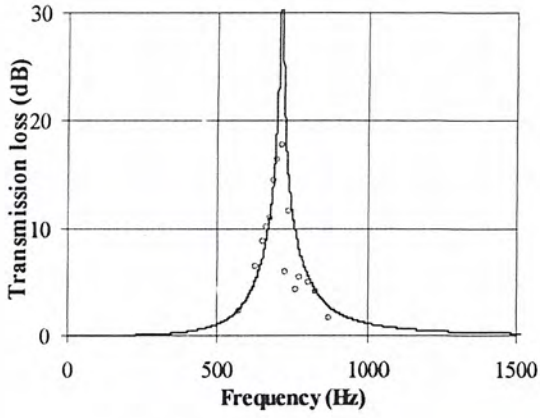
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 1025 \text{ Hz}$



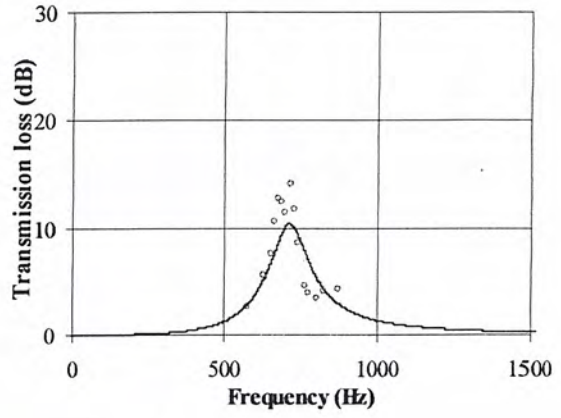
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.02000 \text{ m}$
- $D = 0.05130 \text{ m}$
- $L = 0.03000 \text{ m}$

รูปที่ 4-10 Transmission loss characteristics of square duct

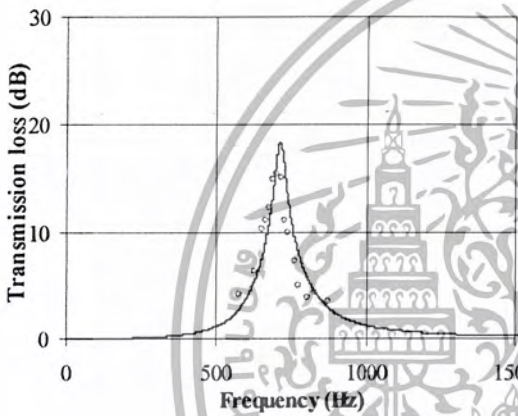
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



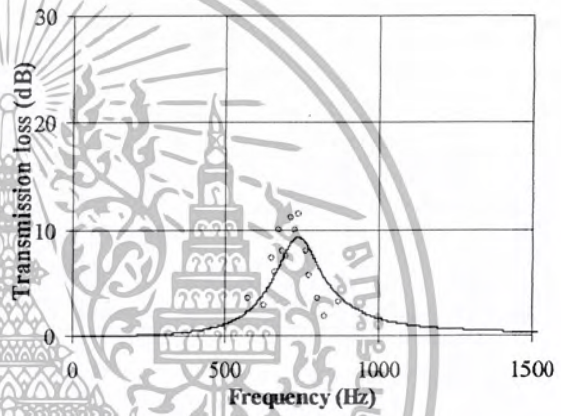
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 712.5 \text{ Hz}$



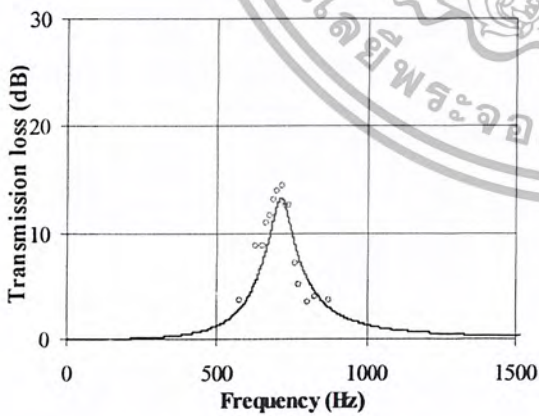
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 712.5 \text{ Hz}$



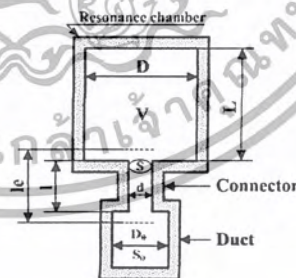
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 712.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 737.5 \text{ Hz}$



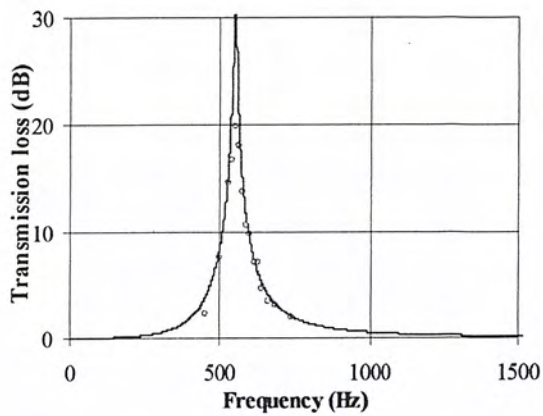
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 712.5 \text{ Hz}$



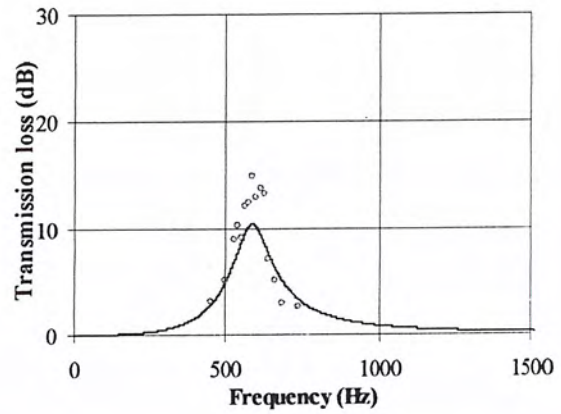
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.02000 \text{ m}$
- $D = 0.05130 \text{ m}$
- $L = 0.06000 \text{ m}$

รูปที่ 4-11 Transmission loss characteristics of square duct

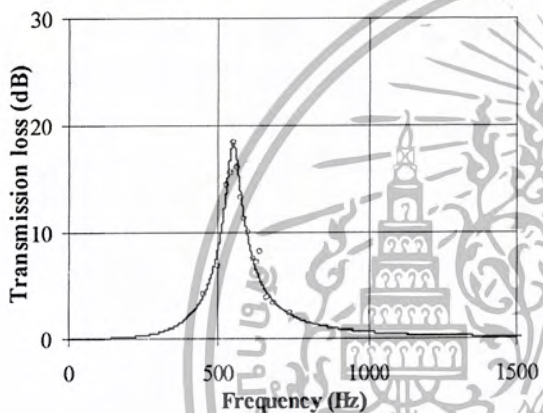
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



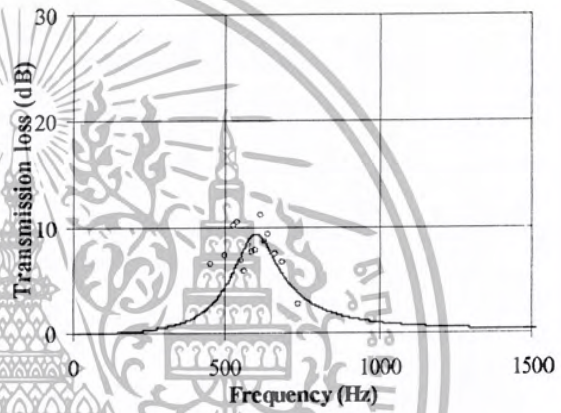
U = 0 m/s fr = 550 Hz



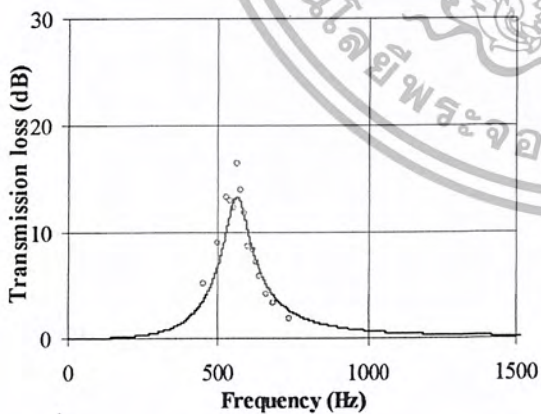
U = 30 m/s fr = 587.5 Hz



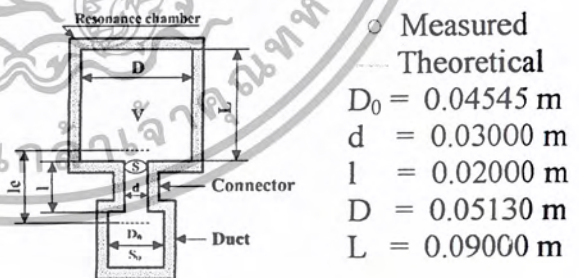
U = 10 m/s fr = 550 Hz



U = 0 m/s fr = 600 Hz

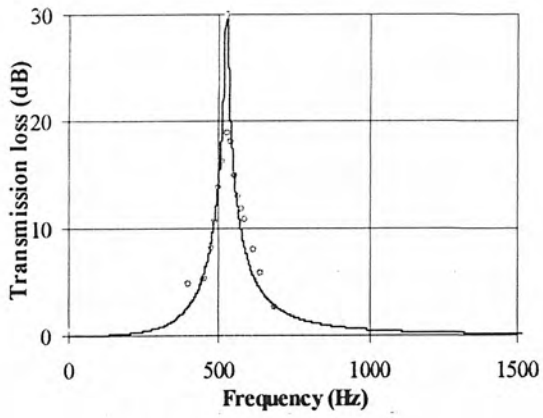


U = 20 m/s fr = 562.5 Hz

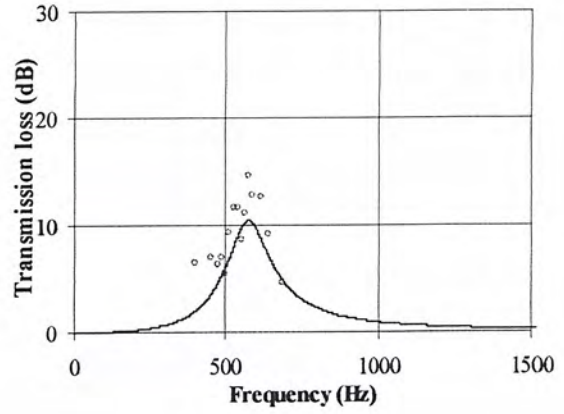


รูปที่ 4-12 Transmission loss characteristics of square duct

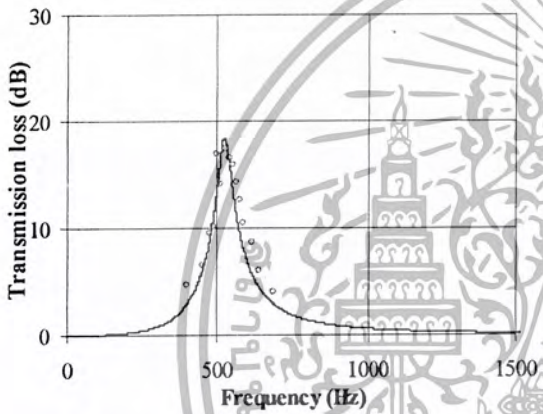
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



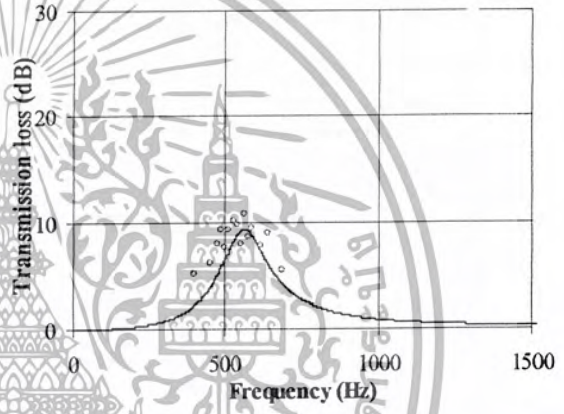
U = 0 m/s fr = 525 Hz



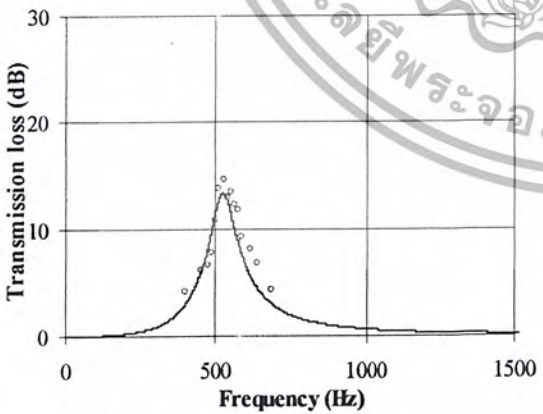
U = 30 m/s fr = 575 Hz



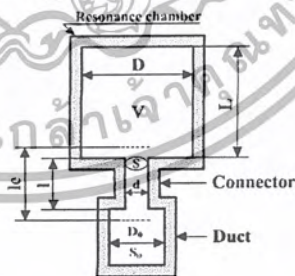
U = 10 m/s fr = 525 Hz



U = 35 m/s fr = 562.5 Hz



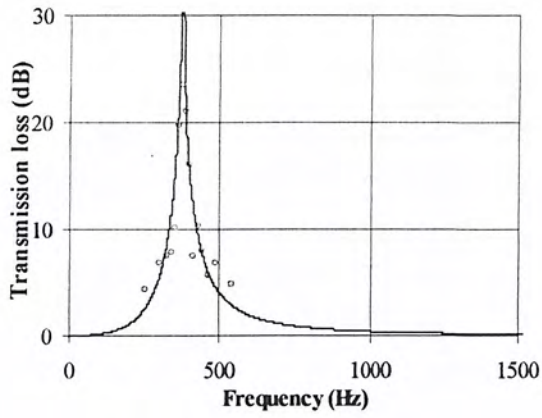
U = 20 m/s fr = 525 Hz



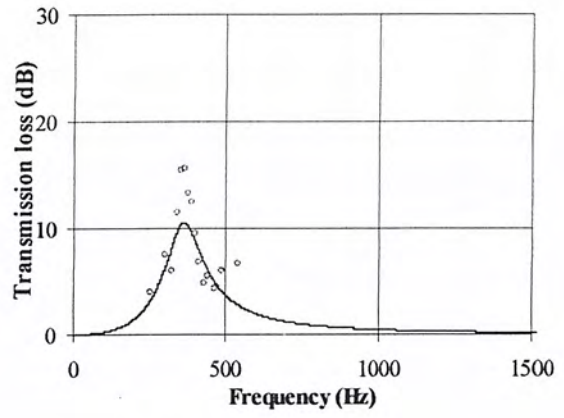
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.02000 \text{ m}$
- $D = 0.09670 \text{ m}$
- $L = 0.03000 \text{ m}$

รูปที่ 4-13 Transmission loss characteristics of square duct

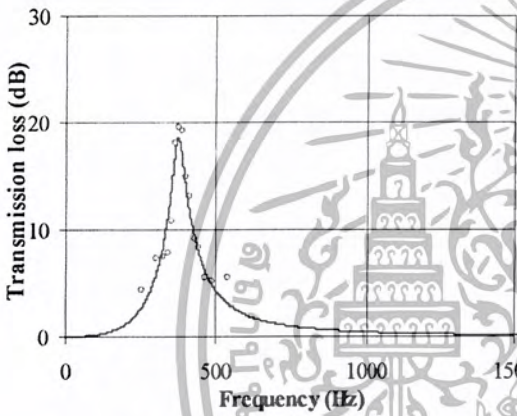
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



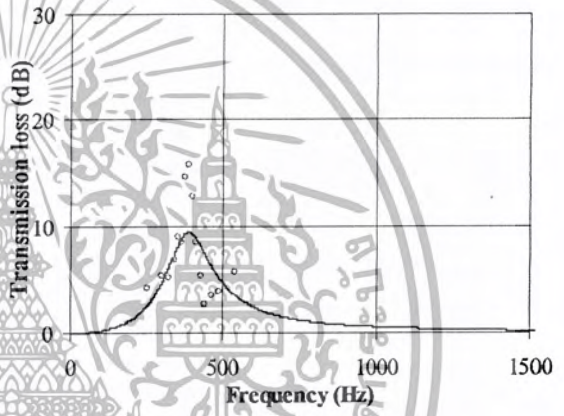
U = 0 m/s fr = 375 Hz



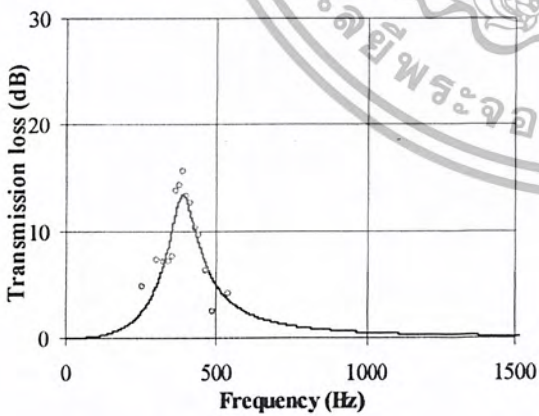
U = 30 m/s fr = 362.5 Hz



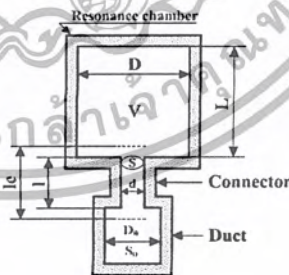
U = 10 m/s fr = 375 Hz



U = 35 m/s fr = 387.5 Hz



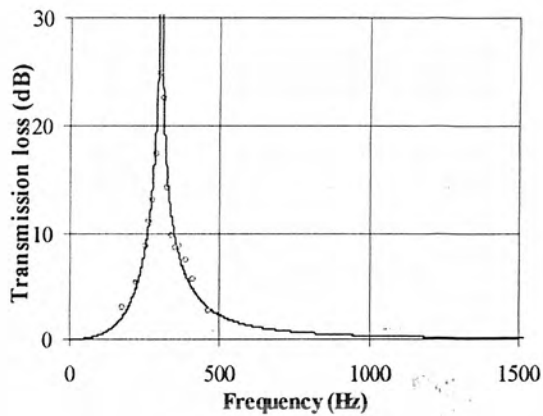
U = 20 m/s fr = 387.5 Hz



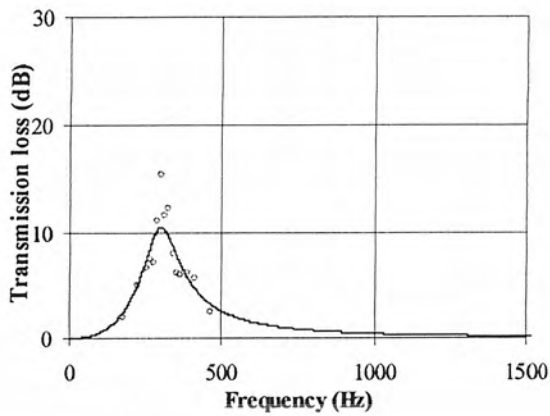
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.02000 \text{ m}$
- $D = 0.09670 \text{ m}$
- $L = 0.06000 \text{ m}$

รูปที่ 4-14 Transmission loss characteristics of square duct

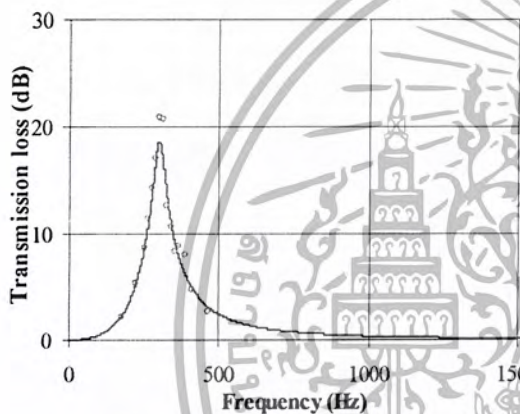
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



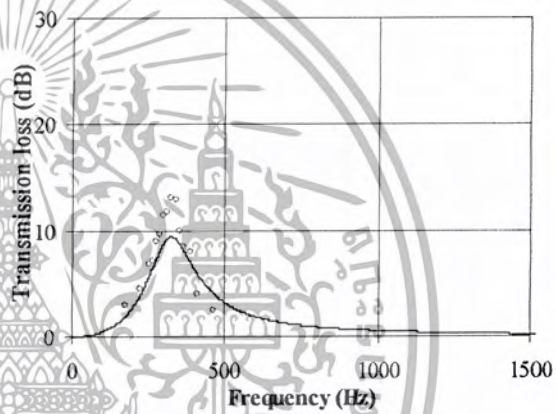
U = 0 m/s fr = 300 Hz



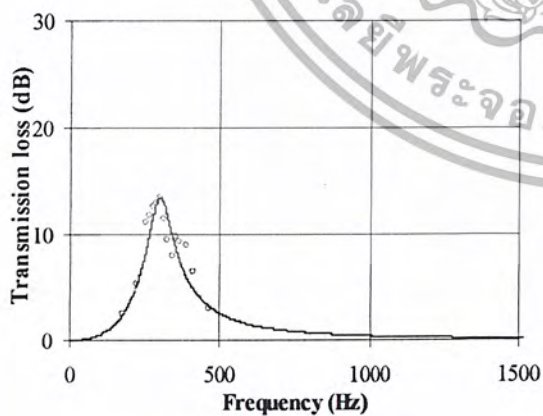
U = 30 m/s fr = 300 Hz



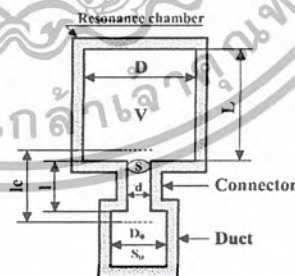
U = 10 m/s fr = 300 Hz



U = 35 m/s fr = 325 Hz



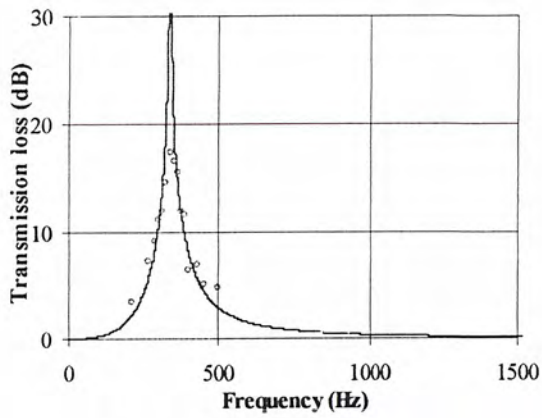
U = 20 m/s fr = 300 Hz



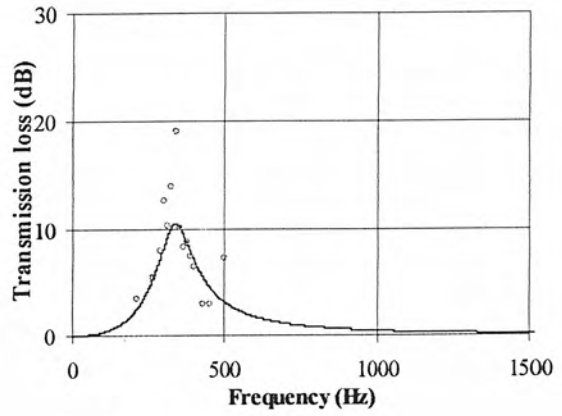
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.02000 \text{ m}$
- $D = 0.09670 \text{ m}$
- $L = 0.09000 \text{ m}$

รูปที่ 4-15 Transmission loss characteristics of square duct

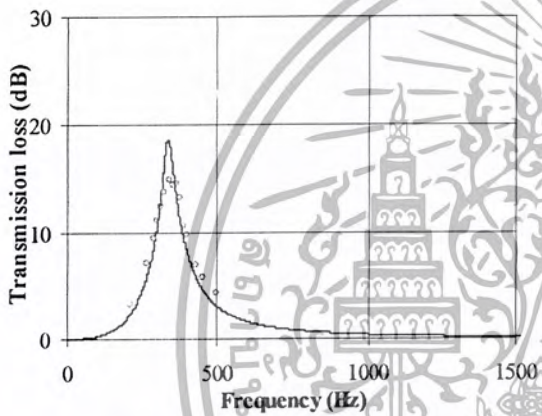
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



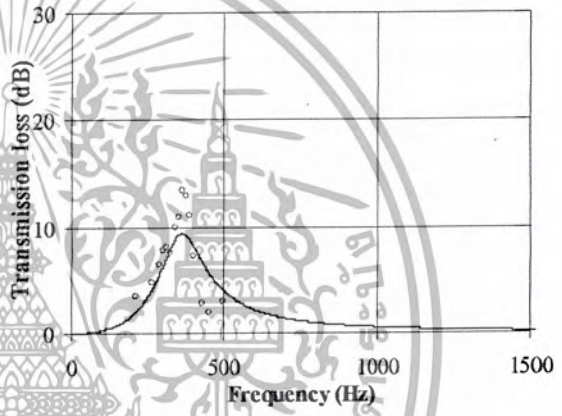
U = 0 m/s fr = 337.5 Hz



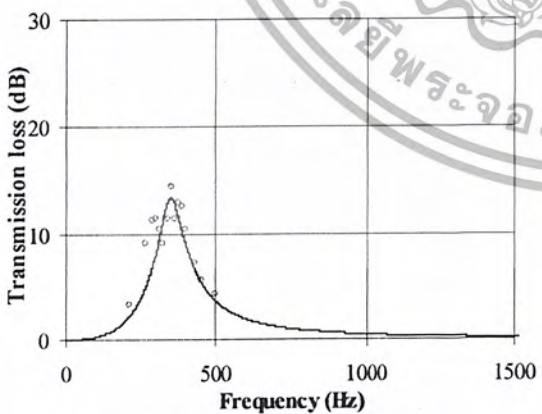
U = 30 m/s fr = 337.5 Hz



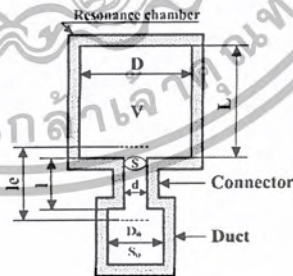
U = 10 m/s fr = 337.5 Hz



U = 35 m/s fr = 362.5 Hz



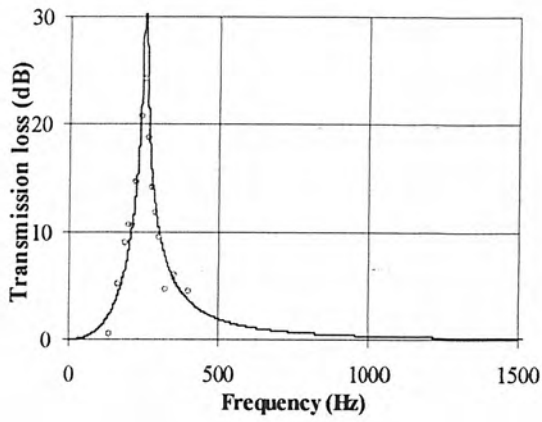
U = 20 m/s fr = 350 Hz



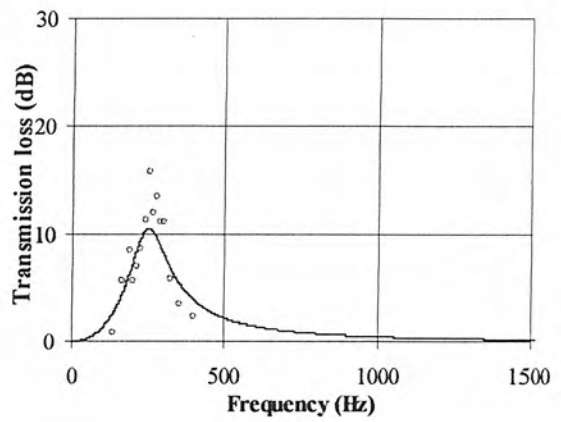
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.02000 \text{ m}$
- $D = 0.14930 \text{ m}$
- $L = 0.03000 \text{ m}$

รูปที่ 4-16 Transmission loss characteristics of square duct

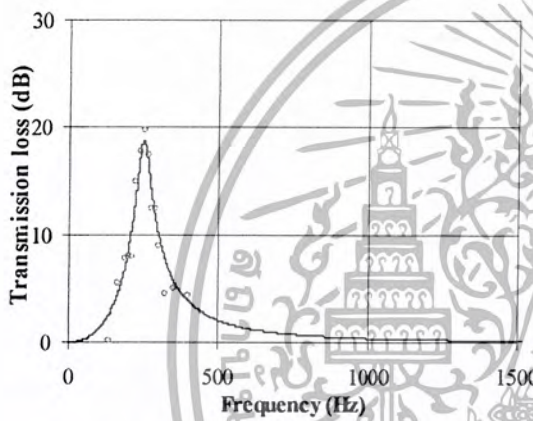
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



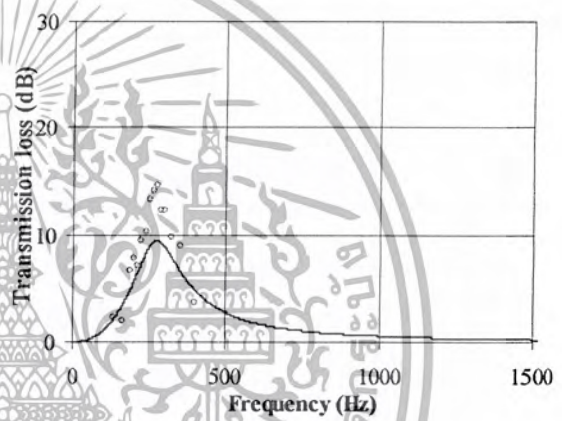
U = 0 m/s fr = 250 Hz



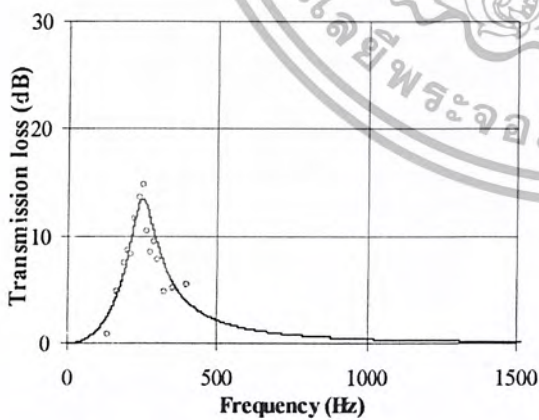
U = 30 m/s fr = 250 Hz



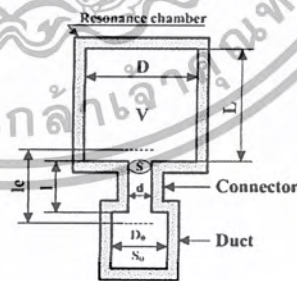
U = 10 m/s fr = 250 Hz



U = 35 m/s fr = 275 Hz



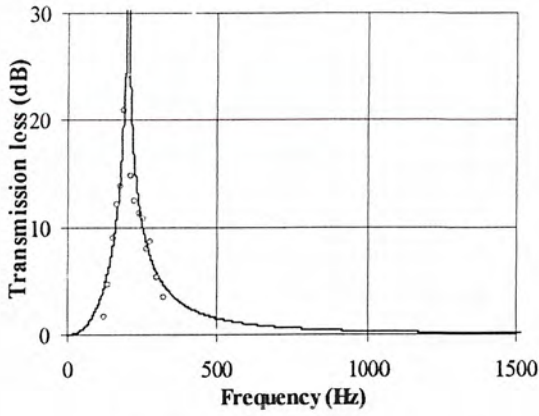
U = 20 m/s fr = 250 Hz



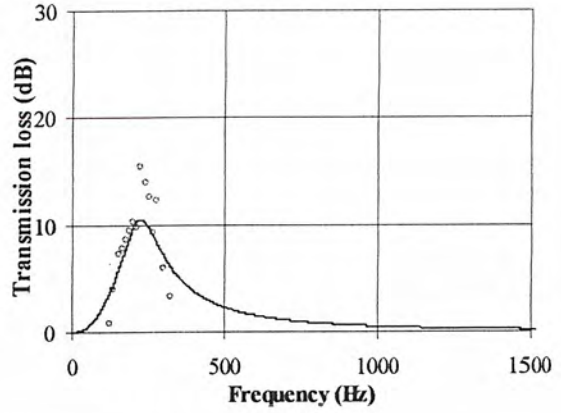
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.02000 \text{ m}$
- $D = 0.14930 \text{ m}$
- $L = 0.06000 \text{ m}$

รูปที่ 4-17 Transmission loss characteristics of square duct

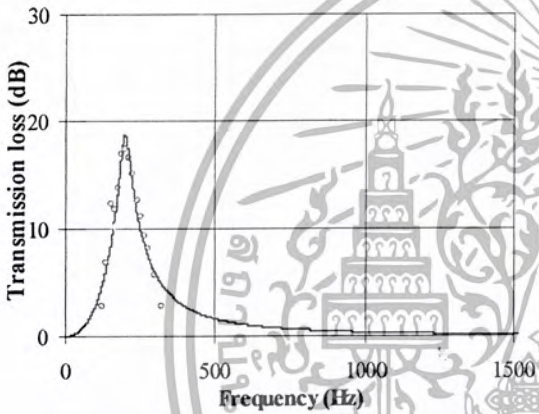
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



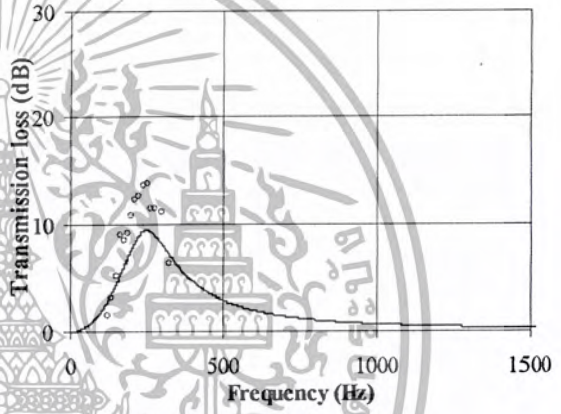
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 200 \text{ Hz}$



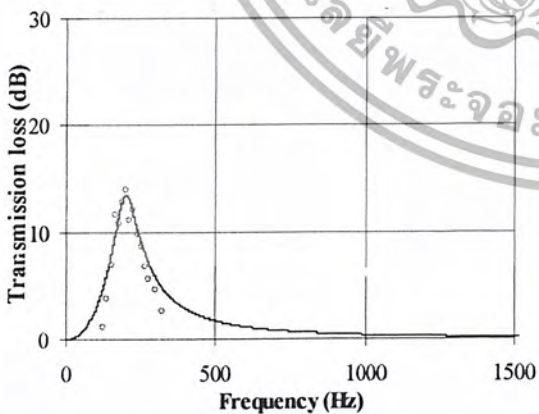
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 225 \text{ Hz}$



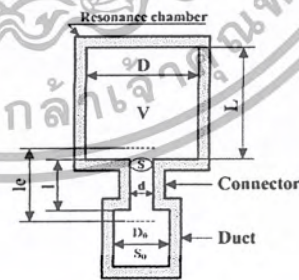
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 200 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 250 \text{ Hz}$



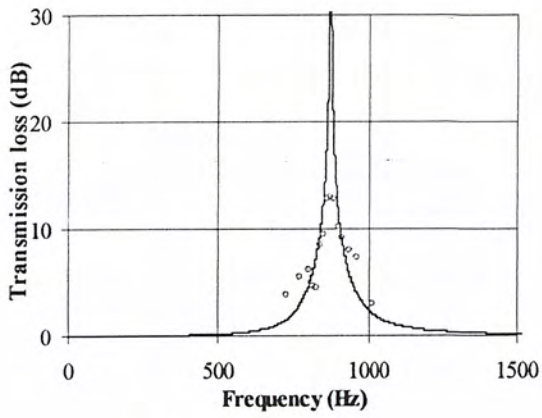
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 200 \text{ Hz}$



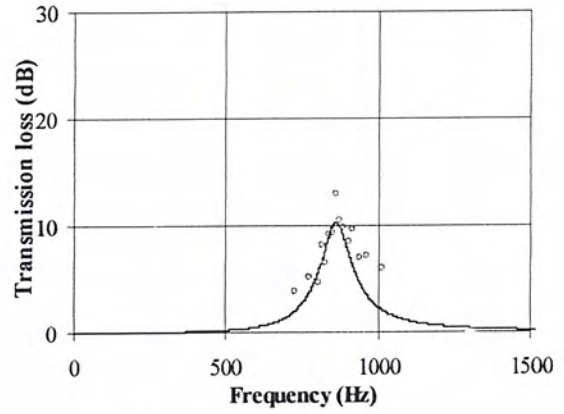
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.02000 \text{ m}$
- $D = 0.14930 \text{ m}$
- $L = 0.09000 \text{ m}$

รูปที่ 4-18 Transmission loss characteristics of square duct

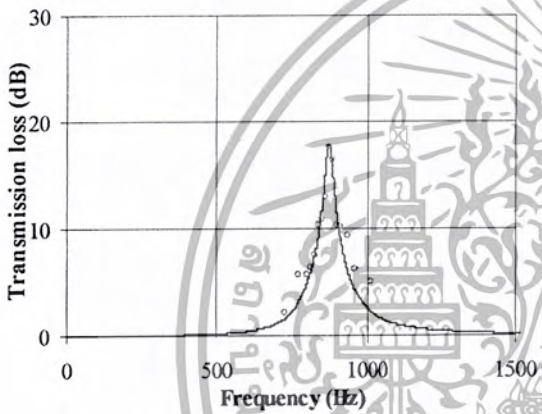
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



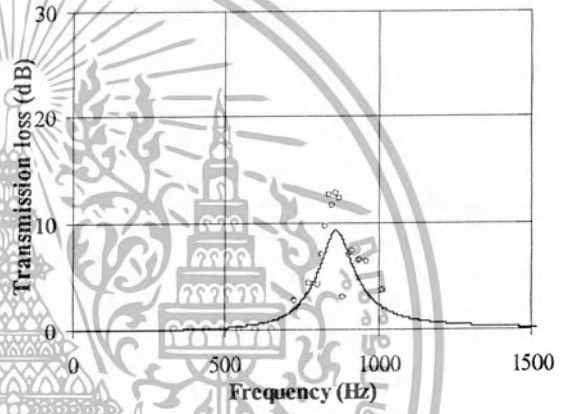
U = 0 m/s fr = 875 Hz



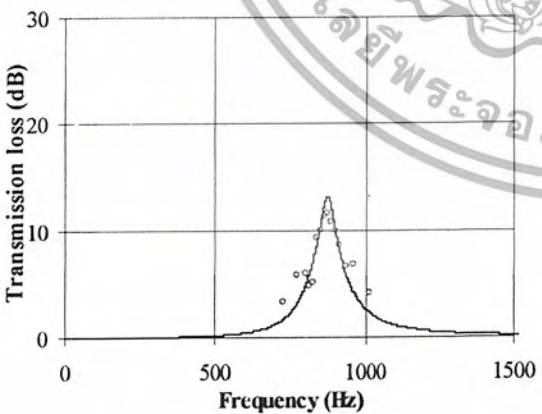
U = 30 m/s fr = 862.5 Hz



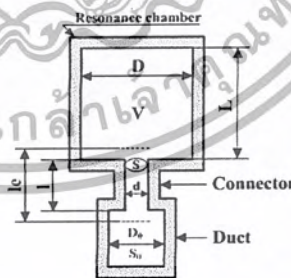
U = 10 m/s fr = 875 Hz



U = 35 m/s fr = 862.5 Hz



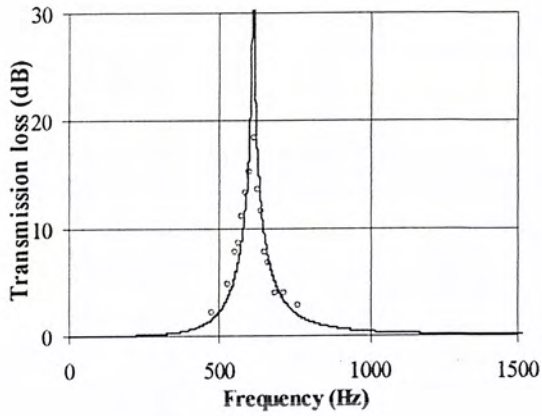
U = 20 m/s fr = 875 Hz



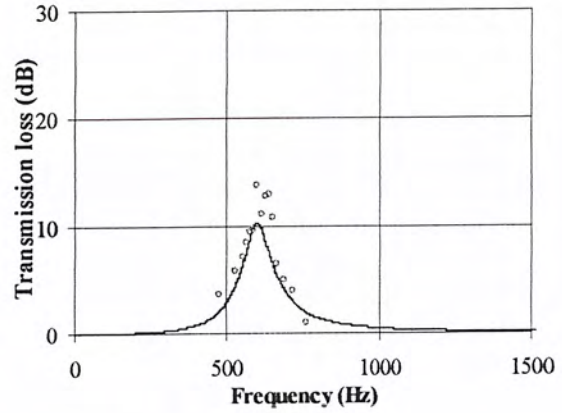
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.03000 \text{ m}$
- $D = 0.05130 \text{ m}$
- $L = 0.03000 \text{ m}$

รูปที่ 4-19 Transmission loss characteristics of square duct

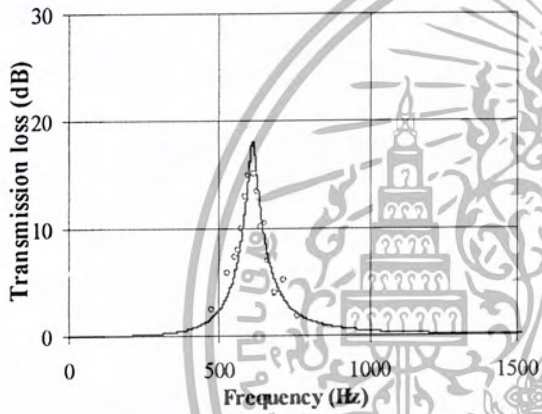
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



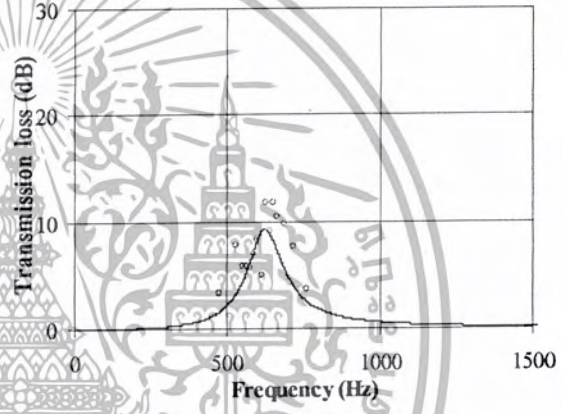
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 612.5 \text{ Hz}$



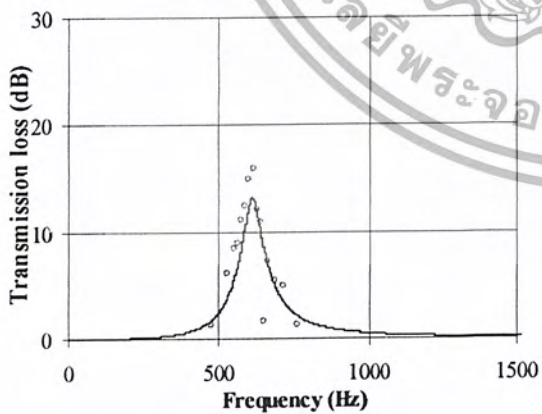
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 600 \text{ Hz}$



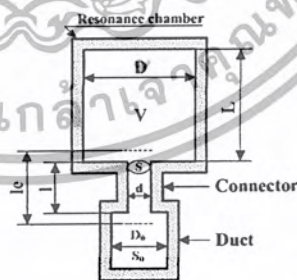
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 612.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 625 \text{ Hz}$



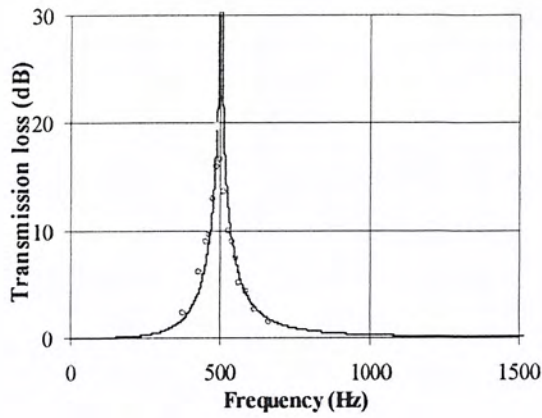
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 612.5 \text{ Hz}$



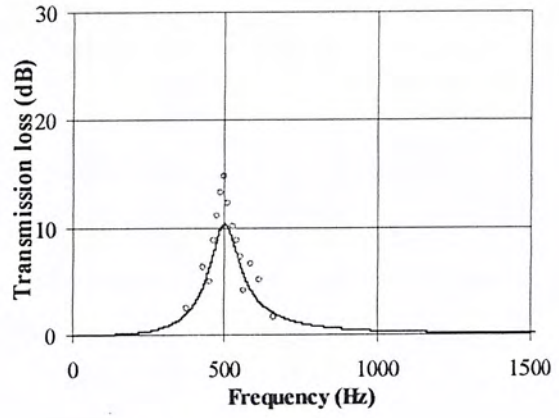
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.03000 \text{ m}$
- $D = 0.05130 \text{ m}$
- $L = 0.06000 \text{ m}$

รูปที่ 4-20 Transmission loss characteristics of square duct

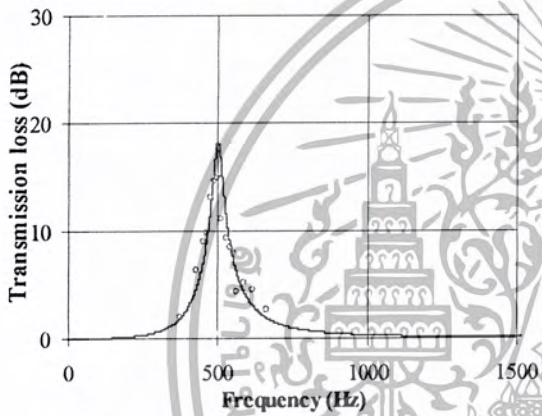
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



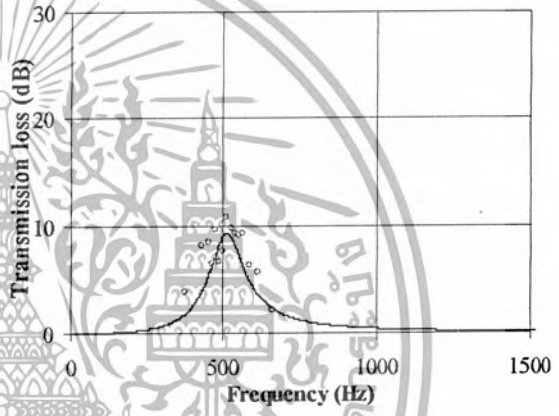
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 500 \text{ Hz}$



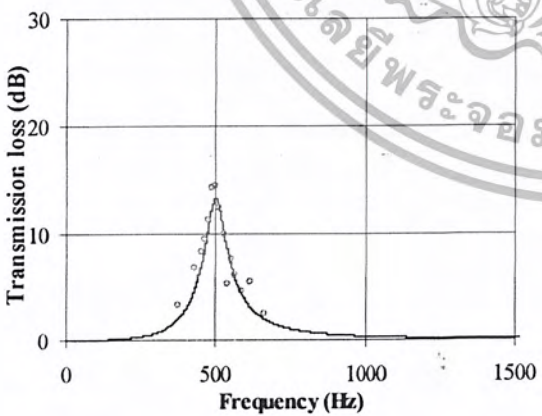
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 500 \text{ Hz}$



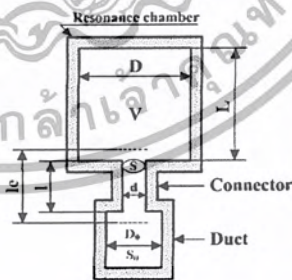
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 500 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 512.5 \text{ Hz}$



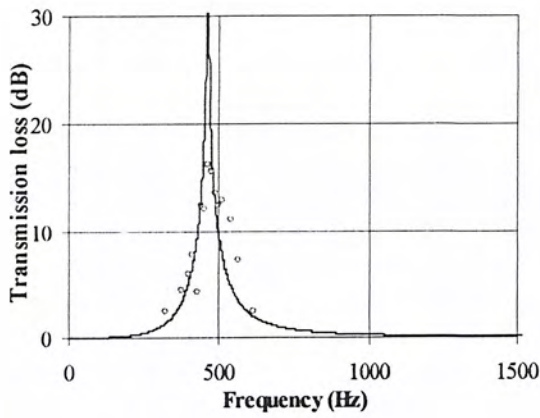
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 500 \text{ Hz}$



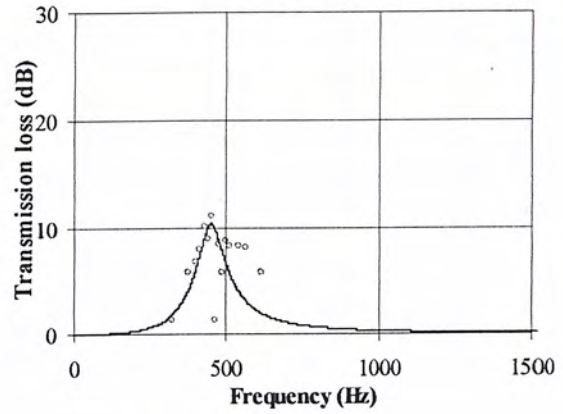
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.03000 \text{ m}$
- $D = 0.05130 \text{ m}$
- $L = 0.09000 \text{ m}$

รูปที่ 4-21 Transmission loss characteristics of square duct

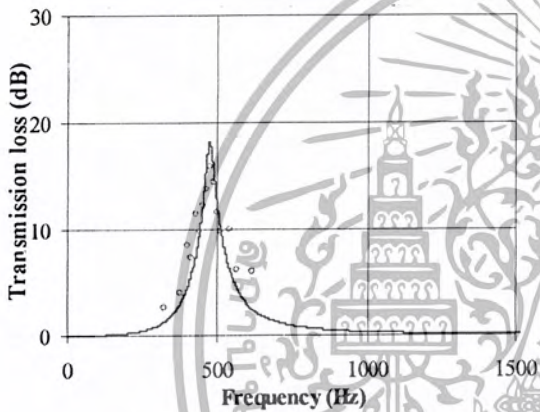
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



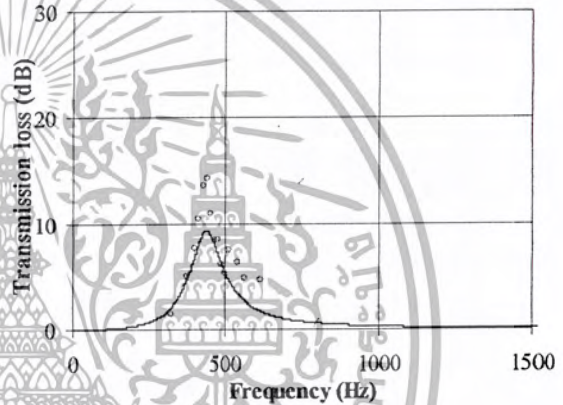
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 462.5 \text{ Hz}$



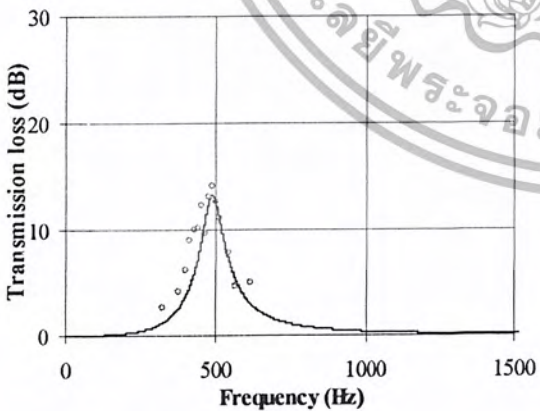
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 450 \text{ Hz}$



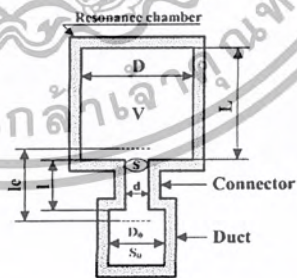
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 475 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 437.5 \text{ Hz}$



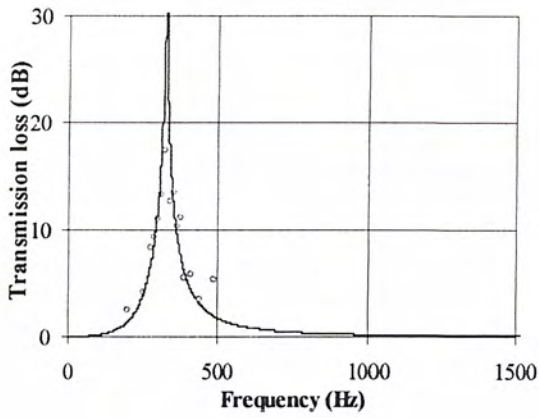
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 487.5 \text{ Hz}$



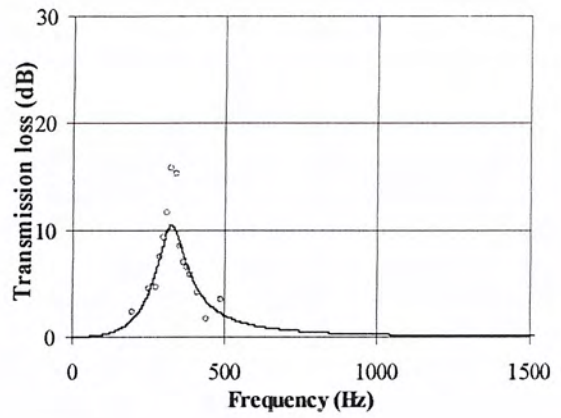
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.03000 \text{ m}$
- $D = 0.09670 \text{ m}$
- $L = 0.03000 \text{ m}$

รูปที่ 4-22 Transmission loss characteristics of square duct

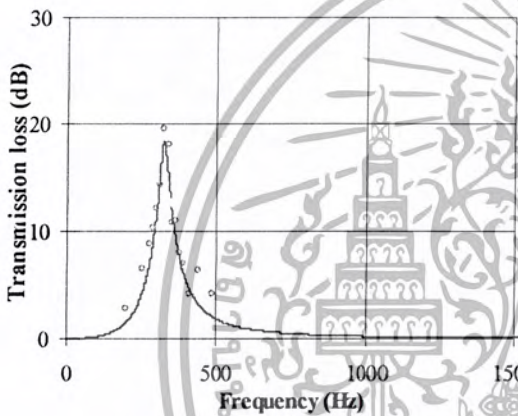
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



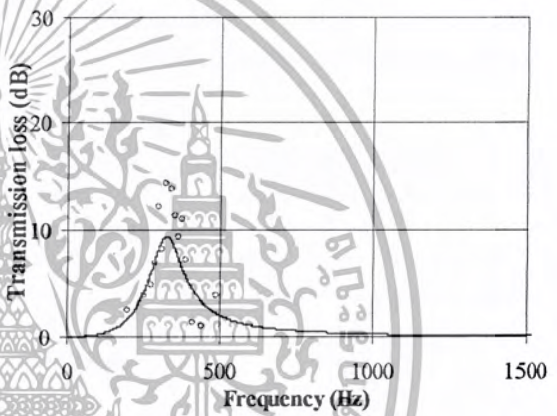
U = 0 m/s fr = 325 Hz



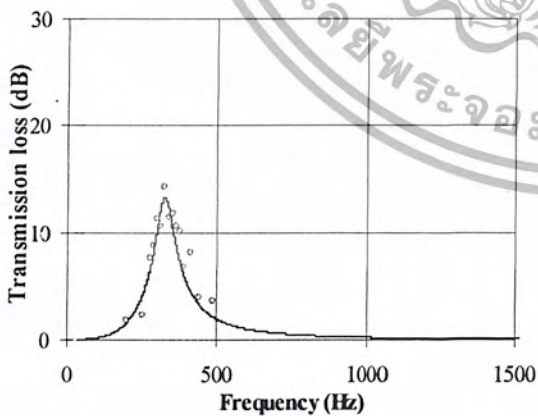
U = 30 m/s fr = 325 Hz



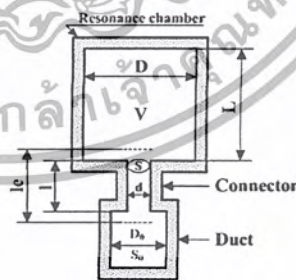
U = 10 m/s fr = 325 Hz



U = 35 m/s fr = 325 Hz



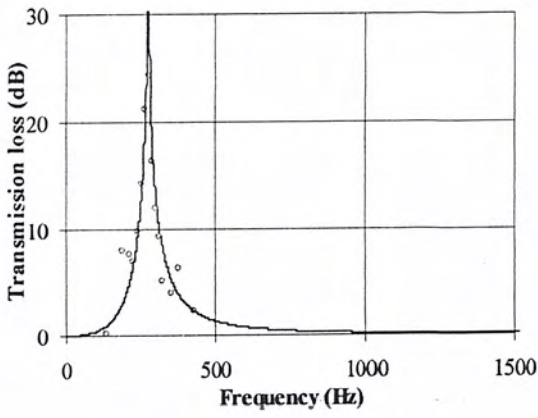
U = 20 m/s fr = 325 Hz



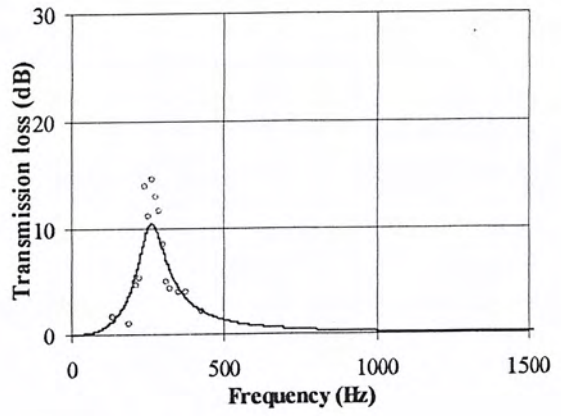
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.03000 \text{ m}$
- $D = 0.09670 \text{ m}$
- $L = 0.06000 \text{ m}$

รูปที่ 4-23 Transmission loss characteristics of square duct

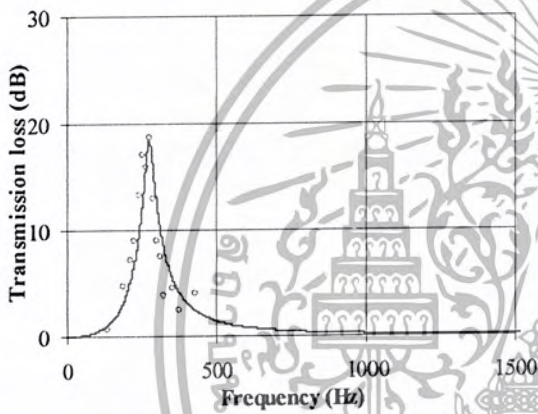
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



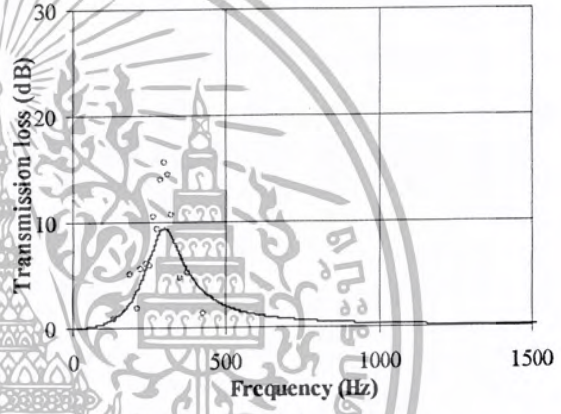
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 275 \text{ Hz}$



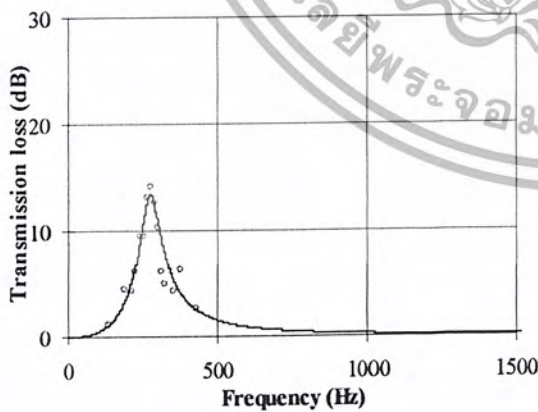
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 262.5 \text{ Hz}$



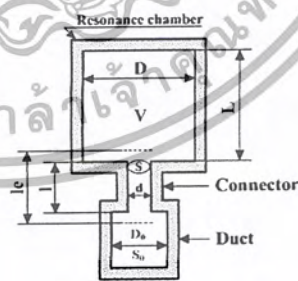
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 275 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 300 \text{ Hz}$



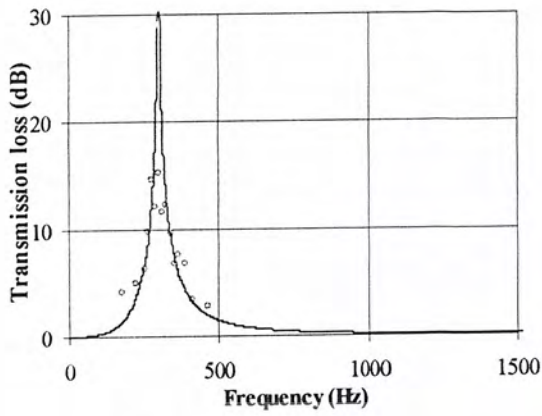
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 275 \text{ Hz}$



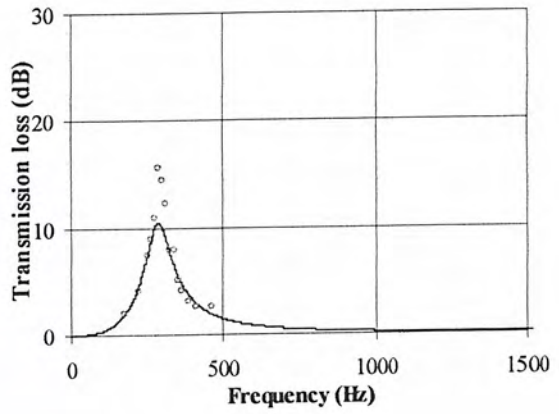
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.03000 \text{ m}$
- $D = 0.09670 \text{ m}$
- $L = 0.09000 \text{ m}$

รูปที่ 4-24 Transmission loss characteristics of square duct

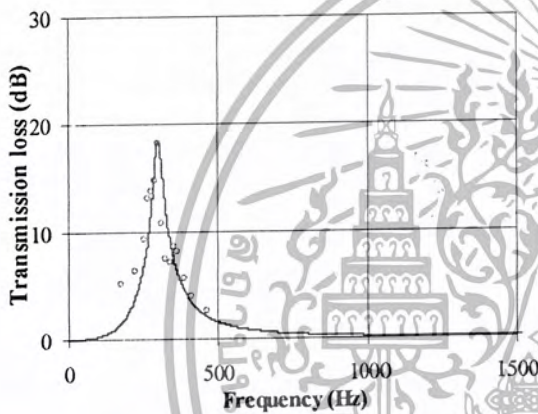
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



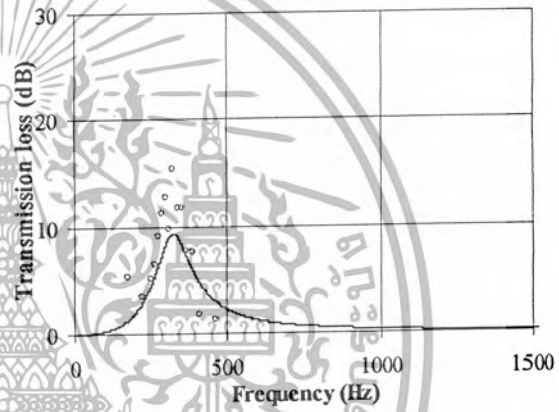
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 300 \text{ Hz}$



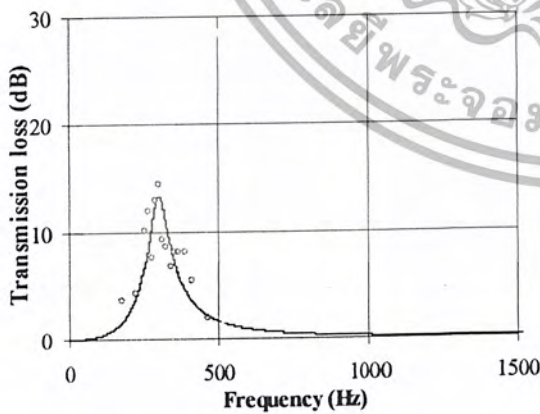
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 287.5 \text{ Hz}$



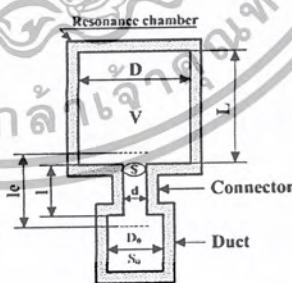
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 300 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 325 \text{ Hz}$



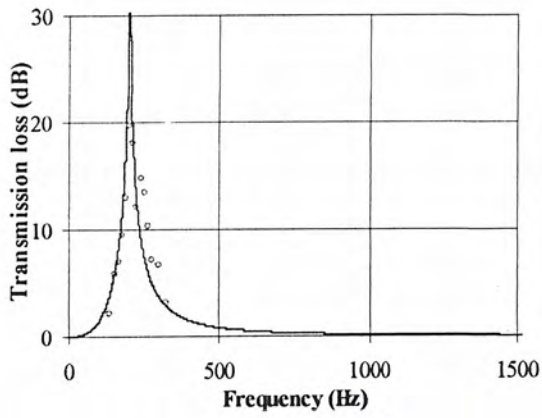
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 300 \text{ Hz}$



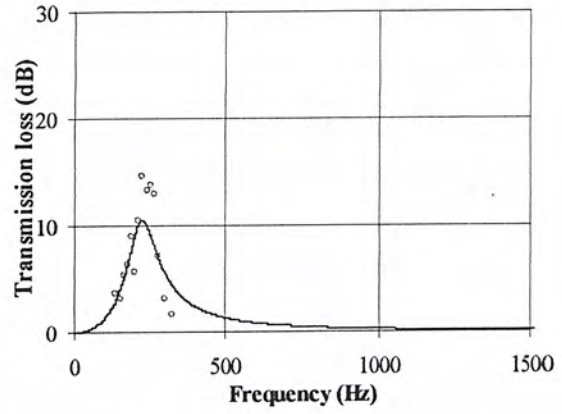
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.03000 \text{ m}$
- $D = 0.14930 \text{ m}$
- $L = 0.03000 \text{ m}$

รูปที่ 4-25 Transmission loss characteristics of square duct

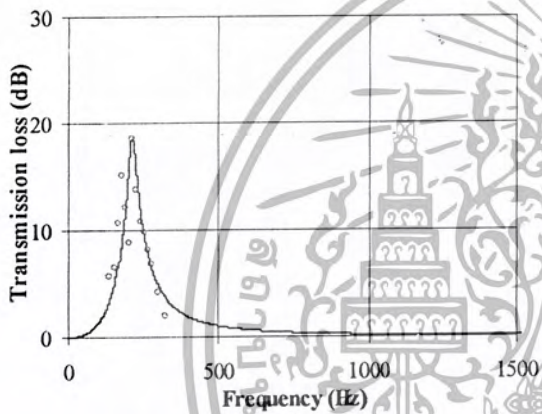
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



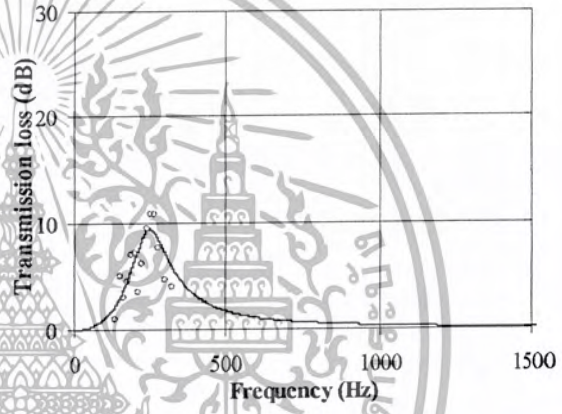
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 200 \text{ Hz}$



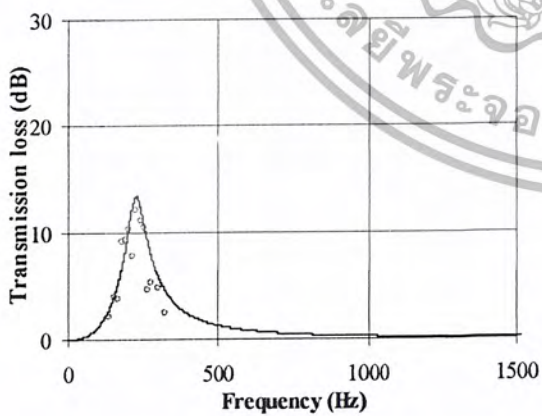
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 225 \text{ Hz}$



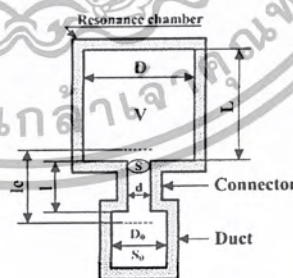
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 212.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 250 \text{ Hz}$



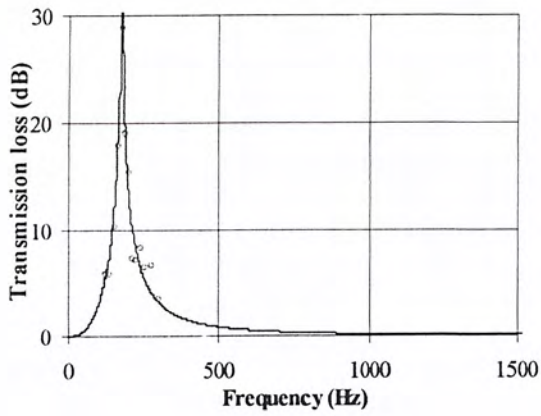
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 225 \text{ Hz}$



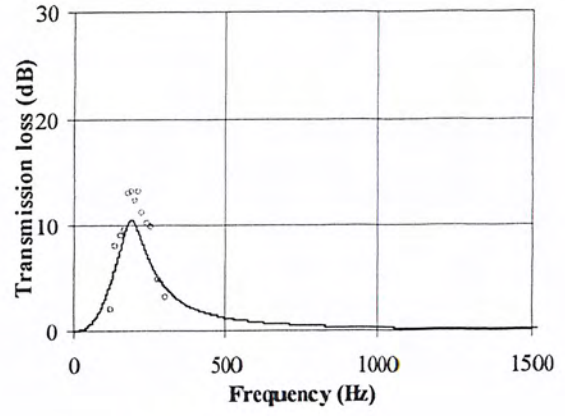
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.03000 \text{ m}$
- $D = 0.14930 \text{ m}$
- $L = 0.06000 \text{ m}$

รูปที่ 4-26 Transmission loss characteristics of square duct

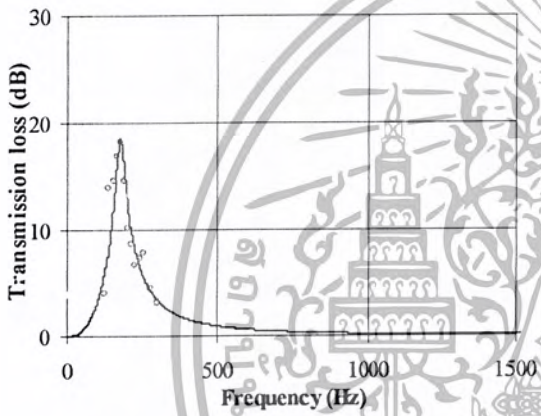
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



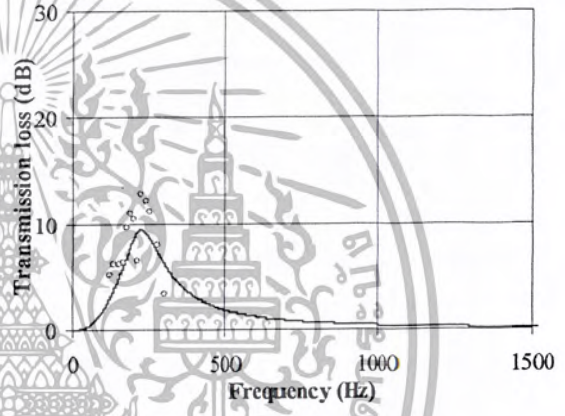
U = 0 m/s fr = 175 Hz



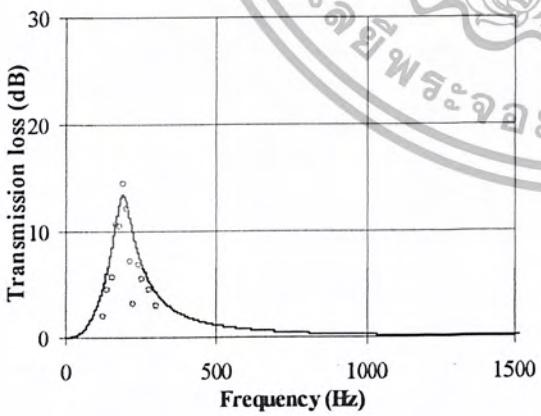
U = 30 m/s fr = 187.5 Hz



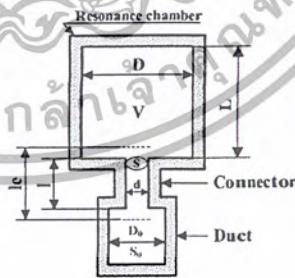
U = 10 m/s fr = 175 Hz



U = 35 m/s fr = 225 Hz



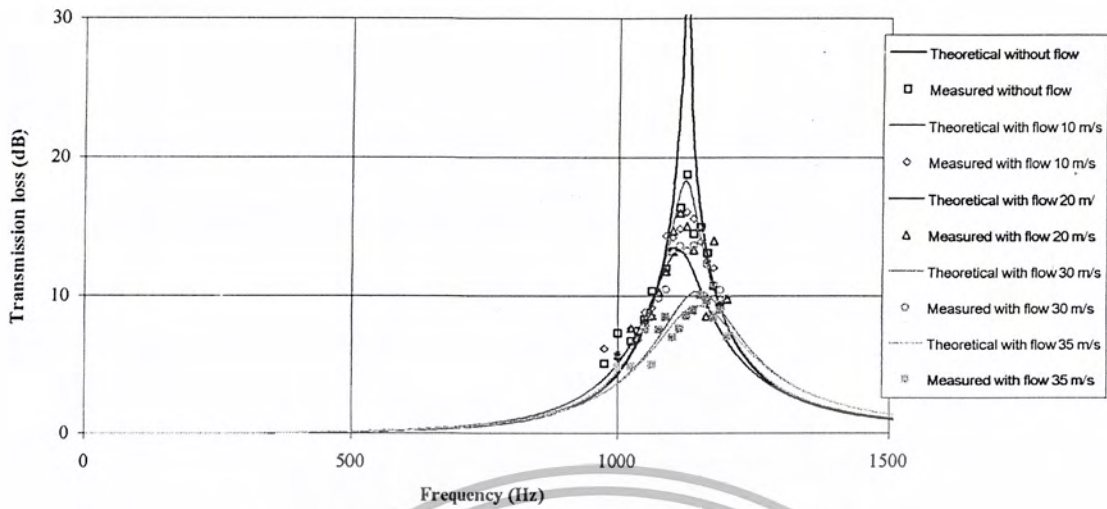
U = 20 m/s fr = 187.5 Hz



- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.04545 \text{ m}$
- $d = 0.03000 \text{ m}$
- $l = 0.03000 \text{ m}$
- $D = 0.14930 \text{ m}$
- $L = 0.09000 \text{ m}$

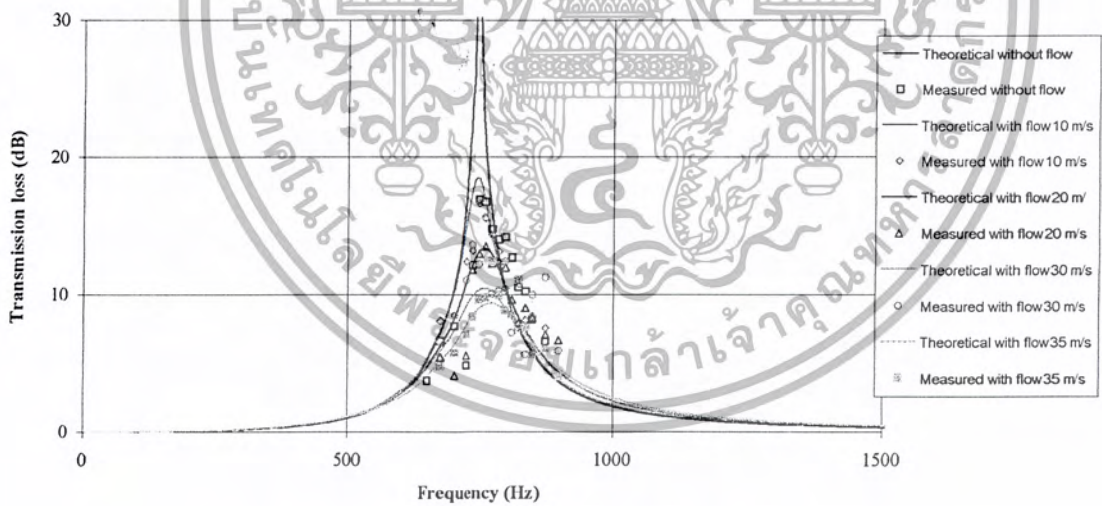
รูปที่ 4-27 Transmission loss characteristics of square duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.015 \text{ m}, D = 0.0513 \text{ m}, L = 0.03 \text{ m}, fr_0 = 1125 \text{ Hz}$

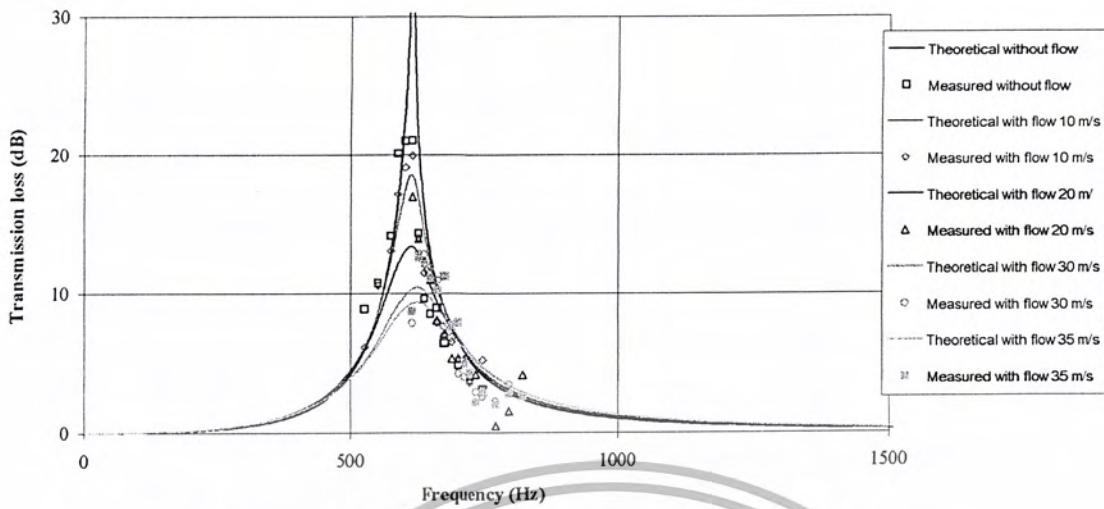
รูปที่ 4-28 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.015 \text{ m}, D = 0.0513 \text{ m}, L = 0.06 \text{ m}, fr_0 = 750 \text{ Hz}$

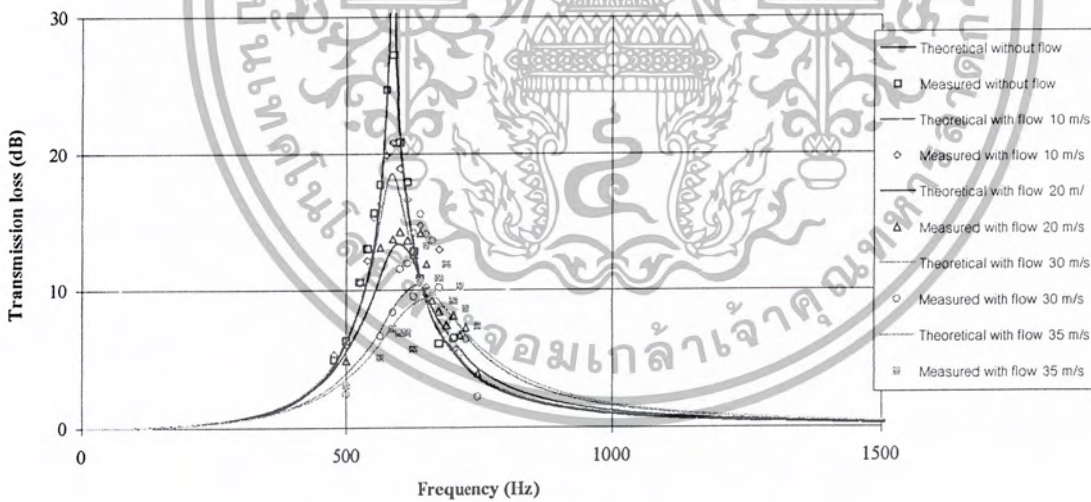
รูปที่ 4-29 Transmission Loss Characteristics of Square Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.015 \text{ m}, D = 0.0513 \text{ m}, L = 0.09 \text{ m}, fr_0 = 612.5 \text{ Hz}$

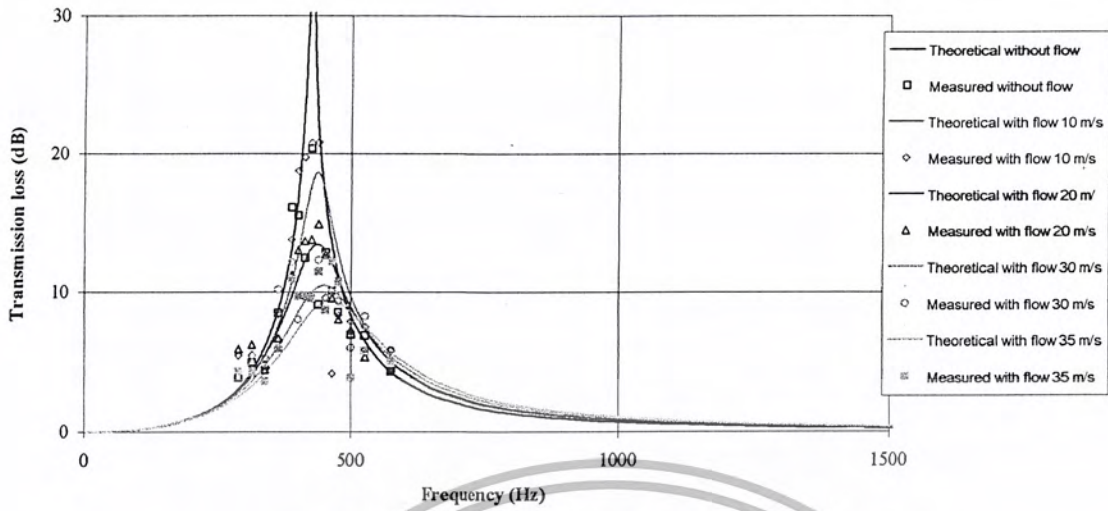
รูปที่ 4-30 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.015 \text{ m}, D = 0.0967 \text{ m}, L = 0.03 \text{ m}, fr_0 = 587.5 \text{ Hz}$

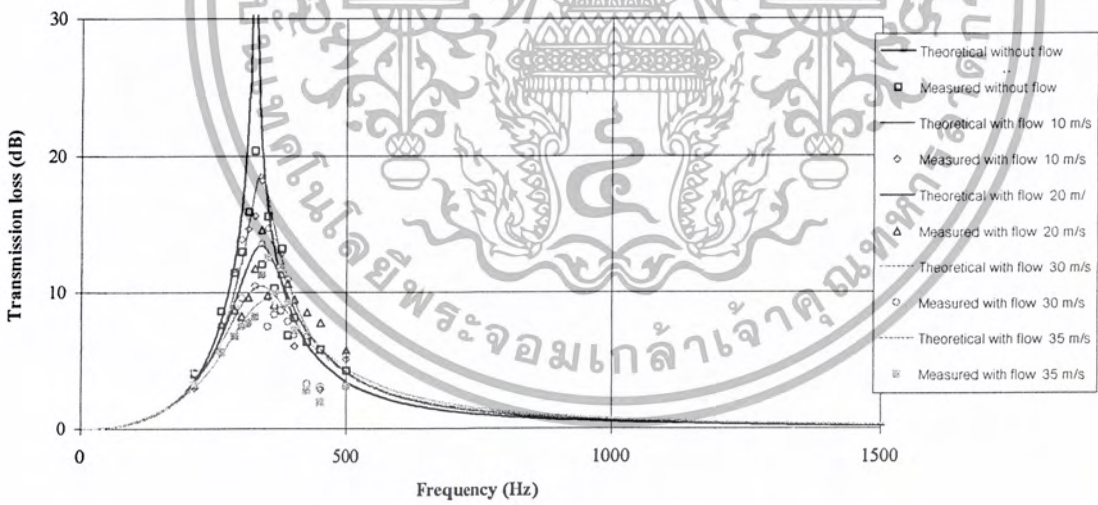
รูปที่ 4-31 Transmission Loss Characteristics of Square Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.015 \text{ m}, D = 0.0967 \text{ m}, L = 0.06 \text{ m}, f_{r_0} = 425 \text{ Hz}$

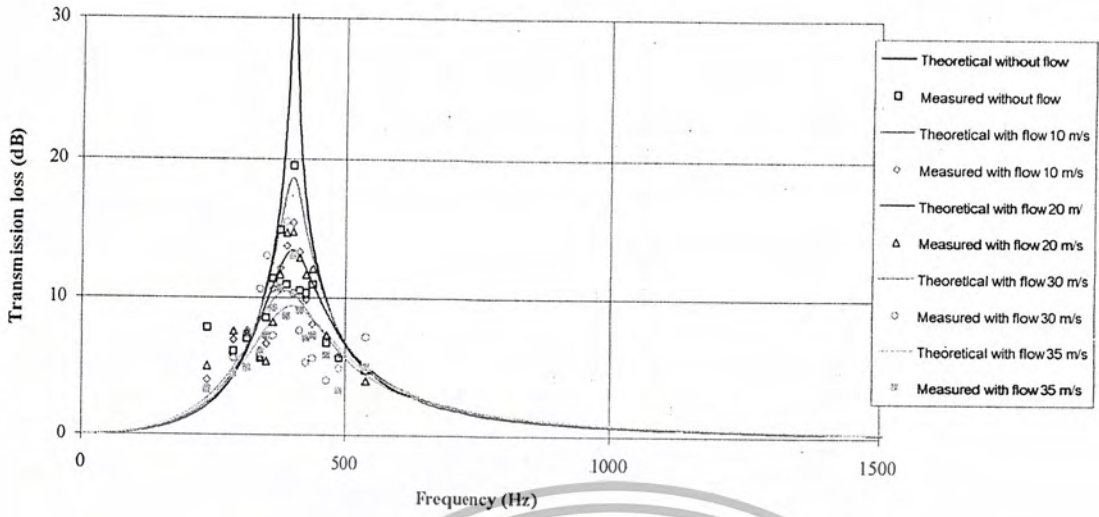
รูปที่ 4-32 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.015 \text{ m}, D = 0.0967 \text{ m}, L = 0.09 \text{ m}, f_{r_0} = 325 \text{ Hz}$

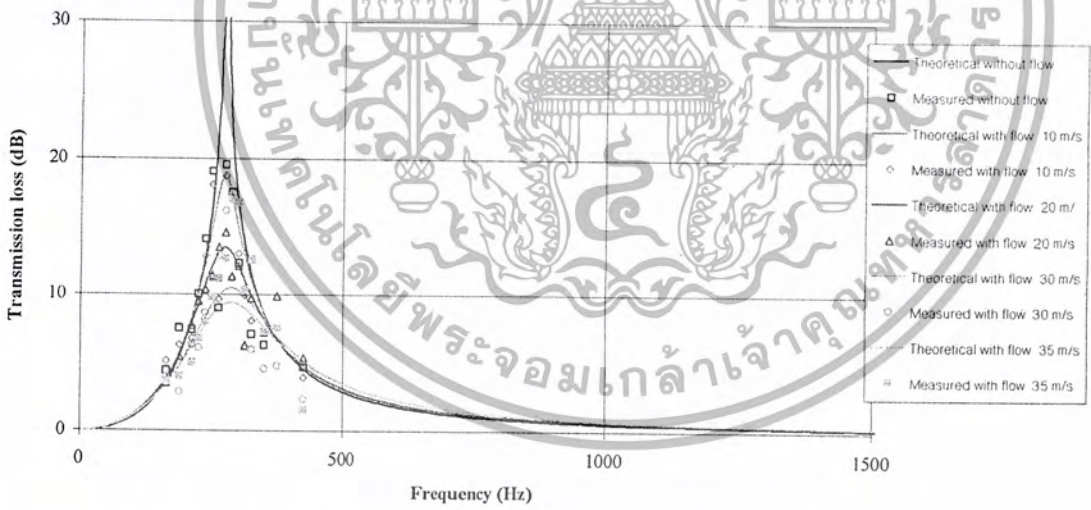
รูปที่ 4-33 Transmission Loss Characteristics of Square Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.015 \text{ m}, D = 0.1493 \text{ m}, L = 0.03 \text{ m}, fr_0 = 400 \text{ Hz}$

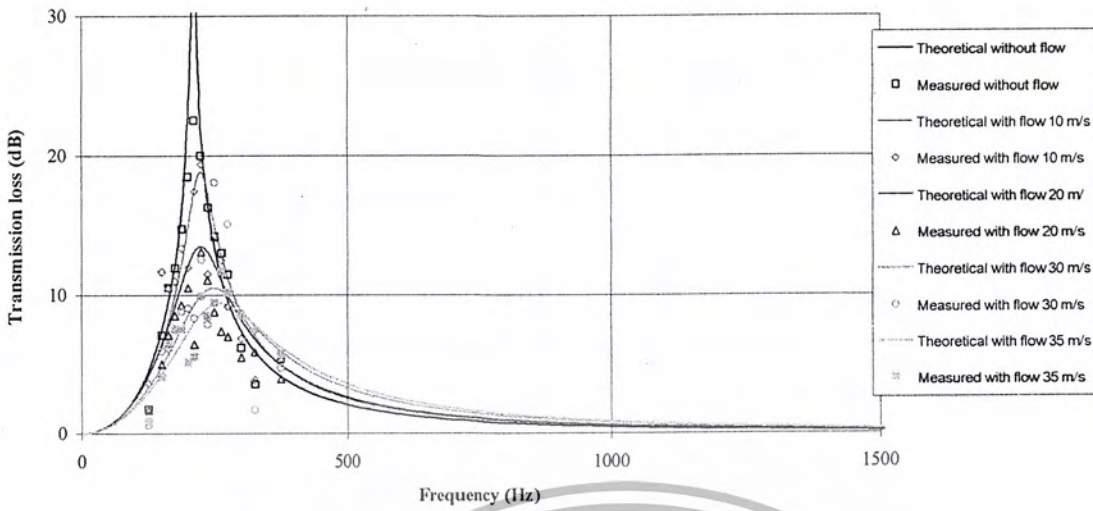
รูปที่ 4-34 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



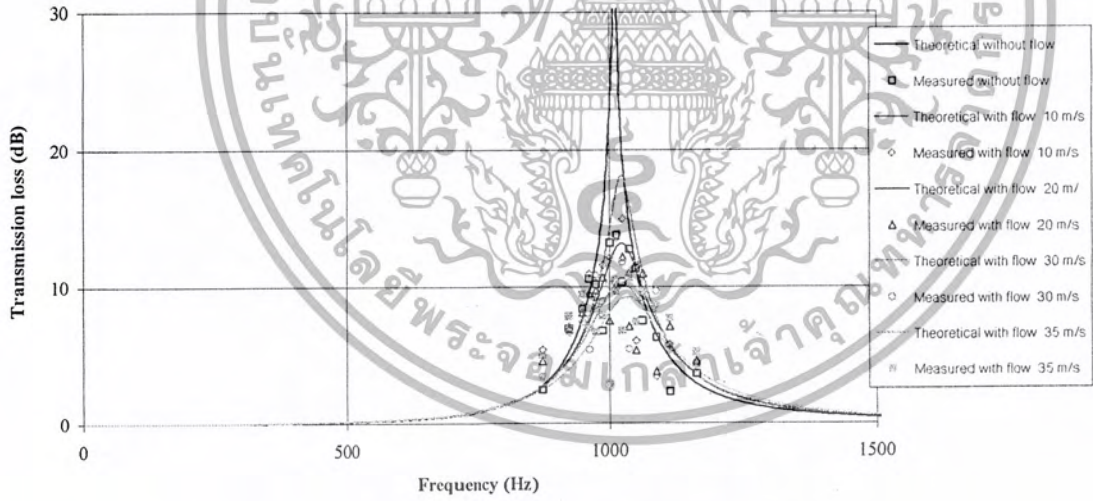
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.015 \text{ m}, D = 0.1493 \text{ m}, L = 0.06 \text{ m}, fr_0 = 275 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-35 Transmission Loss Characteristics of Square Duct

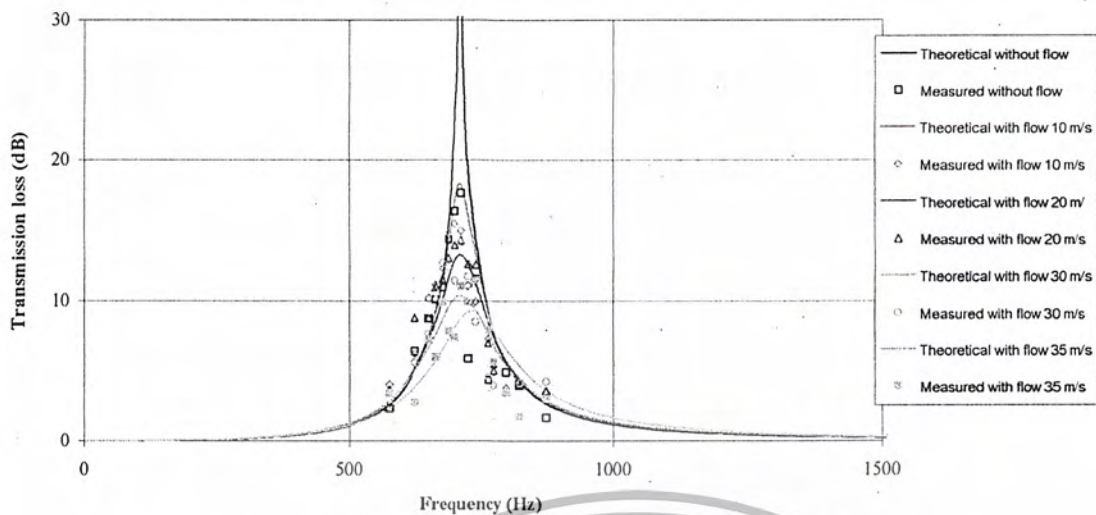
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-36 Transmission Loss Characteristics of Square Duct

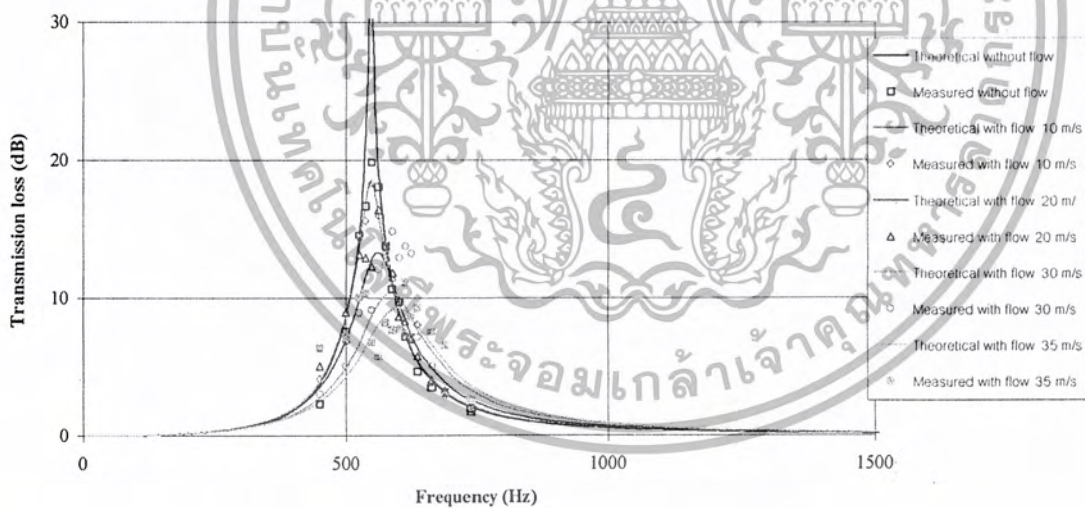


รูปที่ 4-37 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



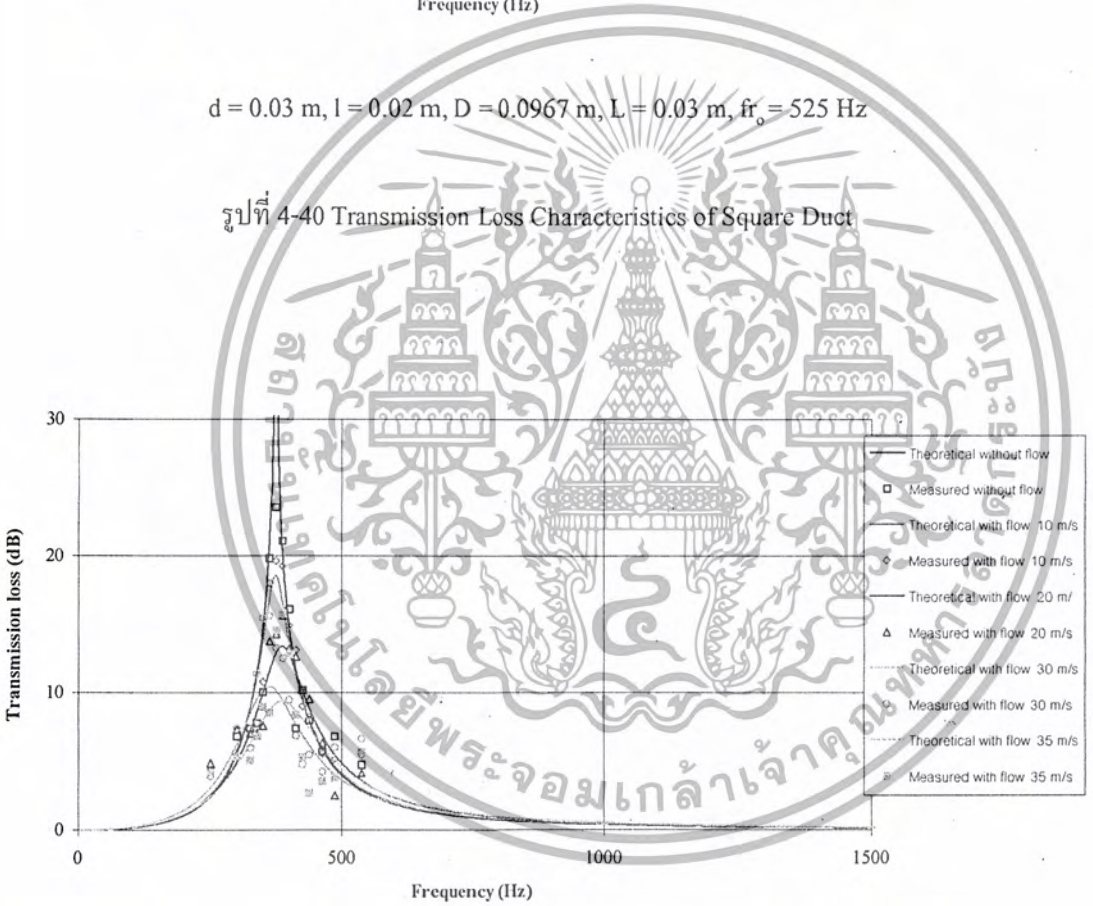
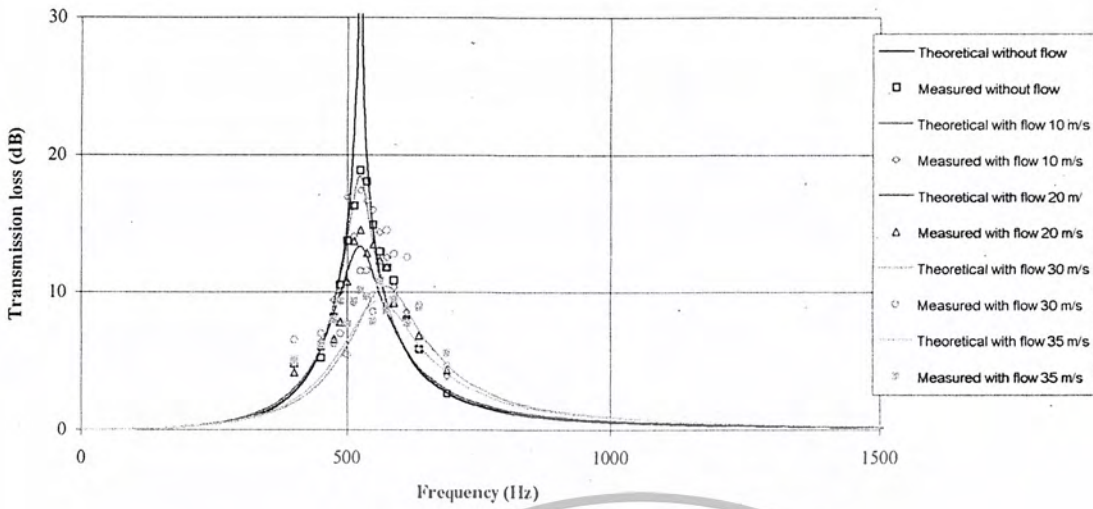
$$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.02 \text{ m}, D = 0.0513 \text{ m}, L = 0.06 \text{ m}, f_{r_0} = 712.5 \text{ Hz}$$

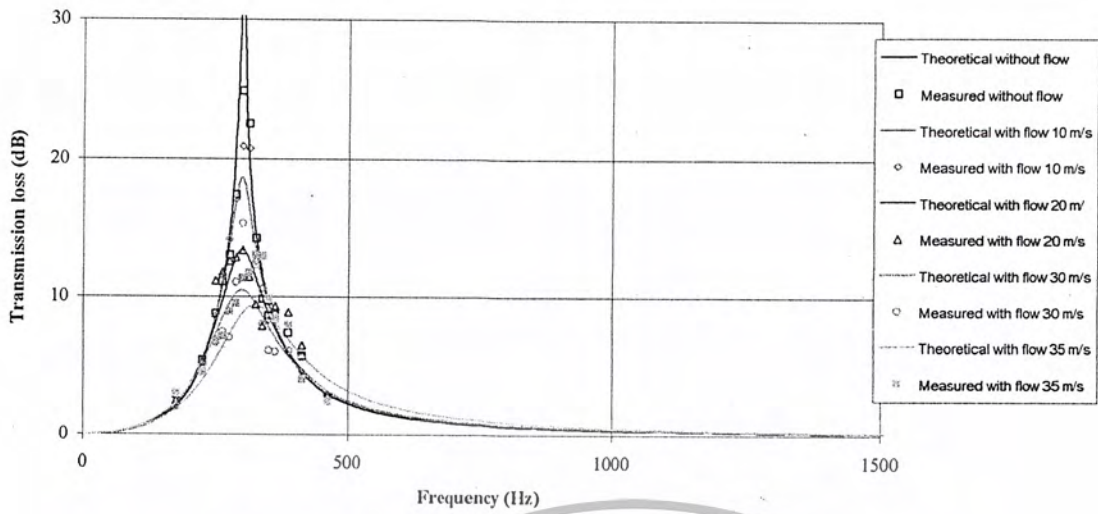
รูปที่ 4-38 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



$$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.02 \text{ m}, D = 0.0513 \text{ m}, L = 0.09 \text{ m}, f_{r_0} = 550 \text{ Hz}$$

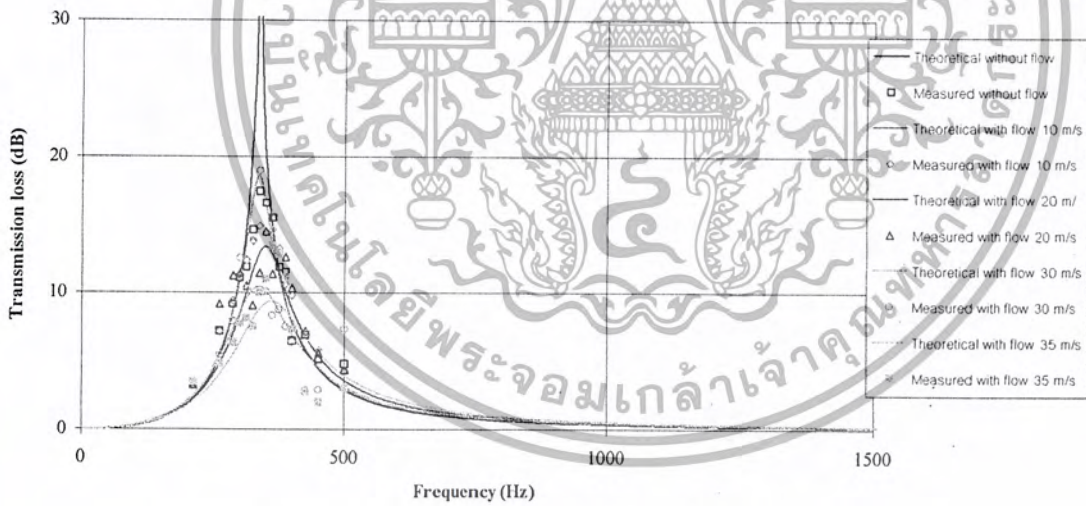
รูปที่ 4-39 Transmission Loss Characteristics of Square Duct





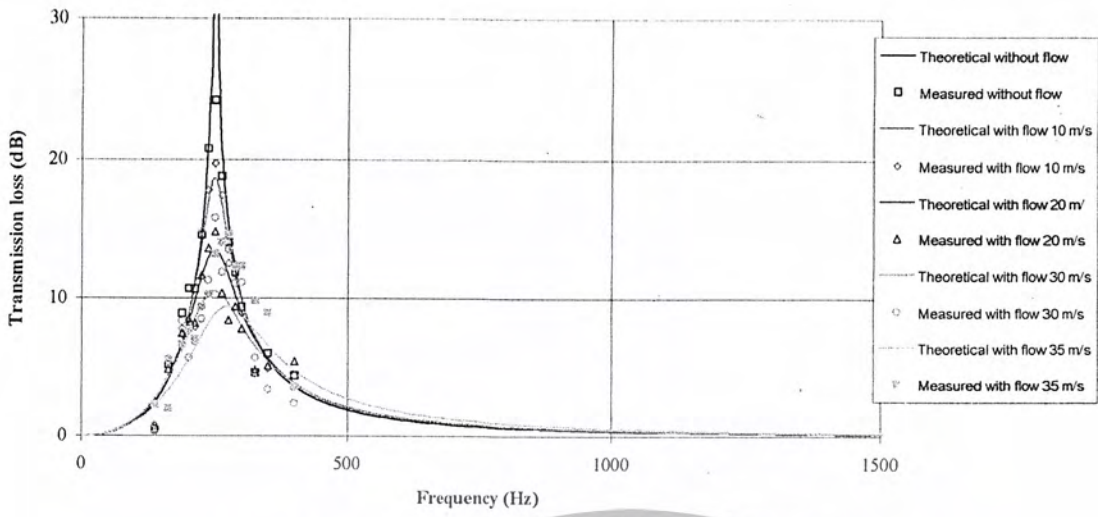
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.02 \text{ m}, D = 0.0967 \text{ m}, L = 0.09 \text{ m}, fr_0 = 300 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-42 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



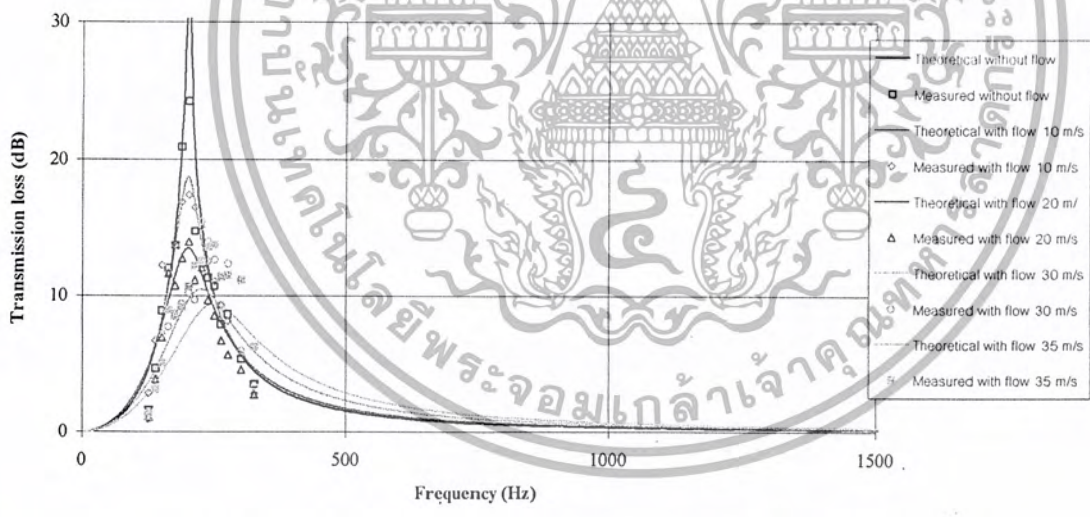
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.02 \text{ m}, D = 0.1493 \text{ m}, L = 0.03 \text{ m}, fr_0 = 337.5 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-43 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



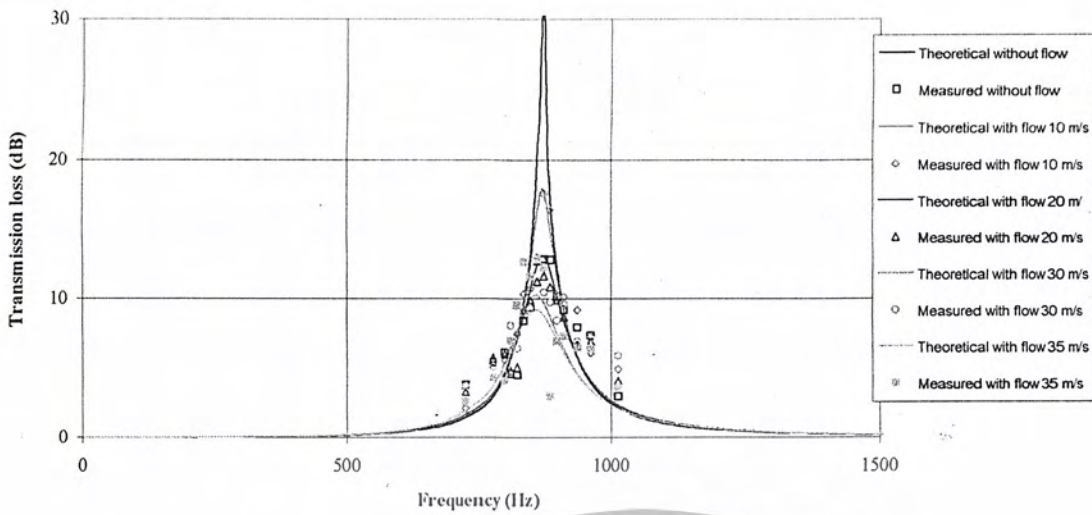
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.02 \text{ m}, D = 0.1493 \text{ m}, L = 0.06 \text{ m}, f_{r_0} = 250 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-44 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



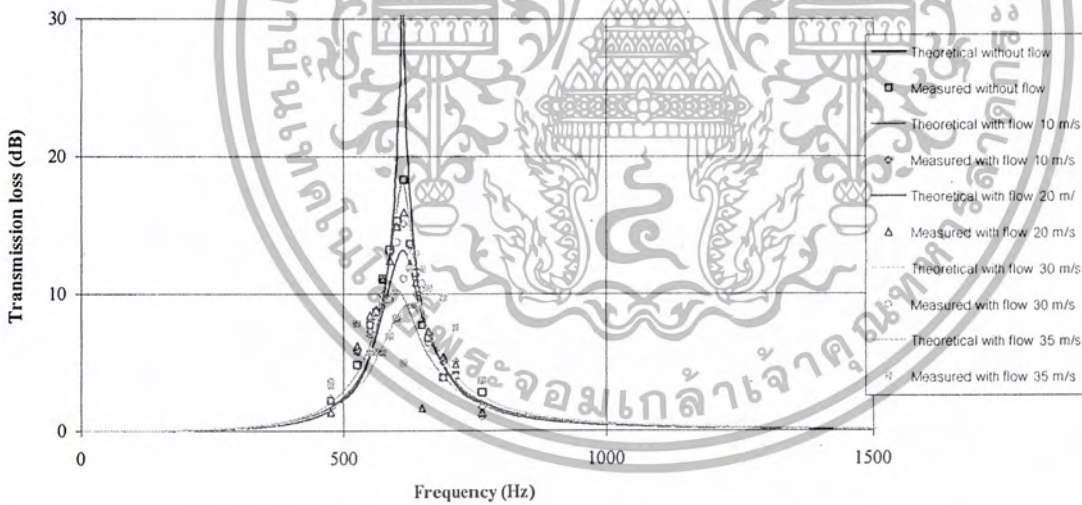
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.02 \text{ m}, D = 0.1493 \text{ m}, L = 0.09 \text{ m}, f_{r_0} = 200 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-45 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



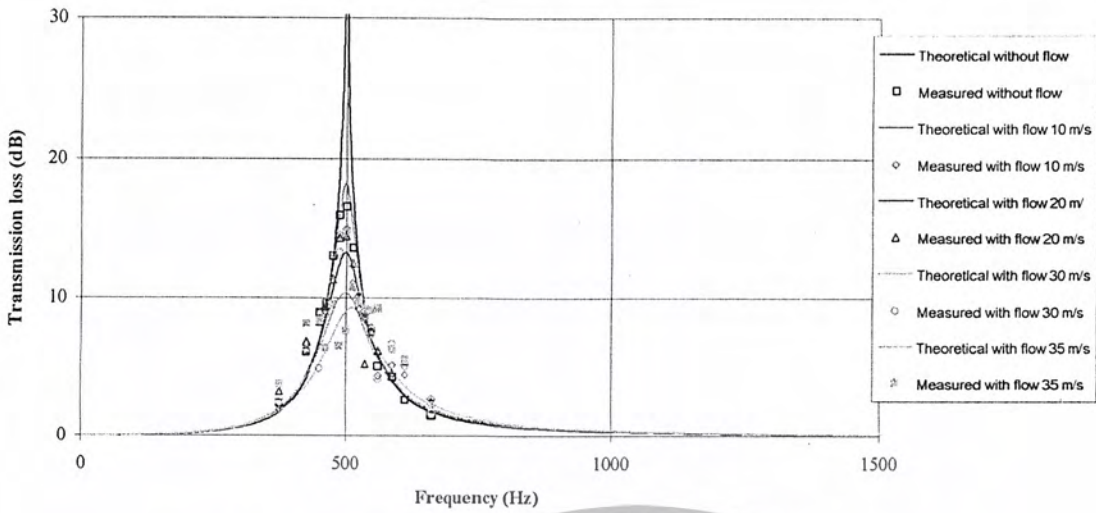
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.03 \text{ m}, D = 0.0513 \text{ m}, L = 0.03 \text{ m}, fr_0 = 875 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-46 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



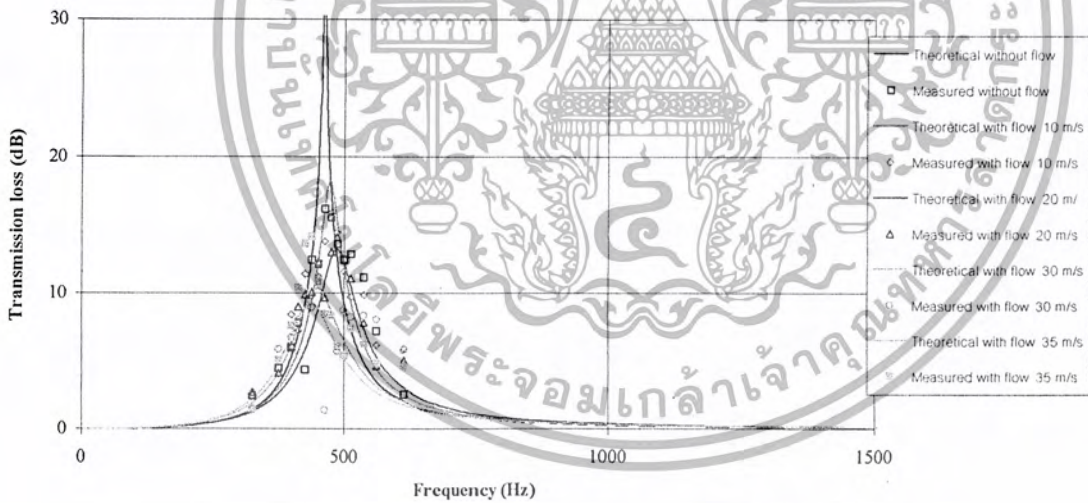
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.03 \text{ m}, D = 0.0513 \text{ m}, L = 0.06 \text{ m}, fr_0 = 612.5 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-47 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



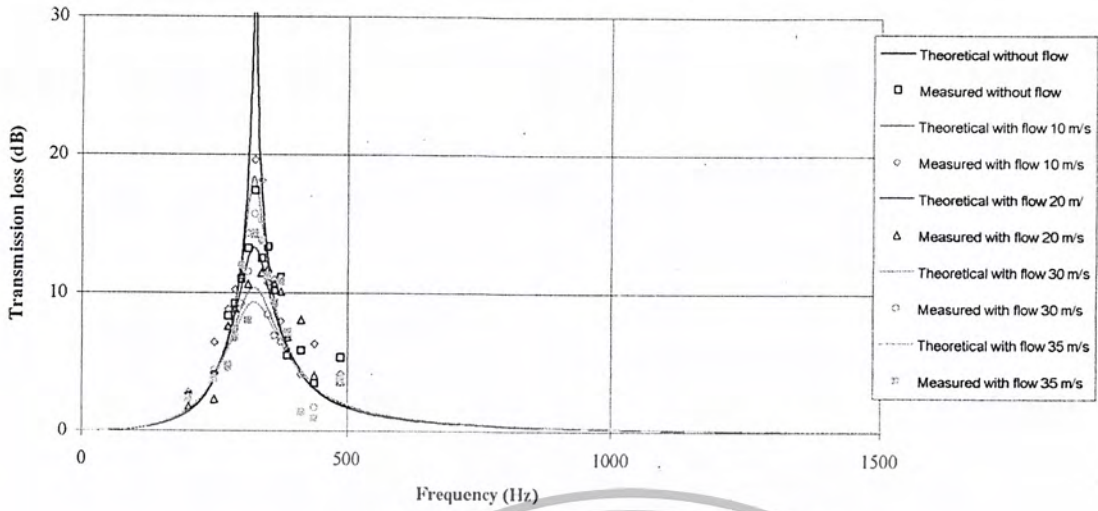
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.03 \text{ m}, D = 0.0513 \text{ m}, L = 0.09 \text{ m}, f_{r_0} = 500 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-48 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



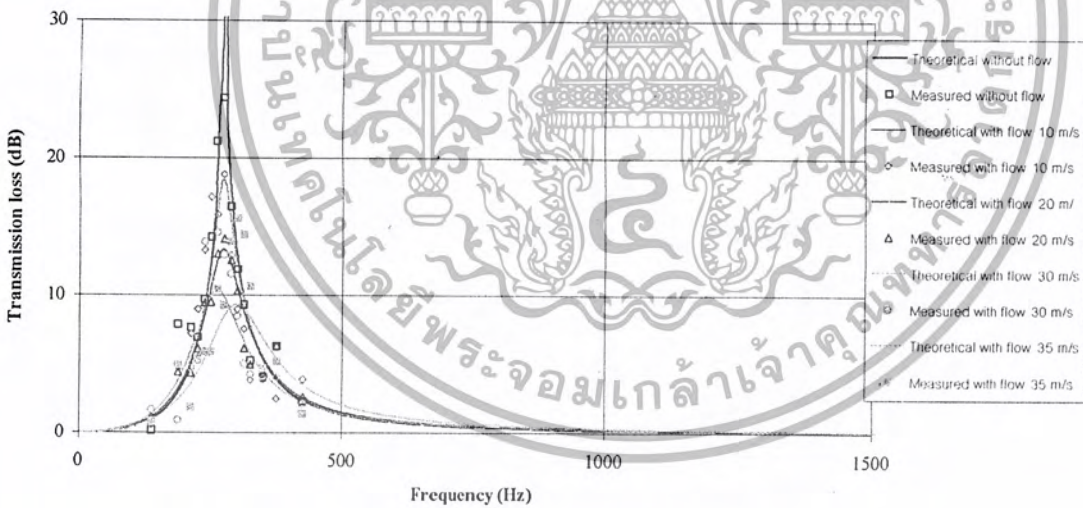
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.03 \text{ m}, D = 0.0967 \text{ m}, L = 0.03 \text{ m}, f_{r_0} = 462.5 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-49 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.03 \text{ m}, D = 0.0967 \text{ m}, L = 0.06 \text{ m}, fr_0 = 325 \text{ Hz}$

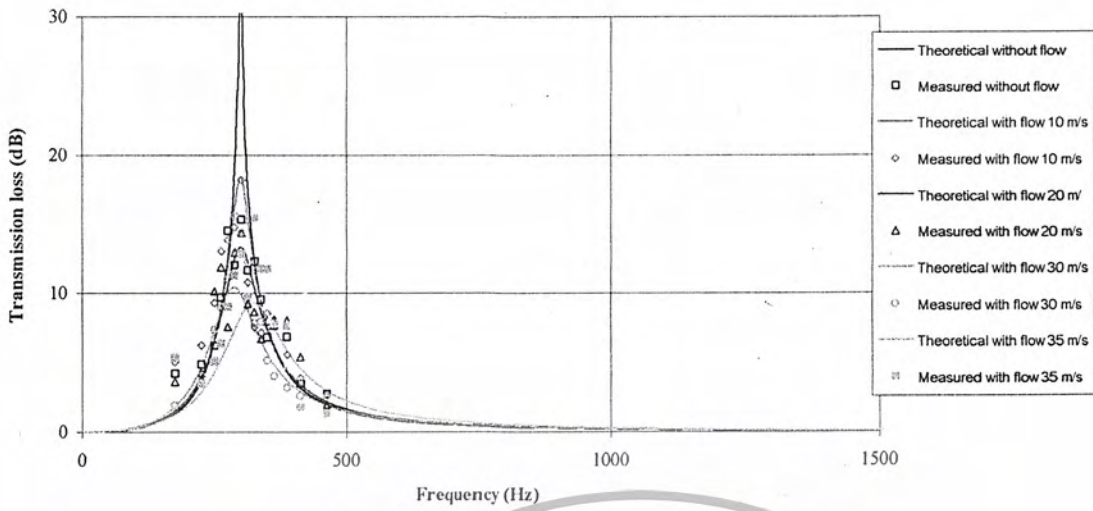
รูปที่ 4-50 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.03 \text{ m}, D = 0.0967 \text{ m}, L = 0.09 \text{ m}, fr_0 = 275 \text{ Hz}$

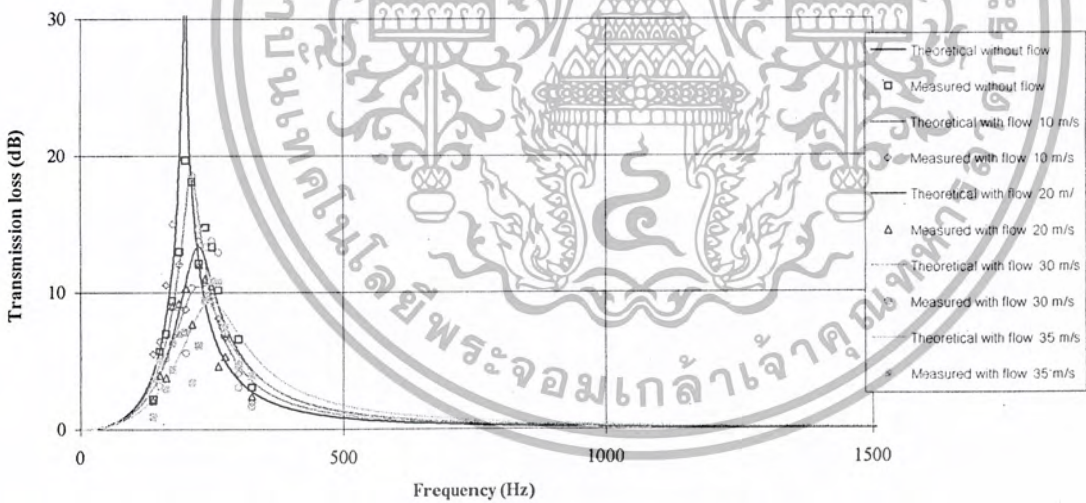
รูปที่ 4-51 Transmission Loss Characteristics of Square Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



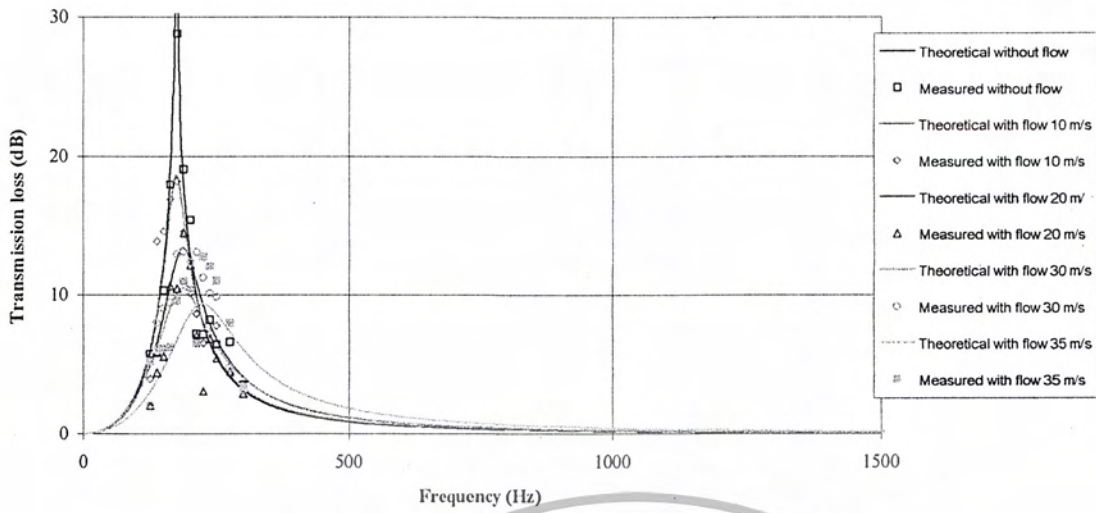
$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.03 \text{ m}, D = 0.1493 \text{ m}, L = 0.03 \text{ m}, f_{r_0} = 300 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-52 Transmission Loss Characteristics of Square Duct



$d = 0.03 \text{ m}, l = 0.03 \text{ m}, D = 0.1493 \text{ m}, L = 0.06 \text{ m}, f_{r_0} = 200 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-53 Transmission Loss Characteristics of Square Duct

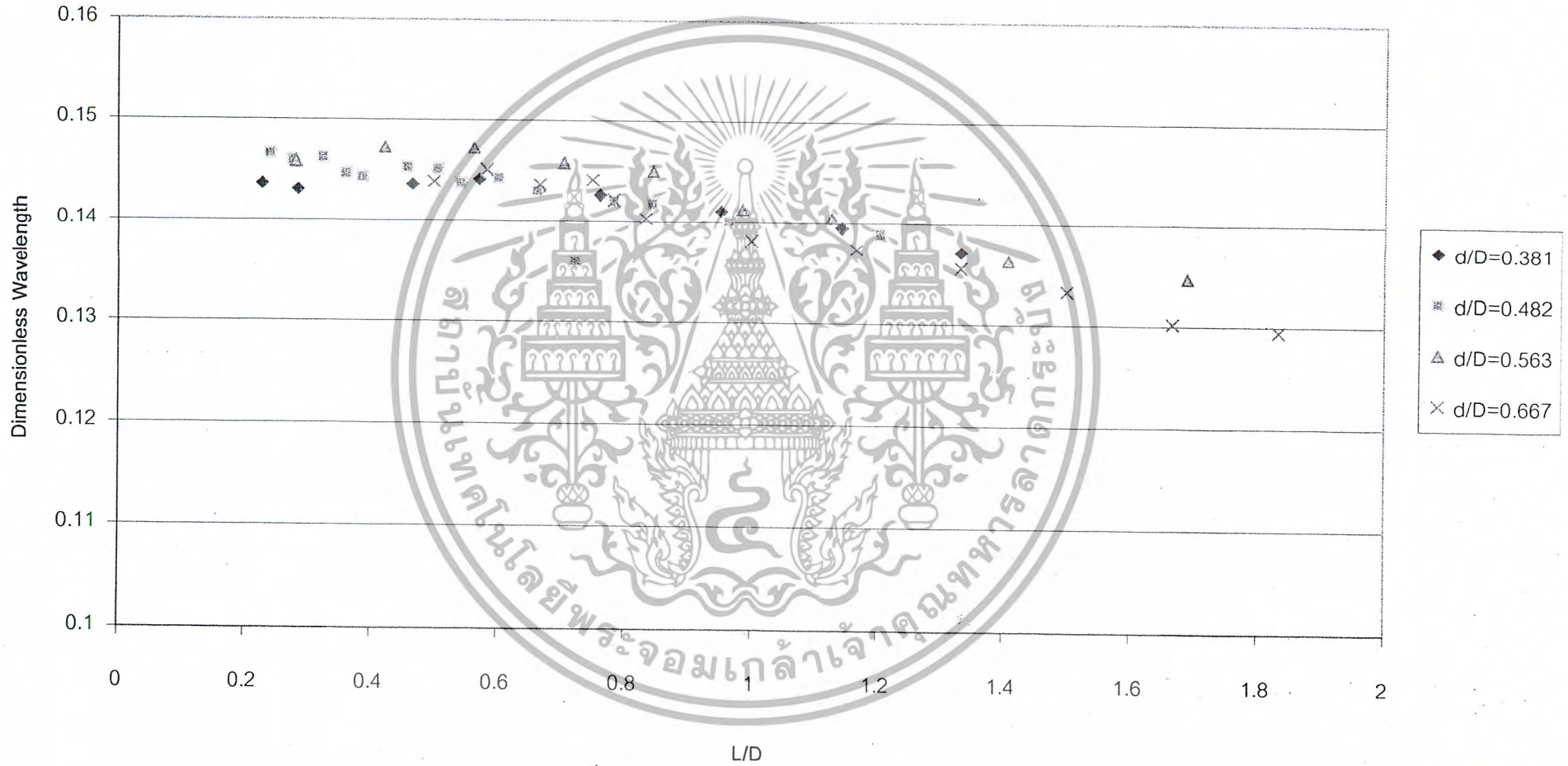


$d = 0.03 \text{ m}$ ,  $l = 0.03 \text{ m}$ ,  $D = 0.1493 \text{ m}$ ,  $L = 0.09 \text{ m}$ ,  $f_{r_0} = 175 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-54 Transmission Loss Characteristics of Square Duct

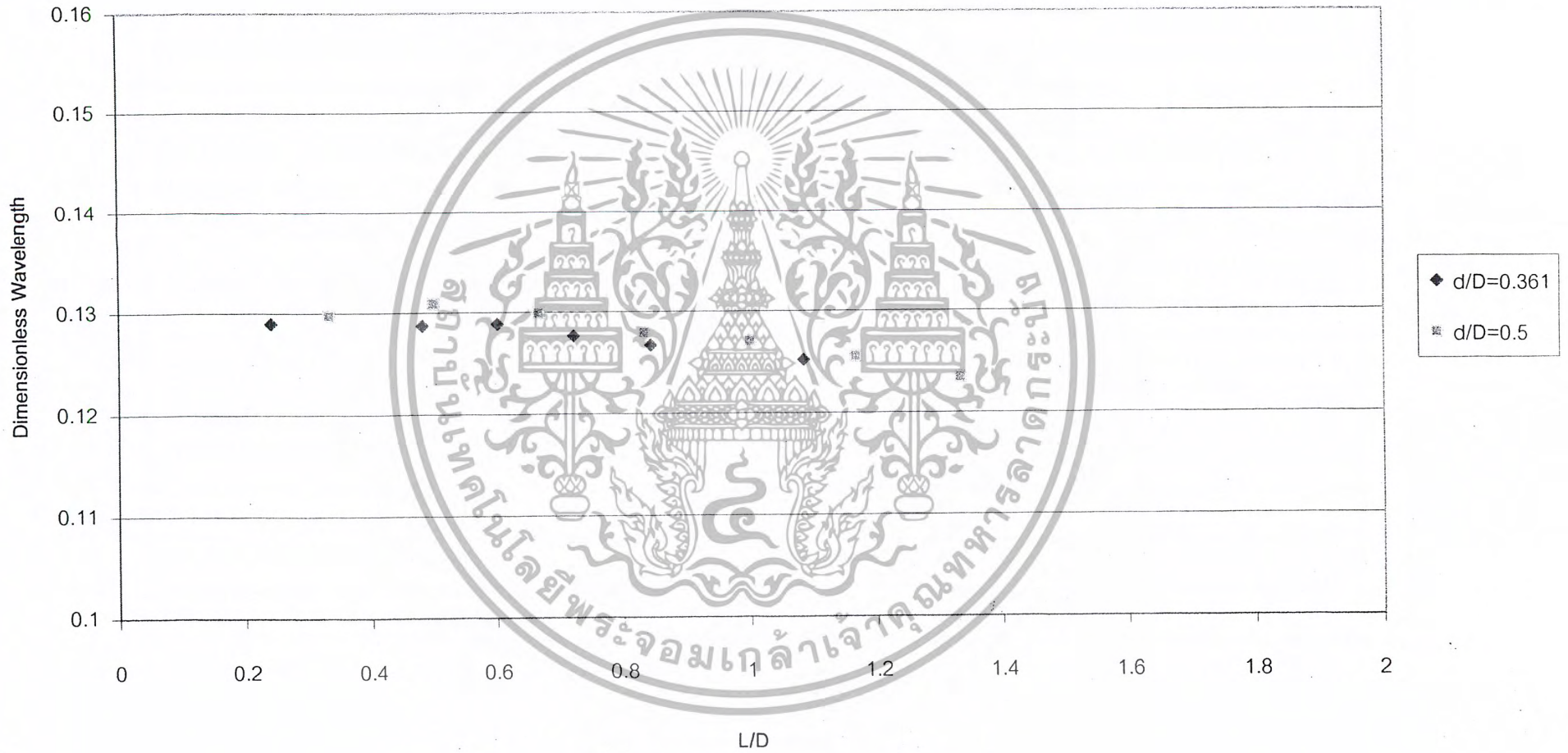


$$d/D=0.784 \quad l/d=0.5$$



รูปที่ 4-55 Open-end correction (Square duct)

$$d/D_o=0.588 \quad l/d=0.667$$



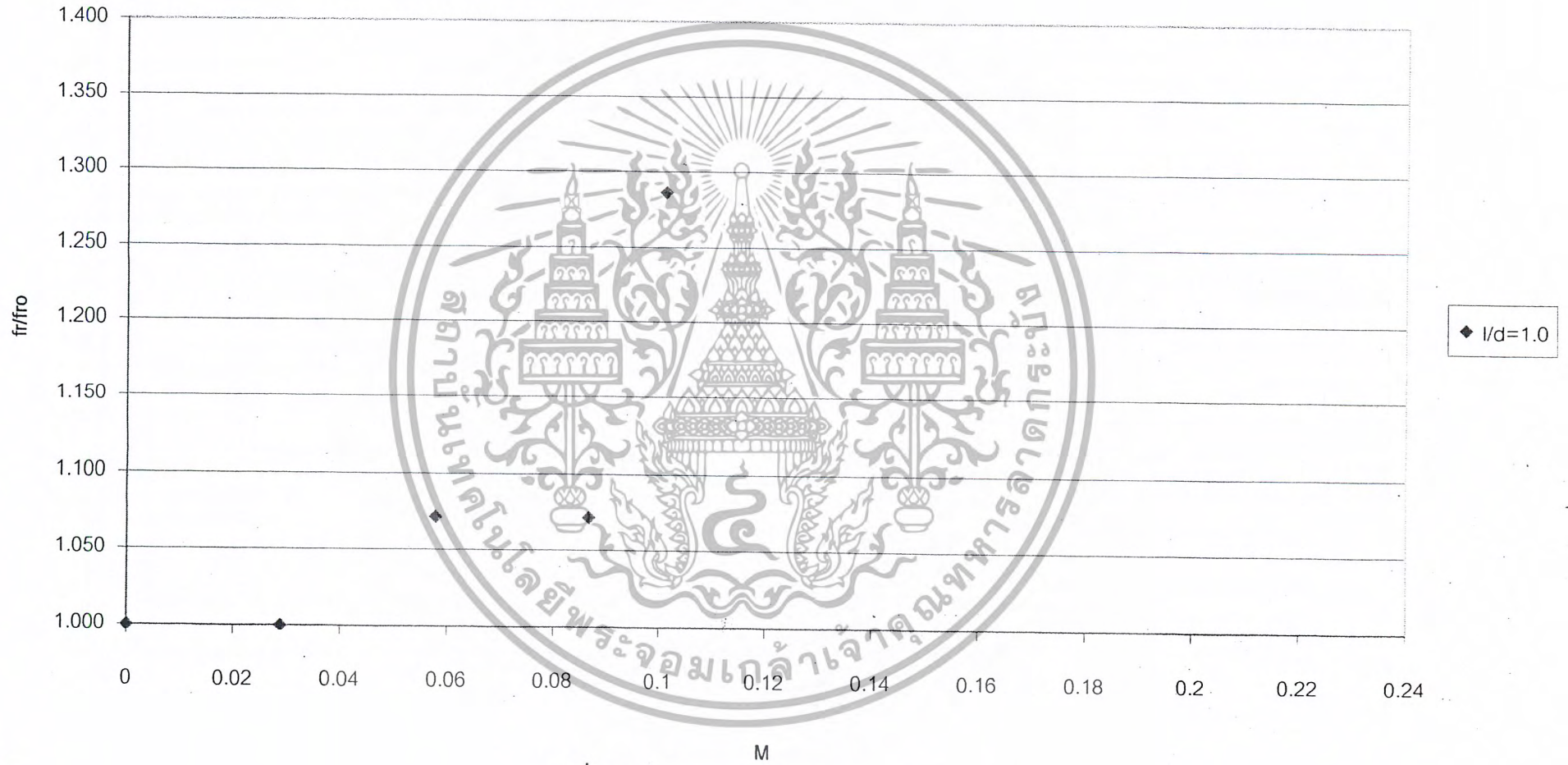
รูปที่ 4-56 Open-end correction (Square duct)

$d/D=0.784, 0.424 \quad l/d=1.0$



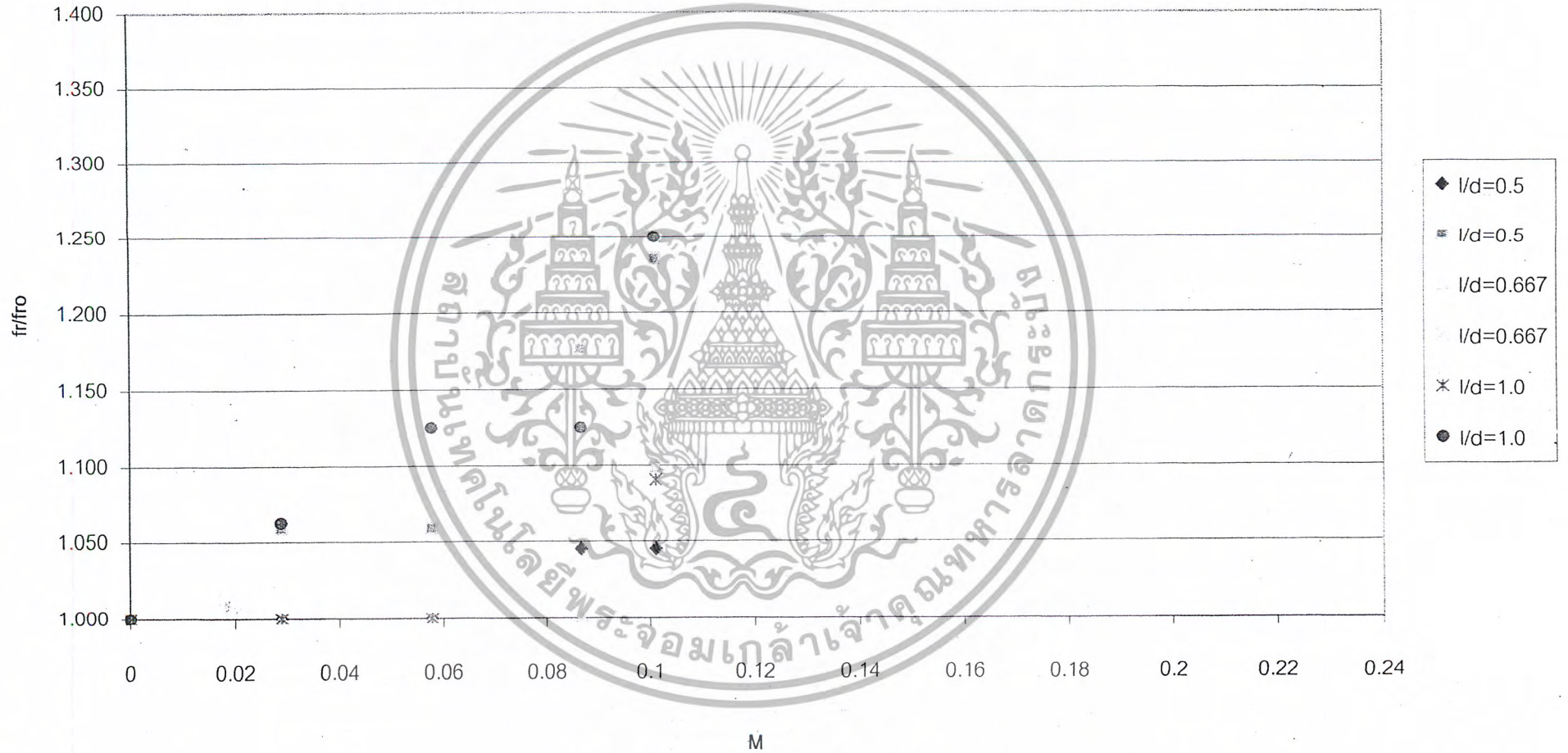
รูปที่ 4-57 Open-end correction (Square duct)

$f_{ro}=175 \text{ Hz}$



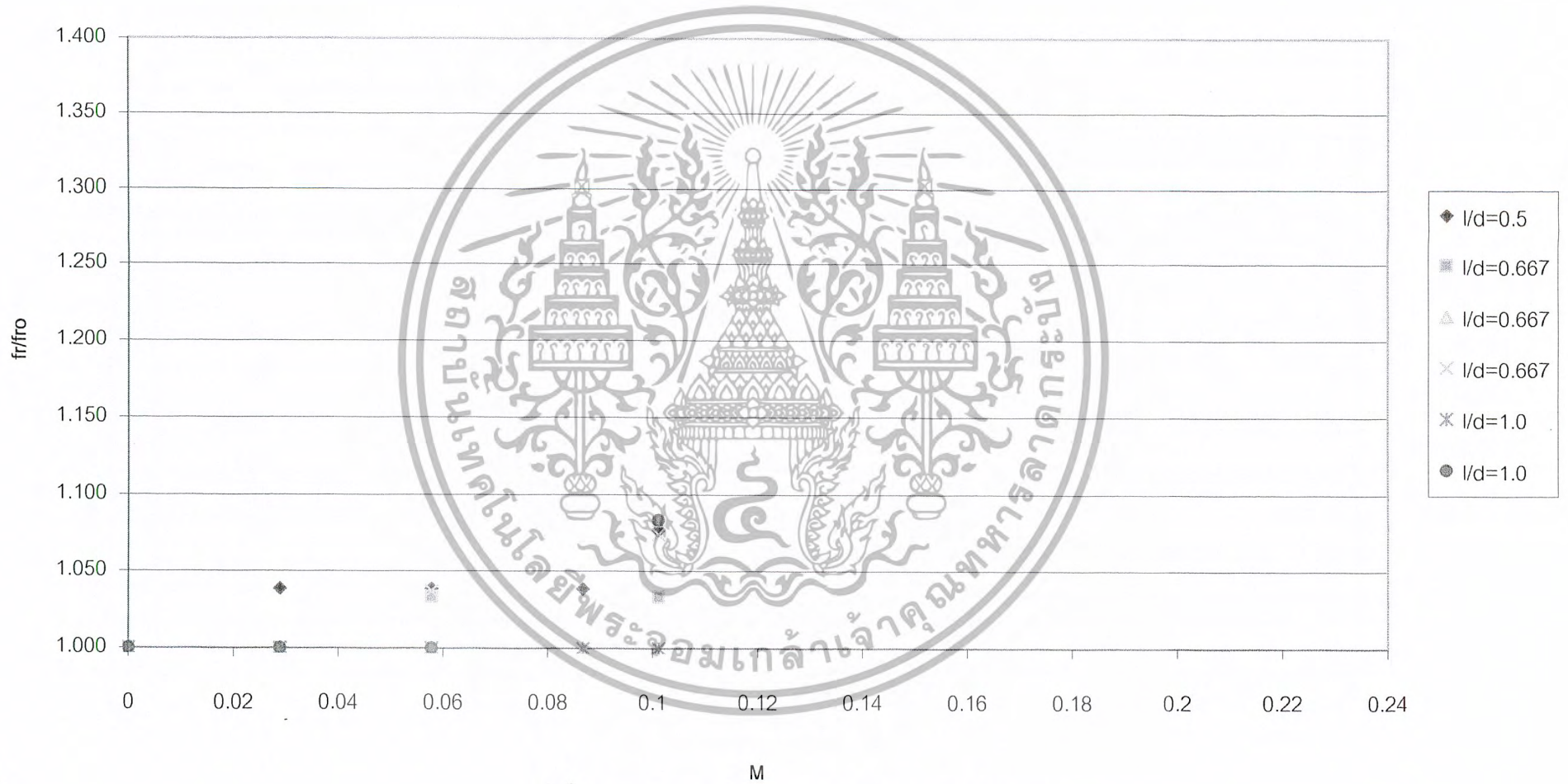
รูปที่ 4-58 Frequency Characteristics (Square duct)

fro=275 Hz



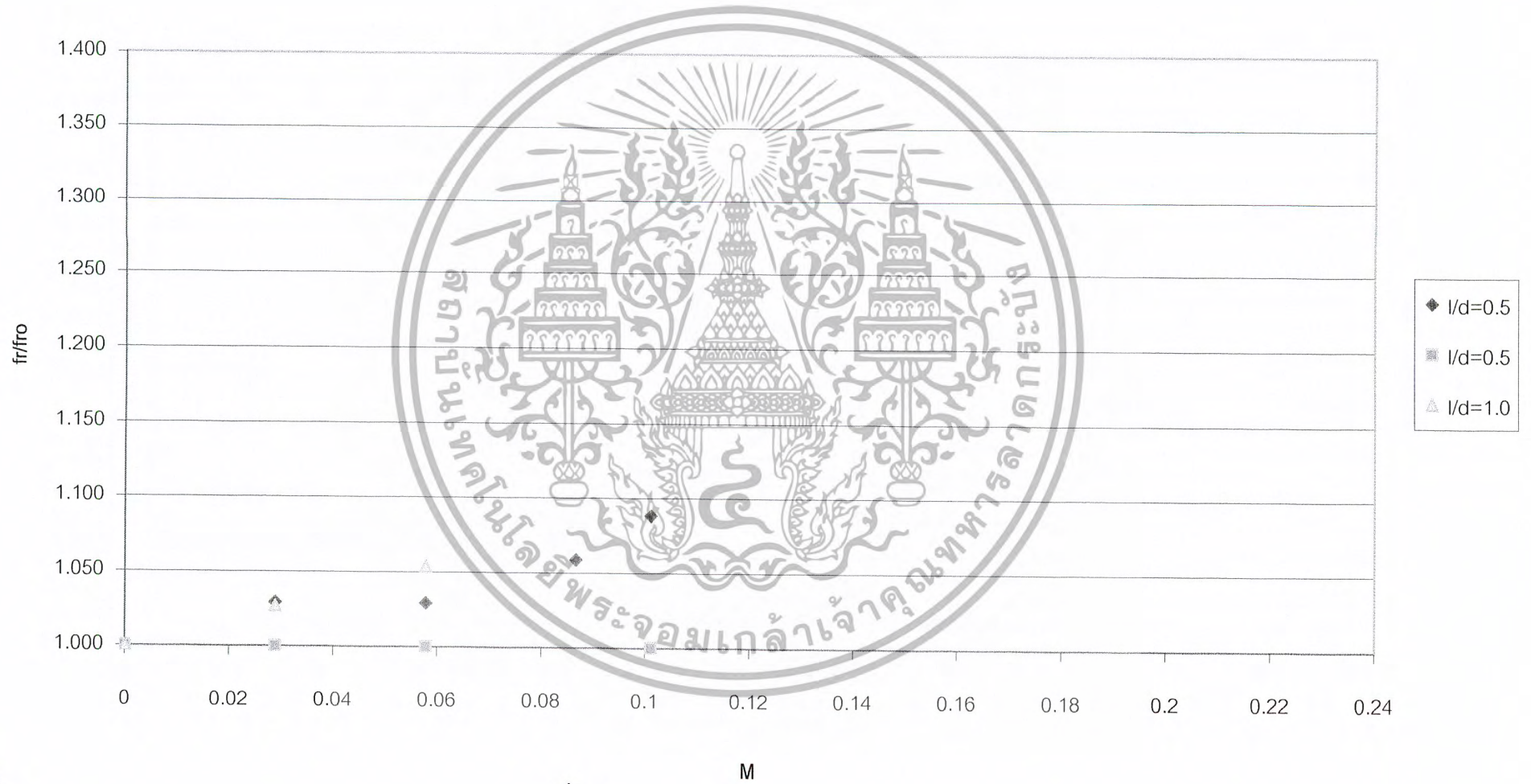
รูปที่ 4-59 Frequency Characteristics (Square duct)

f<sub>ro</sub>=325 Hz



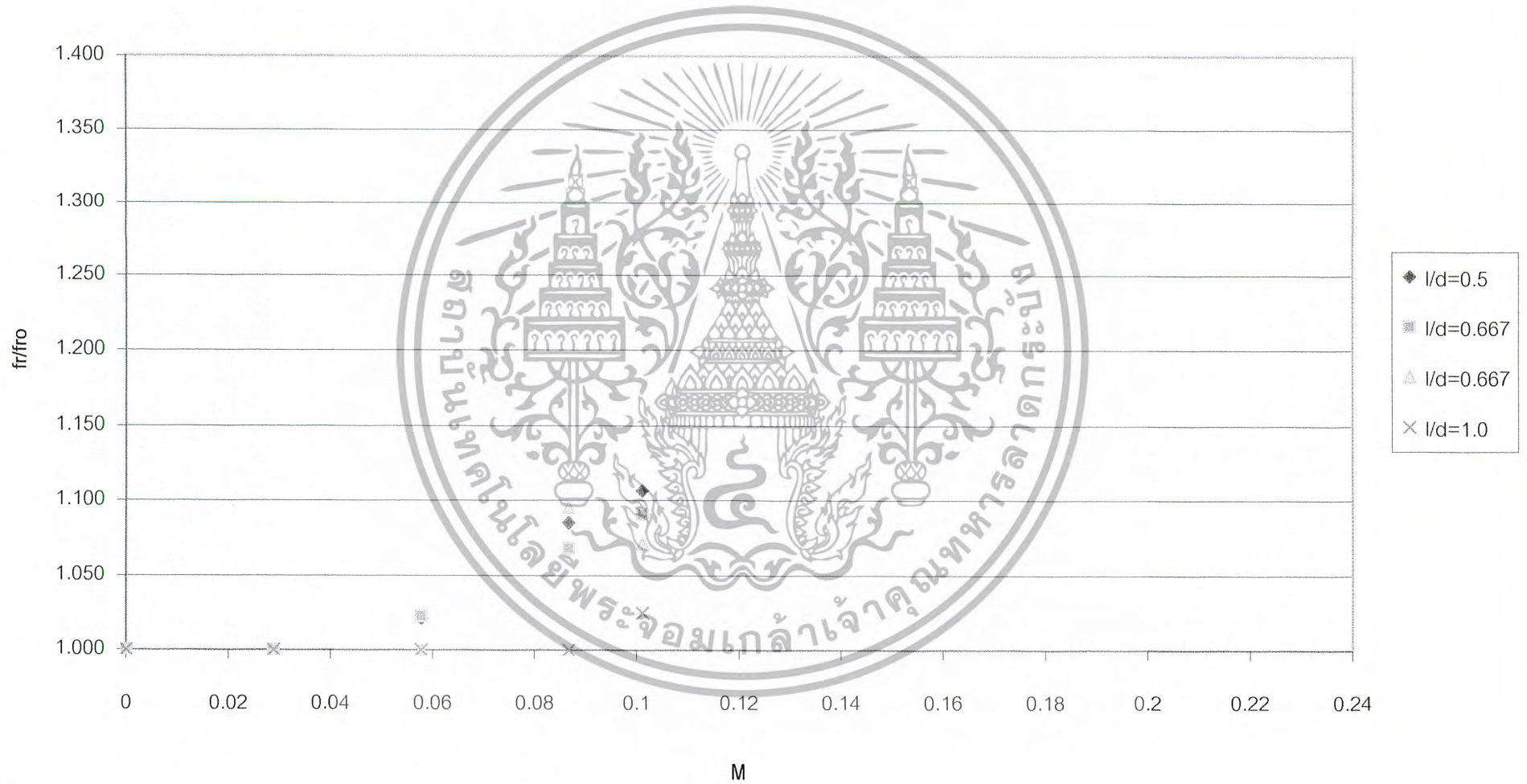
รูปที่ 4-60 Frequency Characteristics (Square duct)

$f_{ro}=425$  Hz



รูปที่ 4-61 Frequency Characteristics (Square duct)

fro=587.5 Hz



รูปที่ 4-62 Frequency Characteristics (Square duct)

$f_{ro}=612.5 \text{ Hz}$



รูปที่ 4-63 Frequency Characteristics (Square duct)

fro = 750 Hz



รูปที่ 4-64 Frequency Characteristics (Square duct)

fro=875 Hz



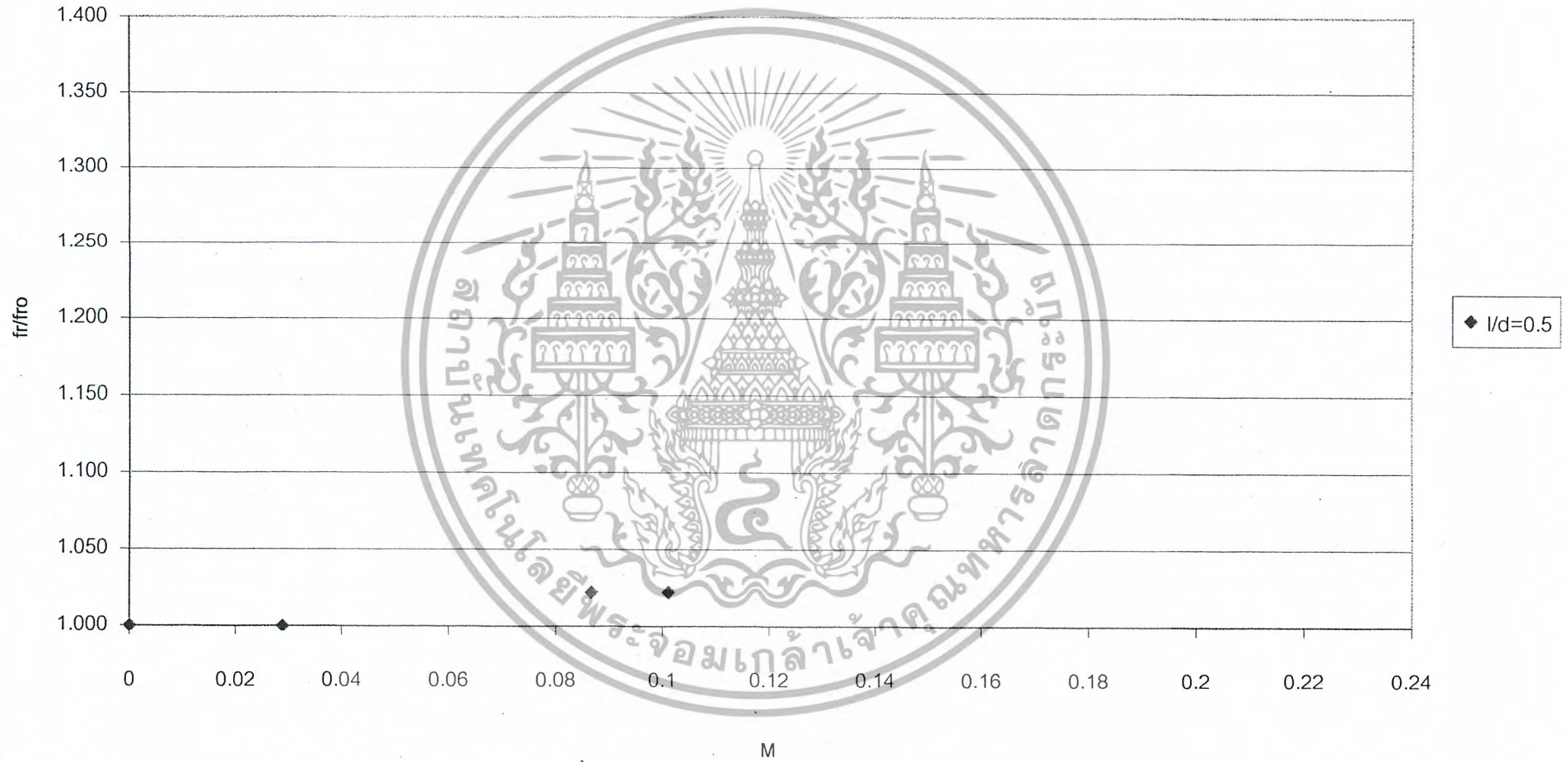
รูปที่ 4-65 Frequency Characteristics (Square duct)

fro=1012.5 Hz



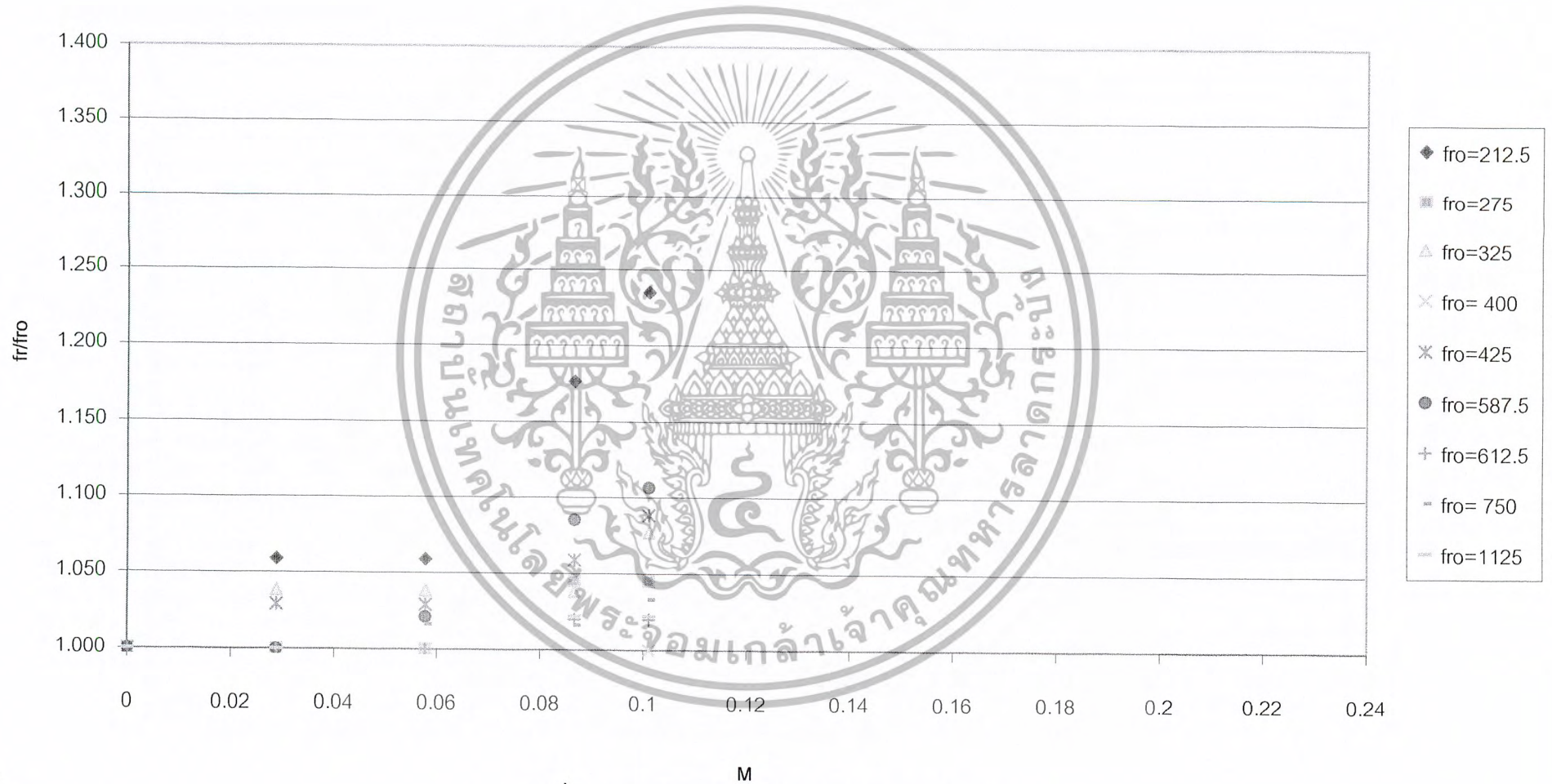
รูปที่ 4-66 Frequency Characteristics (Square duct)

fro=1125 Hz



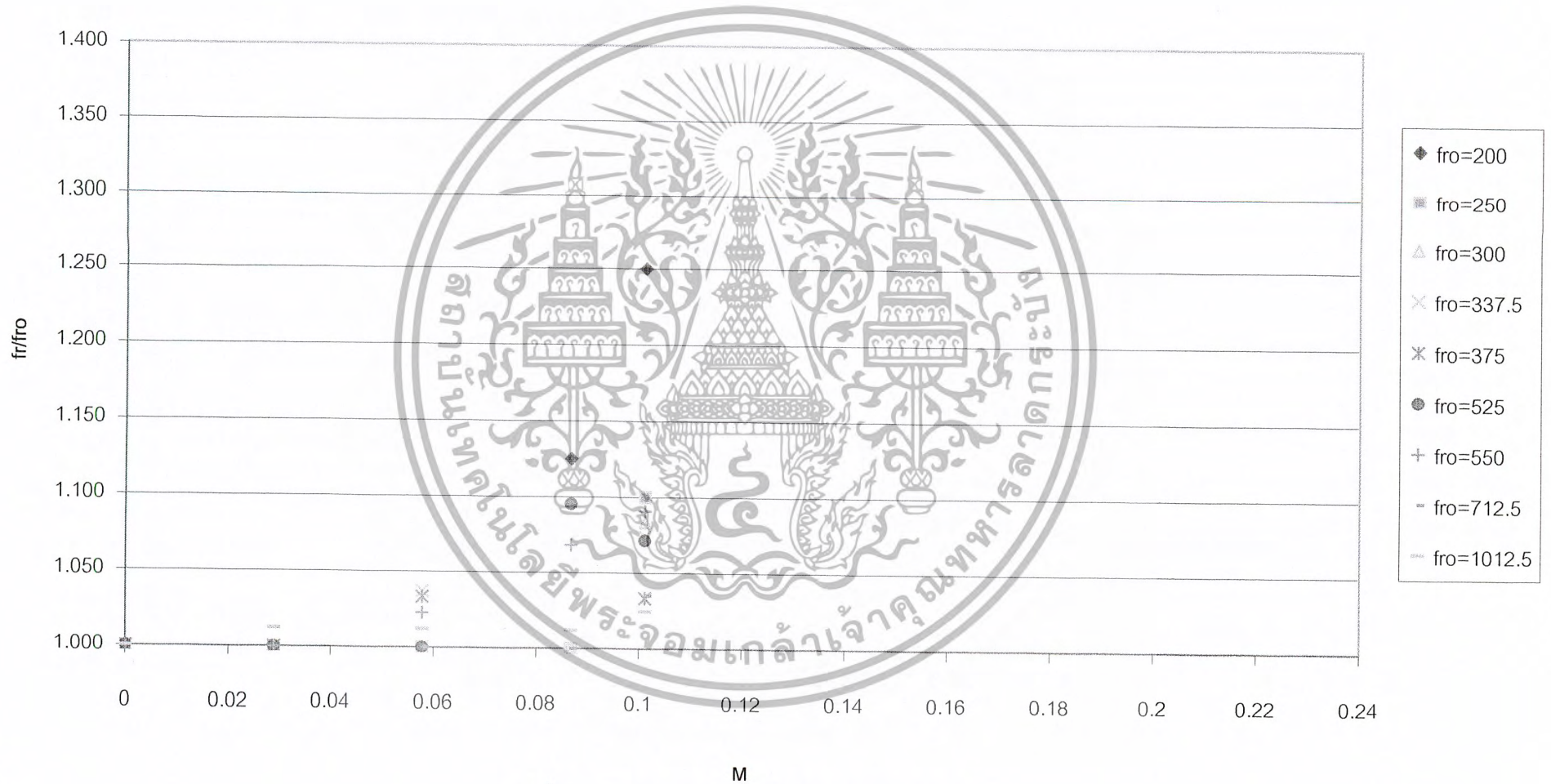
รูปที่ 4-67 Frequency Characteristics (Square duct)

$l/d=0.5$



รูปที่ 4-68 Frequency Characteristics (Square duct)

$l/d=0.667$



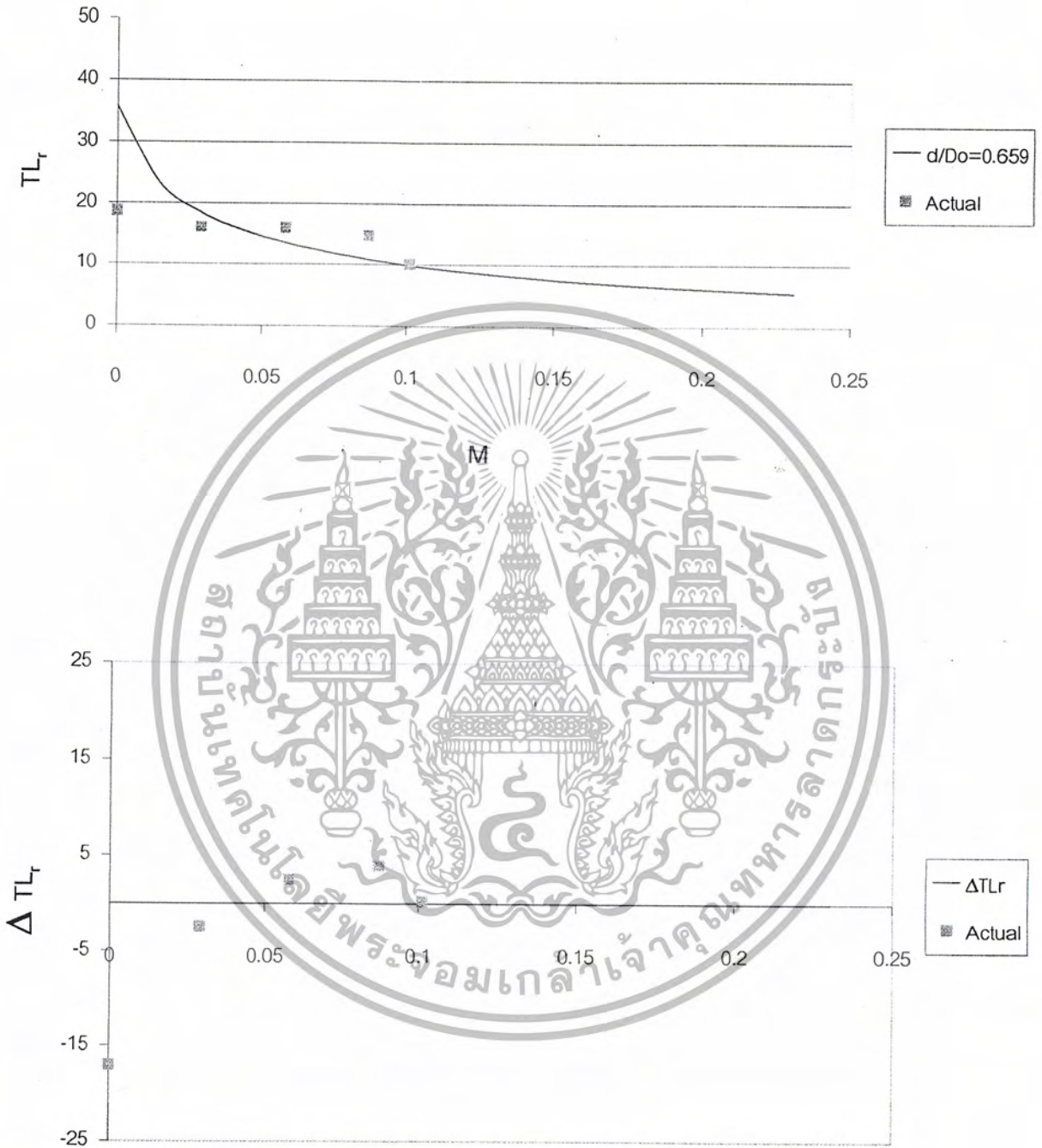
รูปที่ 4-69 Frequency Characteristics (Square duct)

$l/d=1.0$



รูปที่ 4-70 Frequency Characteristics (Square duct)

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=5.8051 \times 10^{-3} \quad fr_o=1125 \text{ Hz}$$

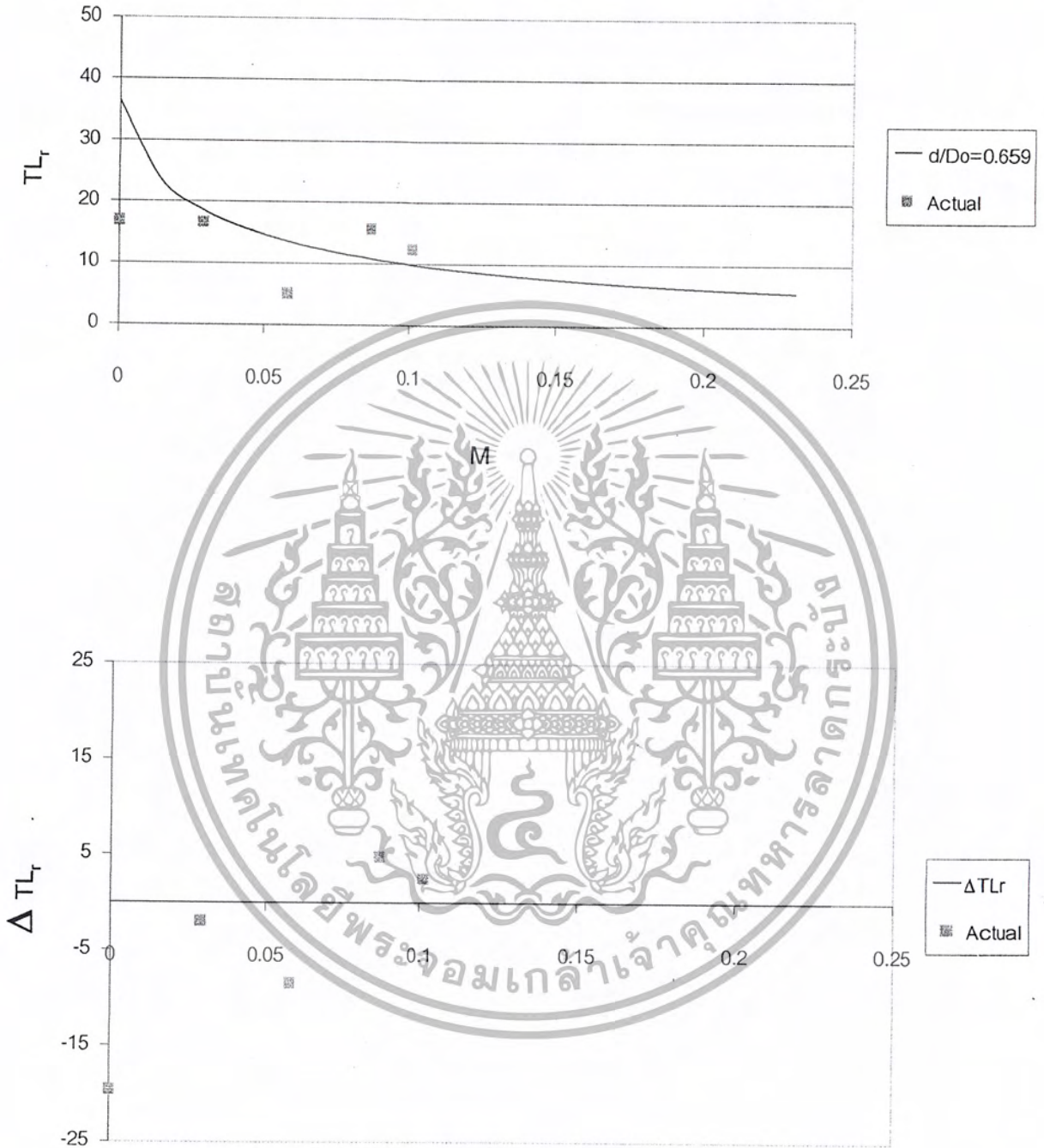


M

รูปที่ 4-71 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=5.3324 \times 10^{-3} \quad fr_o=750 \text{ Hz}$$

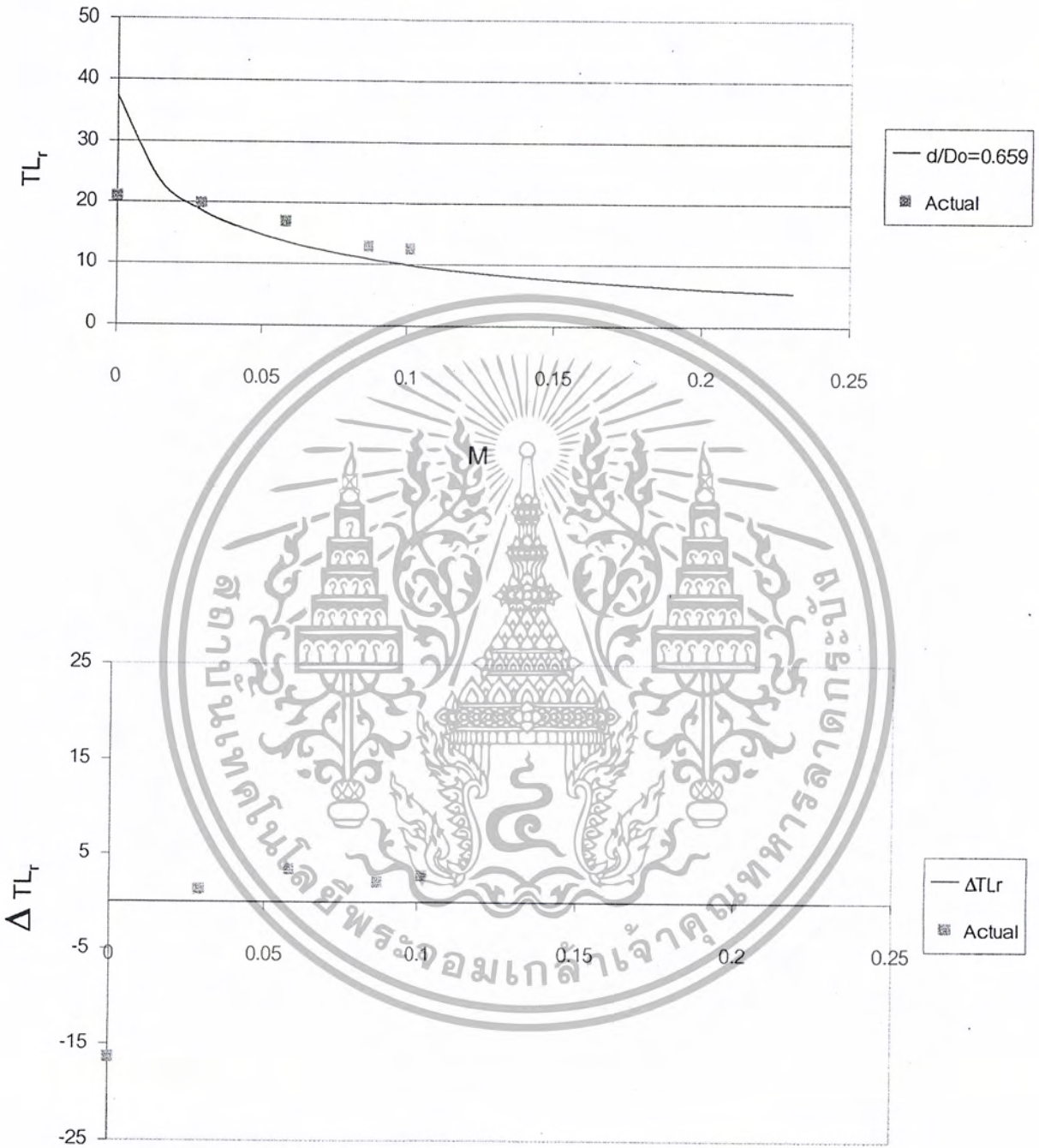


M

รูปที่ 4-72 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=4.8168 \times 10^{-3} \quad fr_0=612.5 \text{ Hz}$$

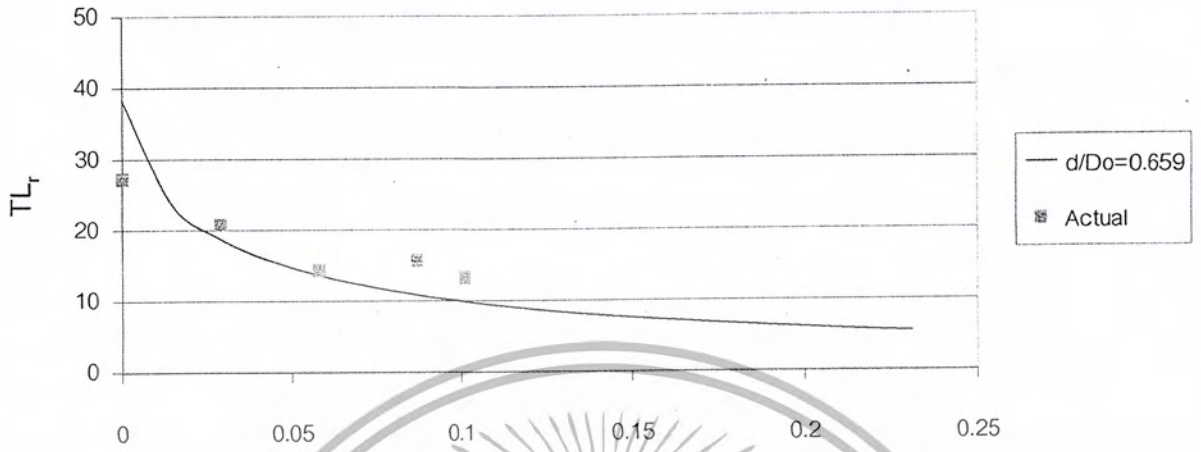


M

รูปที่ 4-73 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=4.3292 \times 10^{-3} \quad fr_0=587.5 \text{ Hz}$$

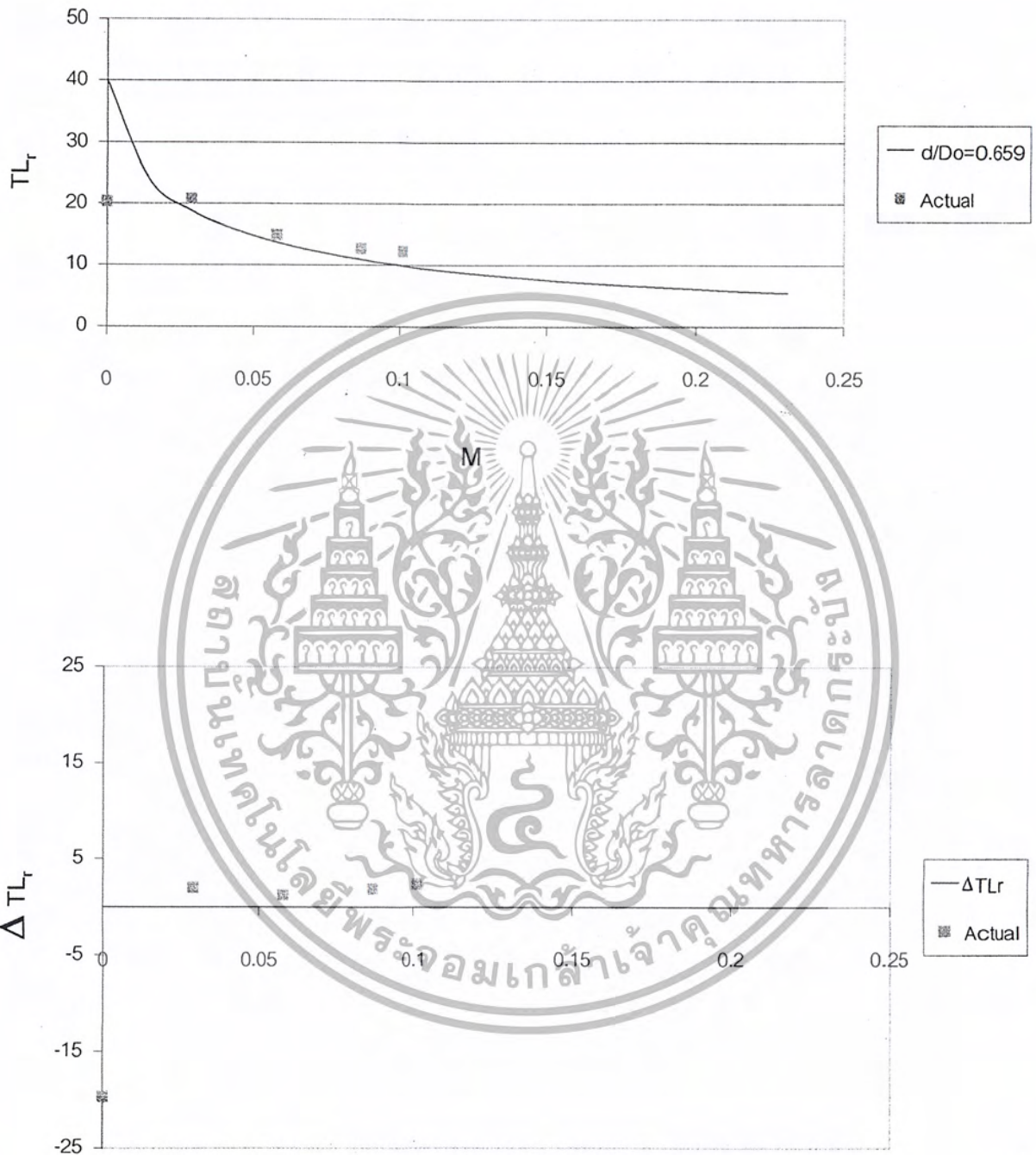


M

รูปที่ 4-74 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=3.5181 \times 10^{-3} \quad fr_o=425 \text{ Hz}$$

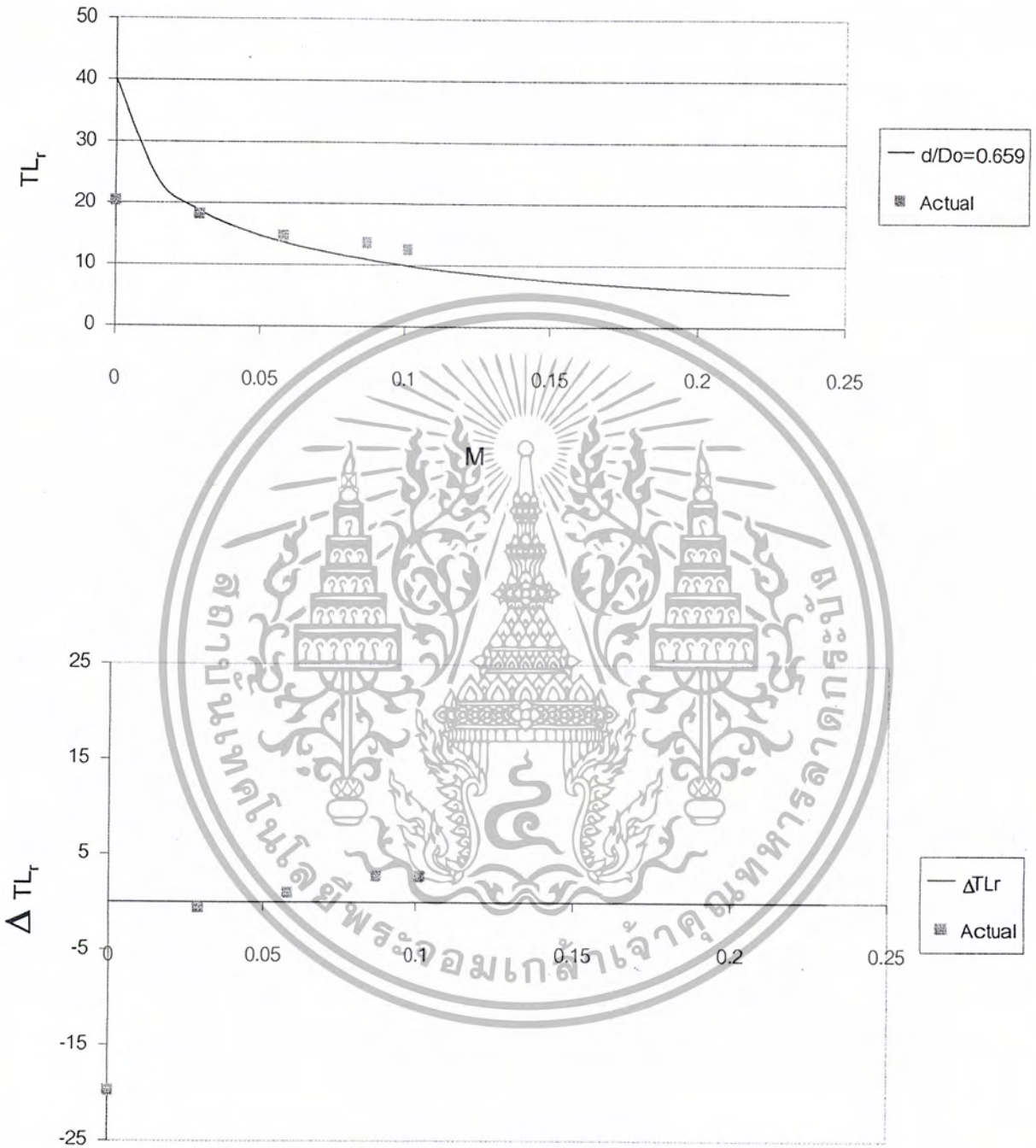


M

รูปที่ 4-75 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=3.5073 \times 10^{-3} \quad fr_o=325 \text{ Hz}$$

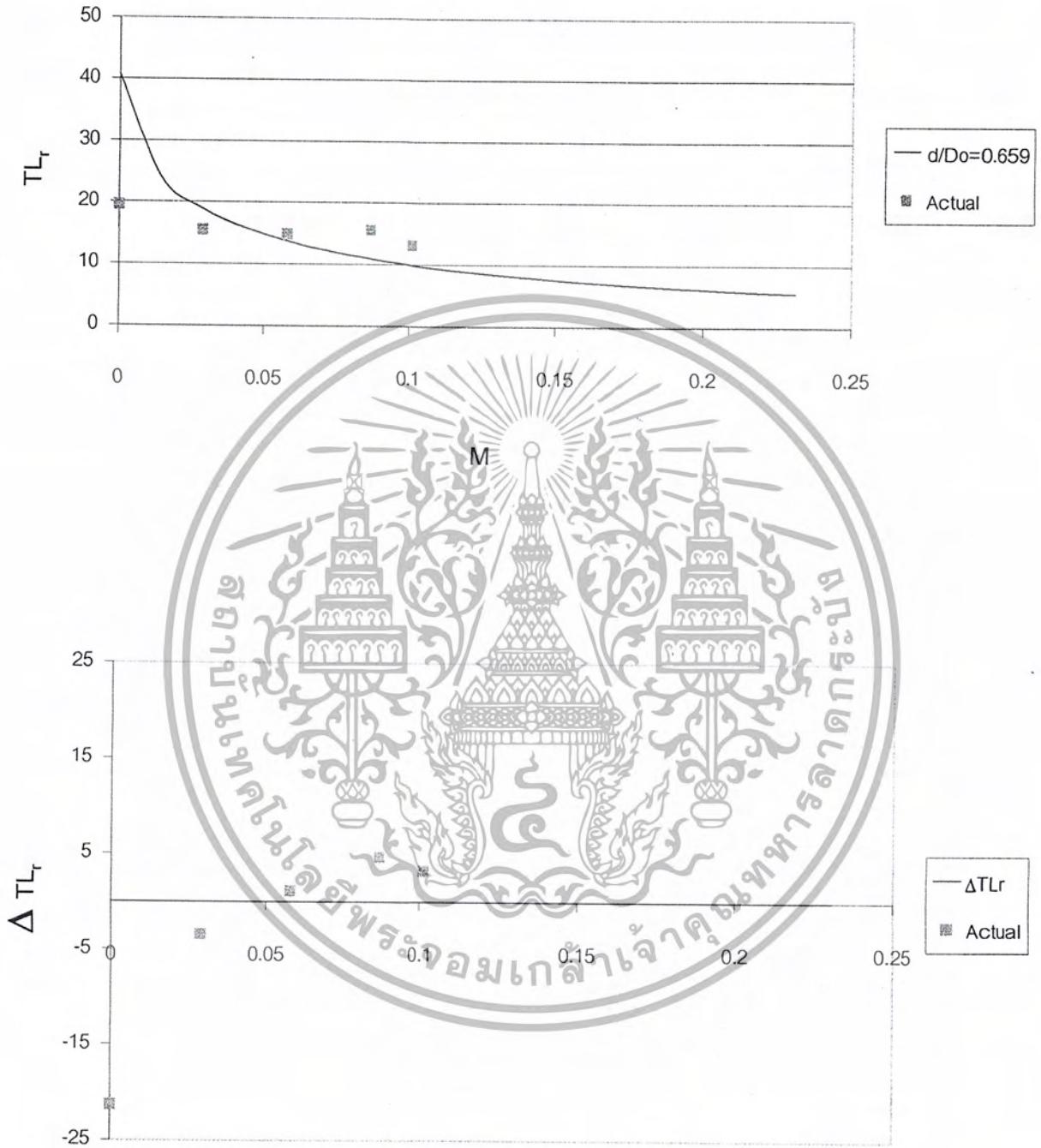


M

รูปที่ 4-76 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=3.2327 \times 10^{-3} \quad fr_0=400 \text{ Hz}$$

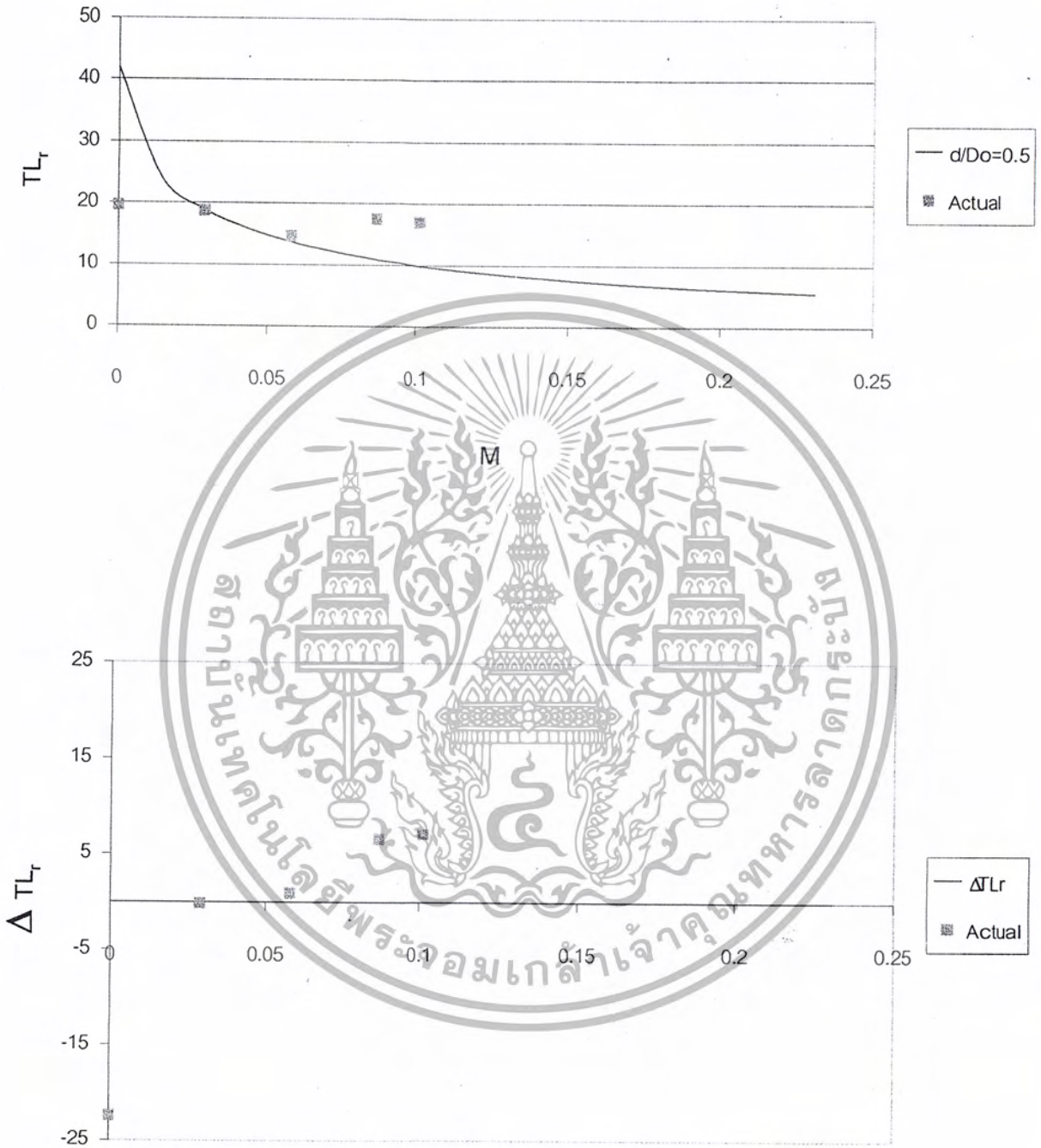


M

รูปที่ 4-77 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=2.8355 \times 10^{-3} \quad fr_o=275 \text{ Hz}$$

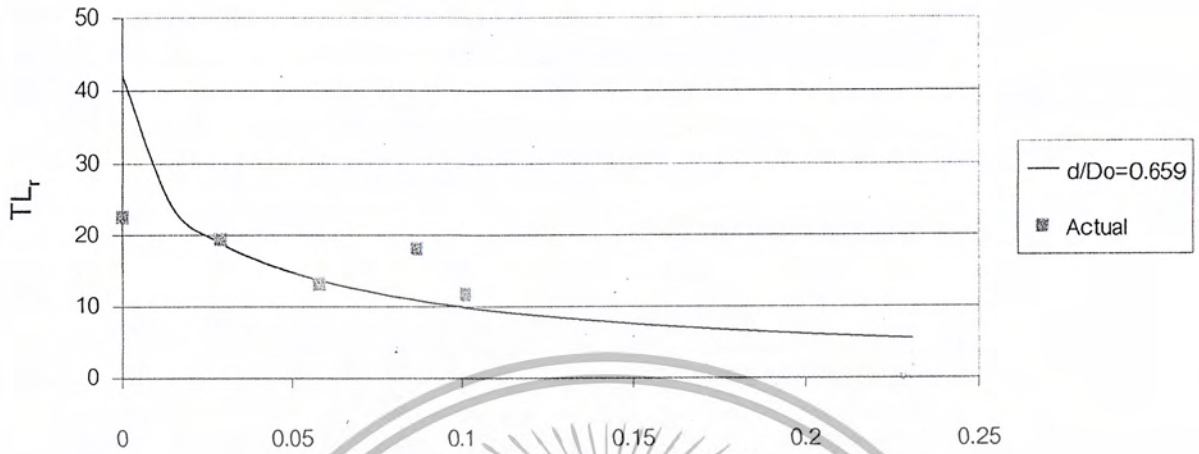


M

รูปที่ 4-78 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=2.7829 \times 10^{-3} \quad fr_o=212.5 \text{ Hz}$$

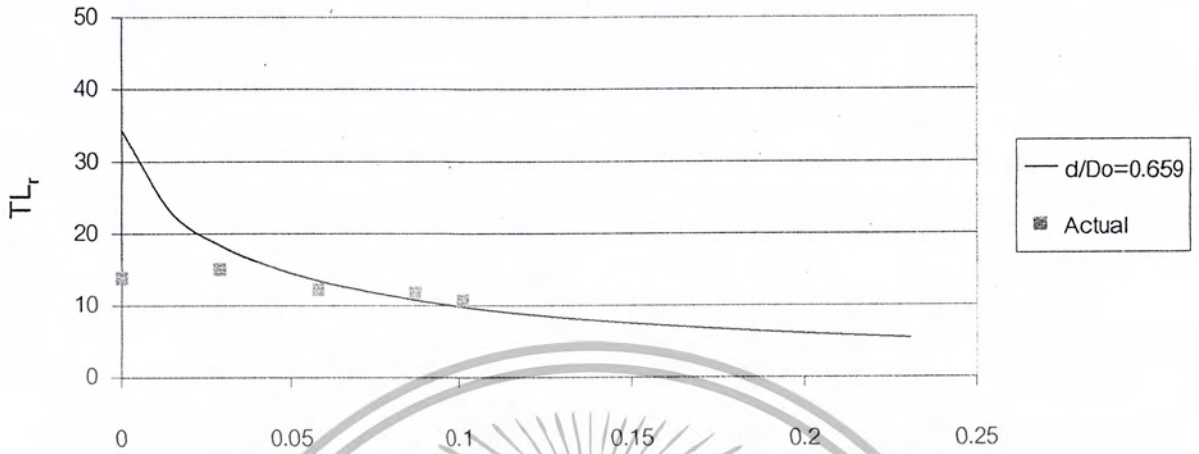


M

รูปที่ 4-79 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=6.7991 \times 10^{-3} \quad fr_o = 1012.5 \text{ Hz}$$

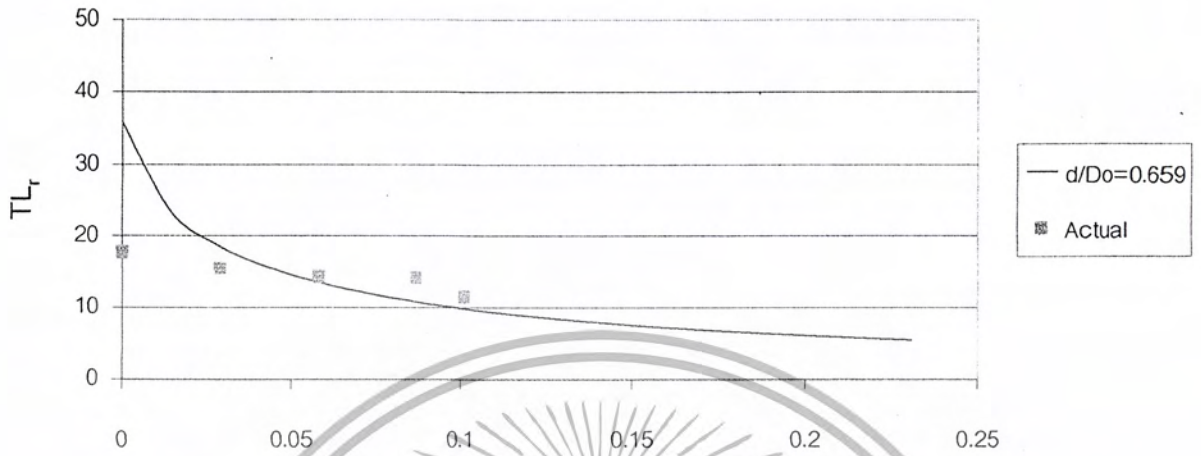


M

รูปที่ 4-80 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=5.7588 \times 10^{-3} \quad fr_o=712.5 \text{ Hz}$$

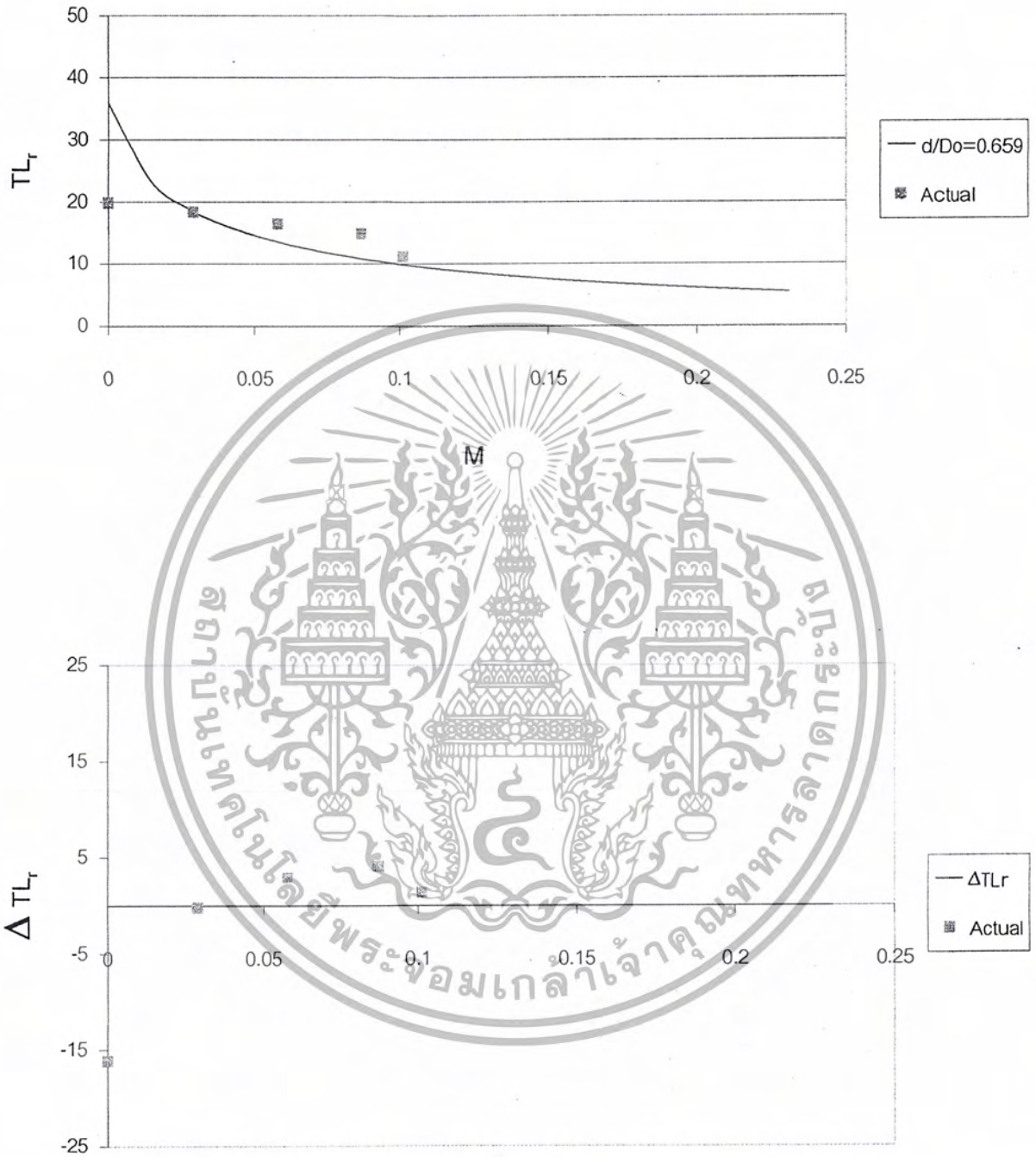


M

รูปที่ 4-81 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=5.6608 \times 10^{-3} \quad fr_o=550 \text{ Hz}$$

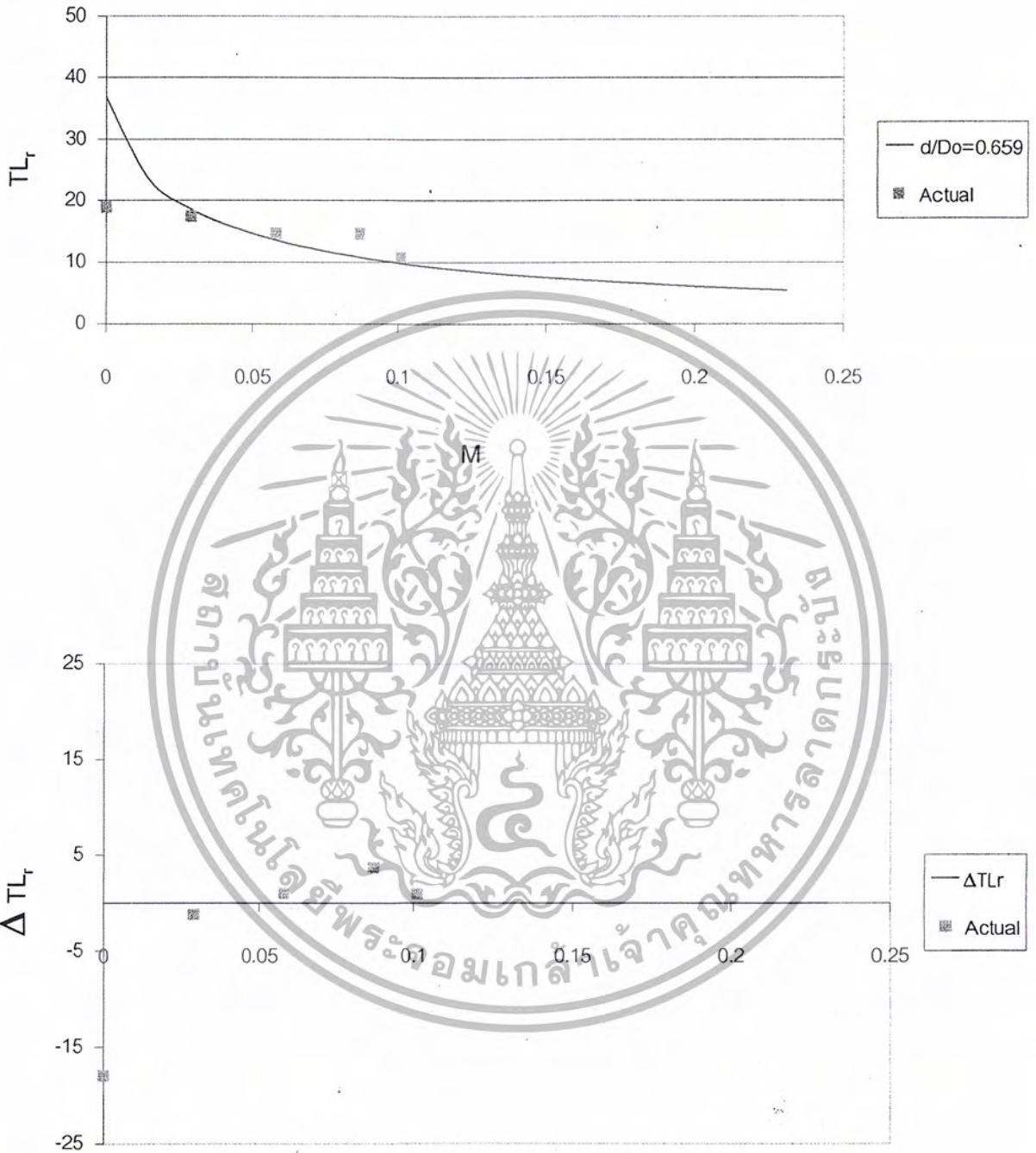


M

รูปที่ 4-82 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=5.1249 \times 10^{-3} \quad fr_o=525 \text{ Hz}$$

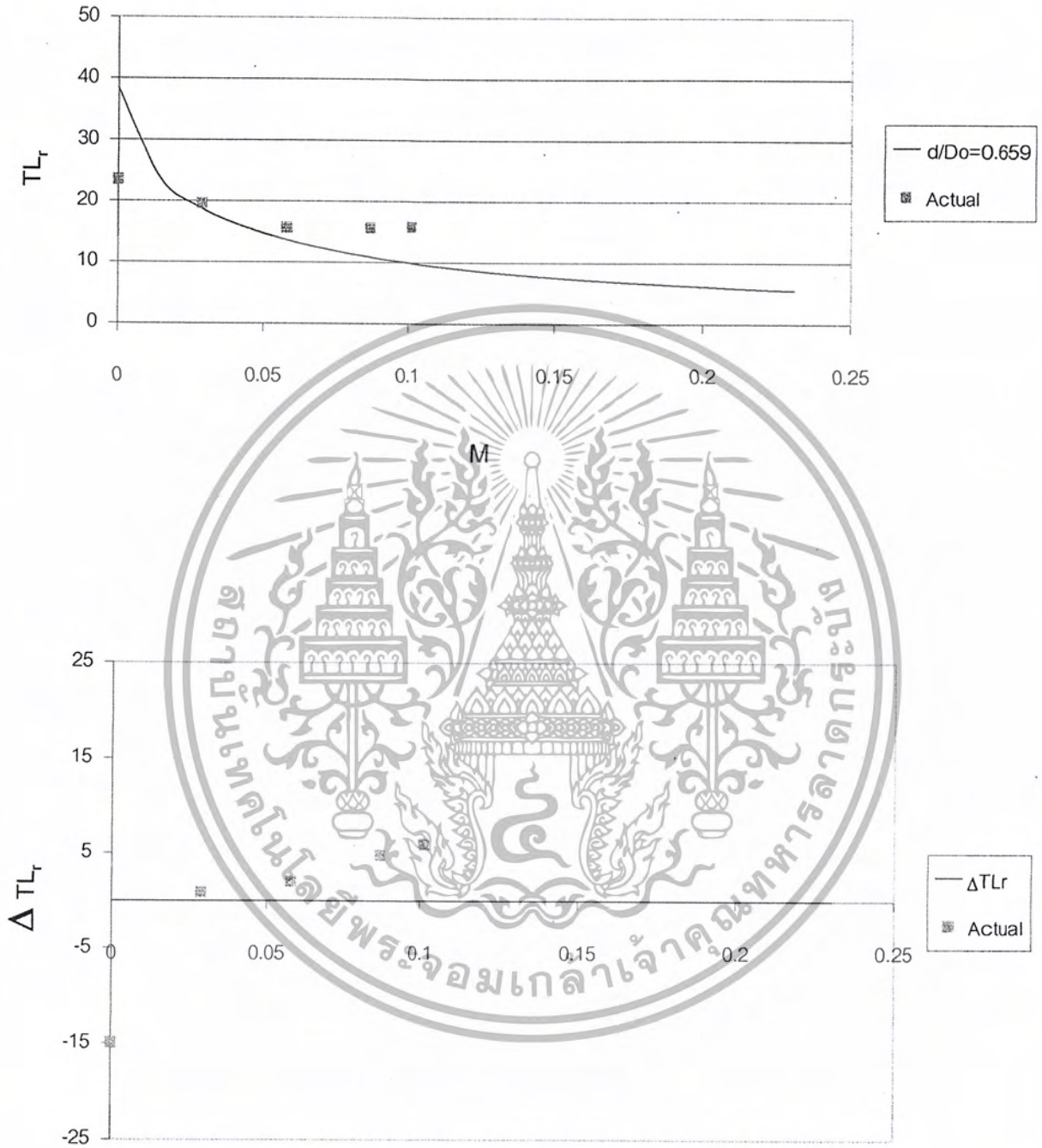


M

รูปที่ 4-83 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=4.2447 \times 10^{-3} \quad fr_o=375 \text{ Hz}$$

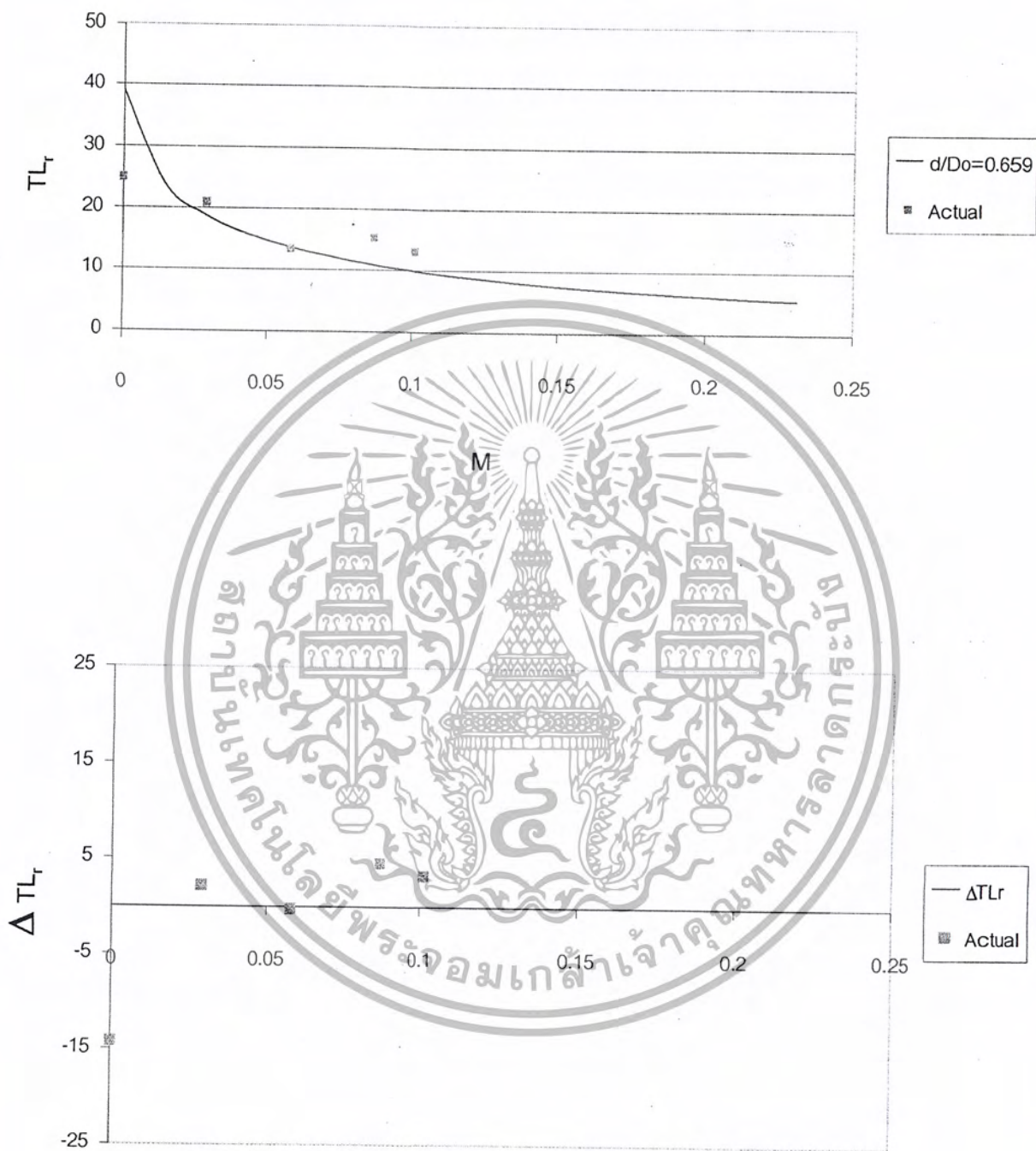


M

รูปที่ 4-84 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=3.9548 \times 10^{-3} \quad fr_o=300 \text{ Hz}$$

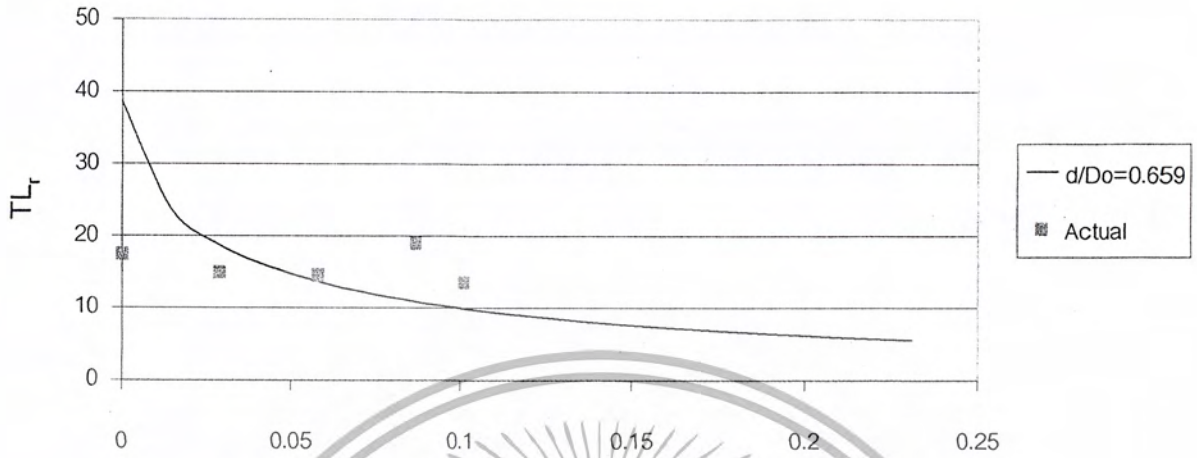


M

รูปที่ 4-85 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=4.1710 \times 10^{-3} \quad fr_o=337.5 \text{ Hz}$$

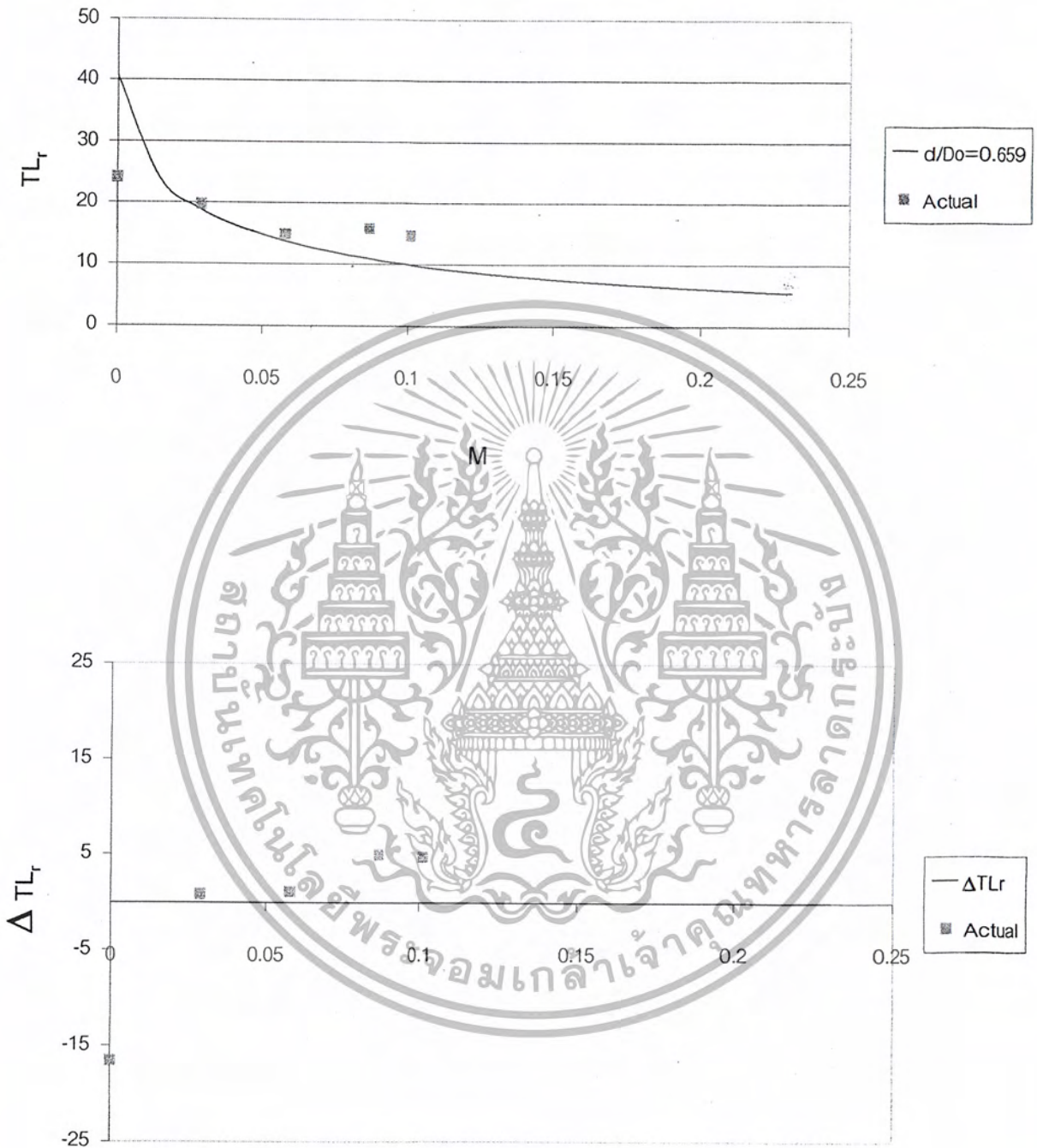


M

รูปที่ 4-86 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=3.2713 \times 10^{-3} \quad fr_o=250 \text{ Hz}$$

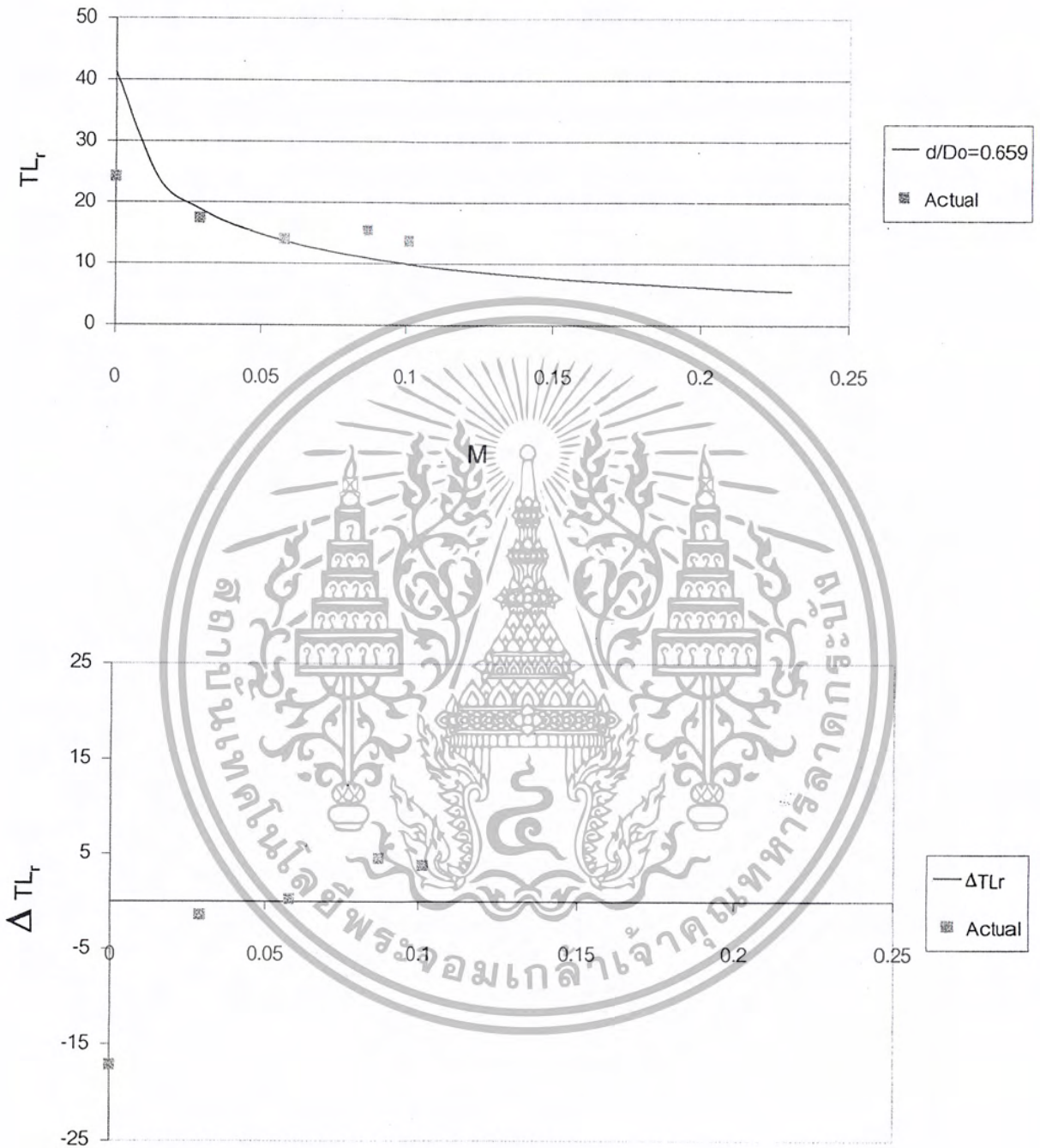


M

รูปที่ 4-87 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=3.0478 \times 10^{-3} \quad fr_o=200 \text{ Hz}$$

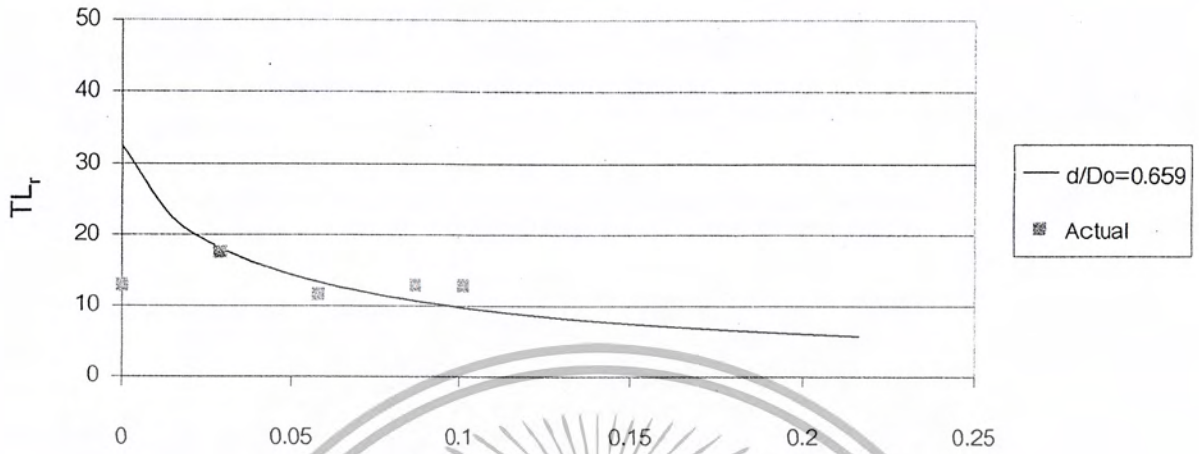


M

รูปที่ 4-88 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=8.4631 \times 10^{-3} \quad fr_0=875 \text{ Hz}$$

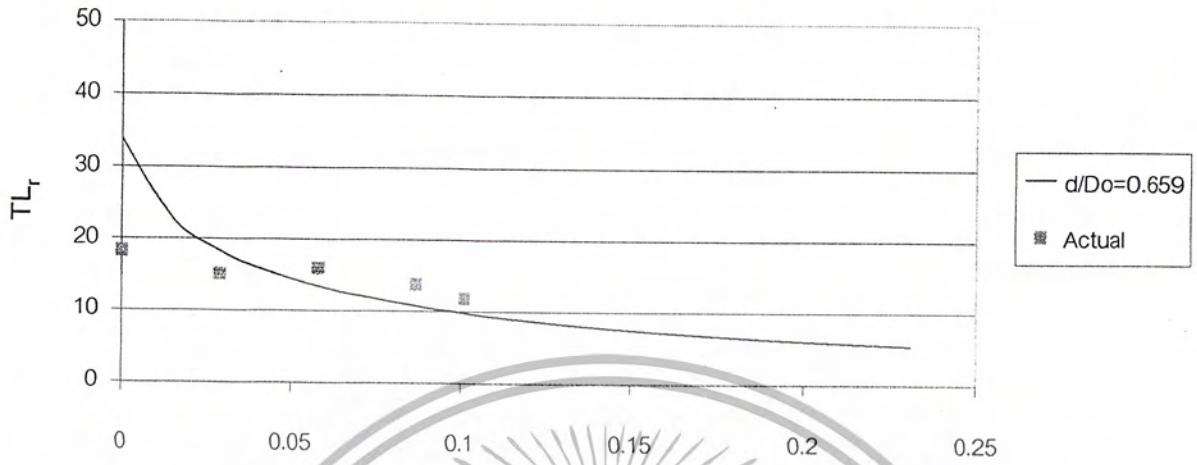


M

รูปที่ 4-89 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=7.2252 \times 10^{-3} \quad fr_o=612.5 \text{ Hz}$$

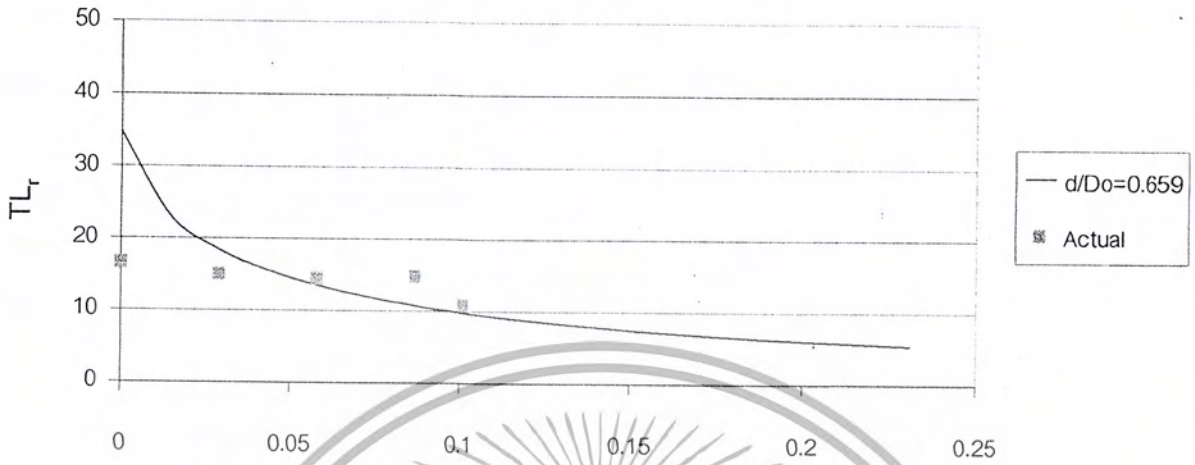


M

รูปที่ 4-90 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=6.5308 \times 10^{-3} \quad fr_o=500 \text{ Hz}$$

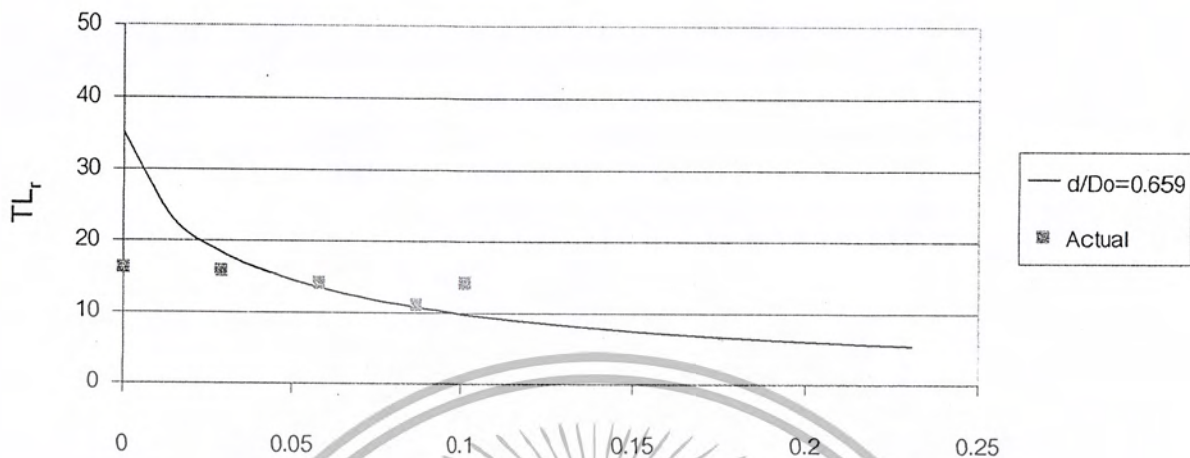


M

รูปที่ 4-91 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=6.1980 \times 10^{-3} \quad fr_o=462.5 \text{ Hz}$$

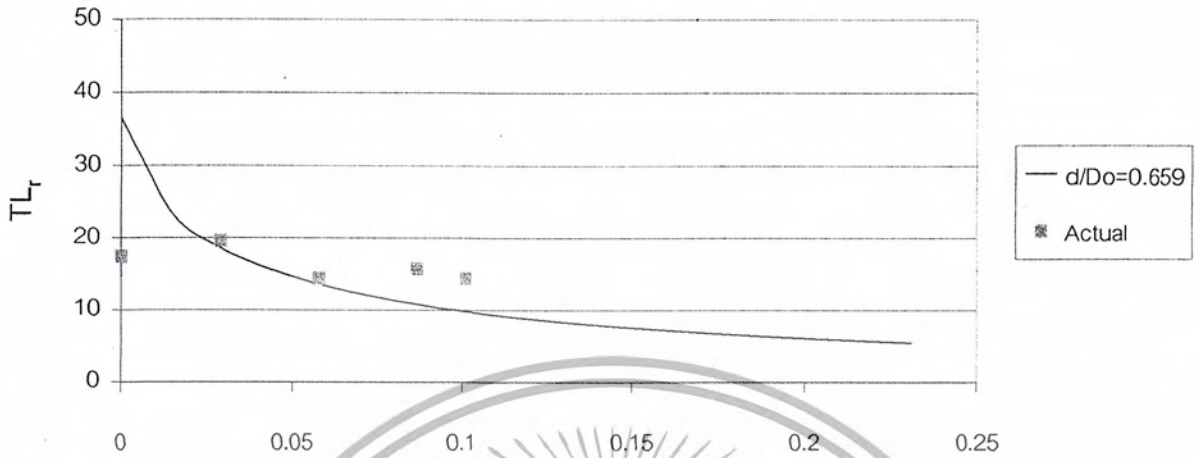


M

รูปที่ 4-92 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=5.2610 \times 10^{-3} \quad fr_o=325 \text{ Hz}$$

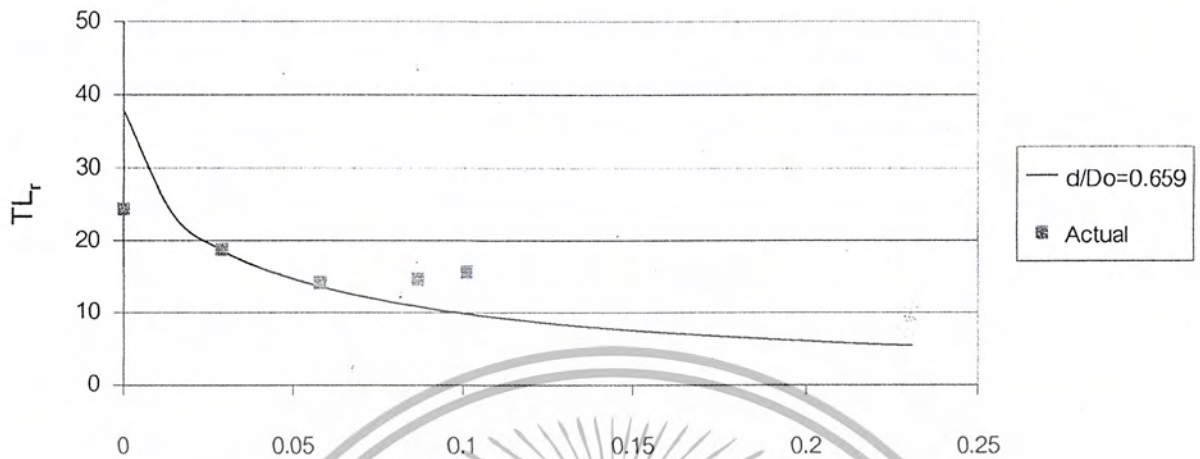


M

รูปที่ 4-93 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=4.5061 \times 10^{-3} \quad fr_o=275 \text{ Hz}$$

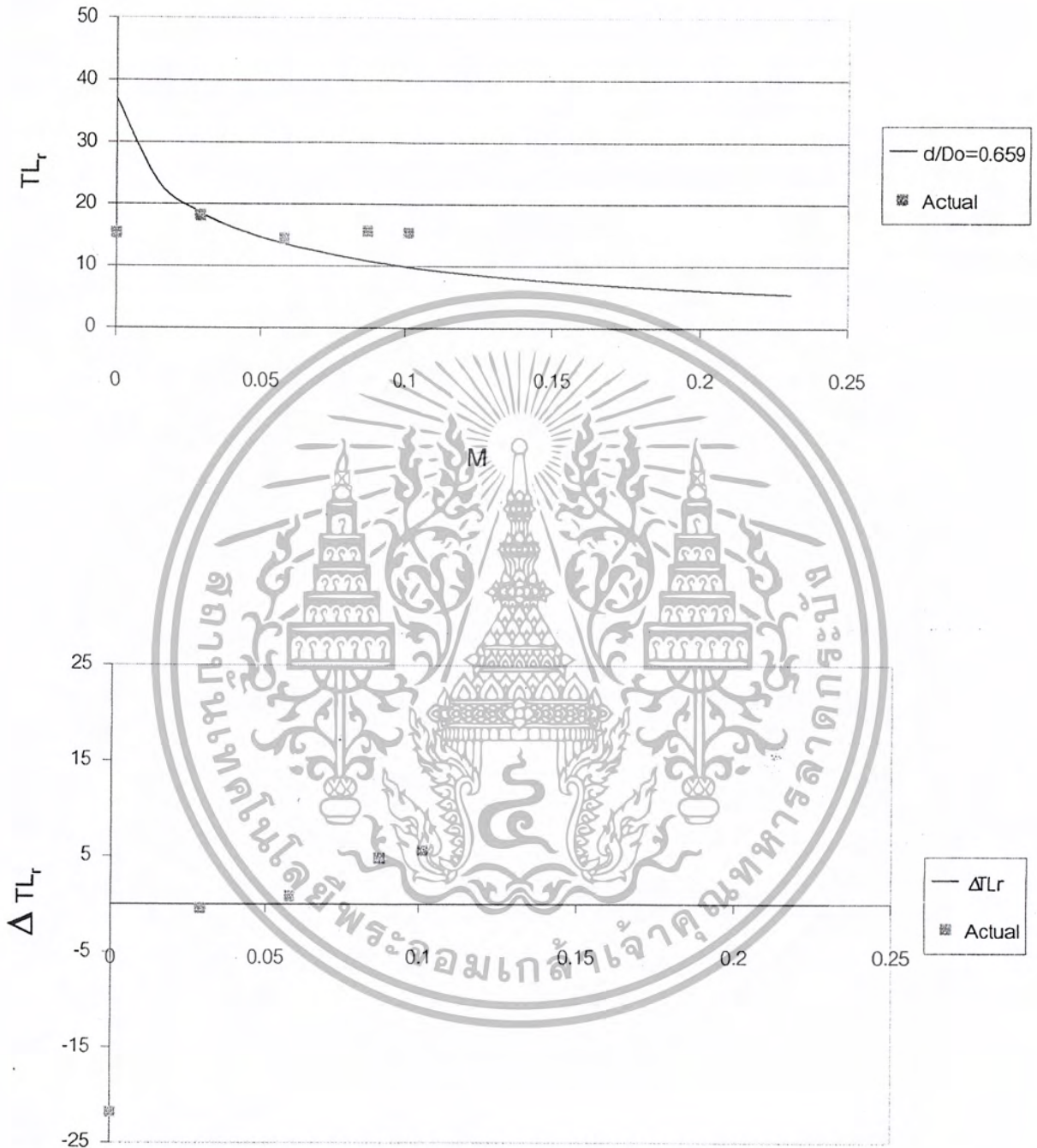


M

รูปที่ 4-94 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=4.9771 \times 10^{-3} \quad fr_o=300$$

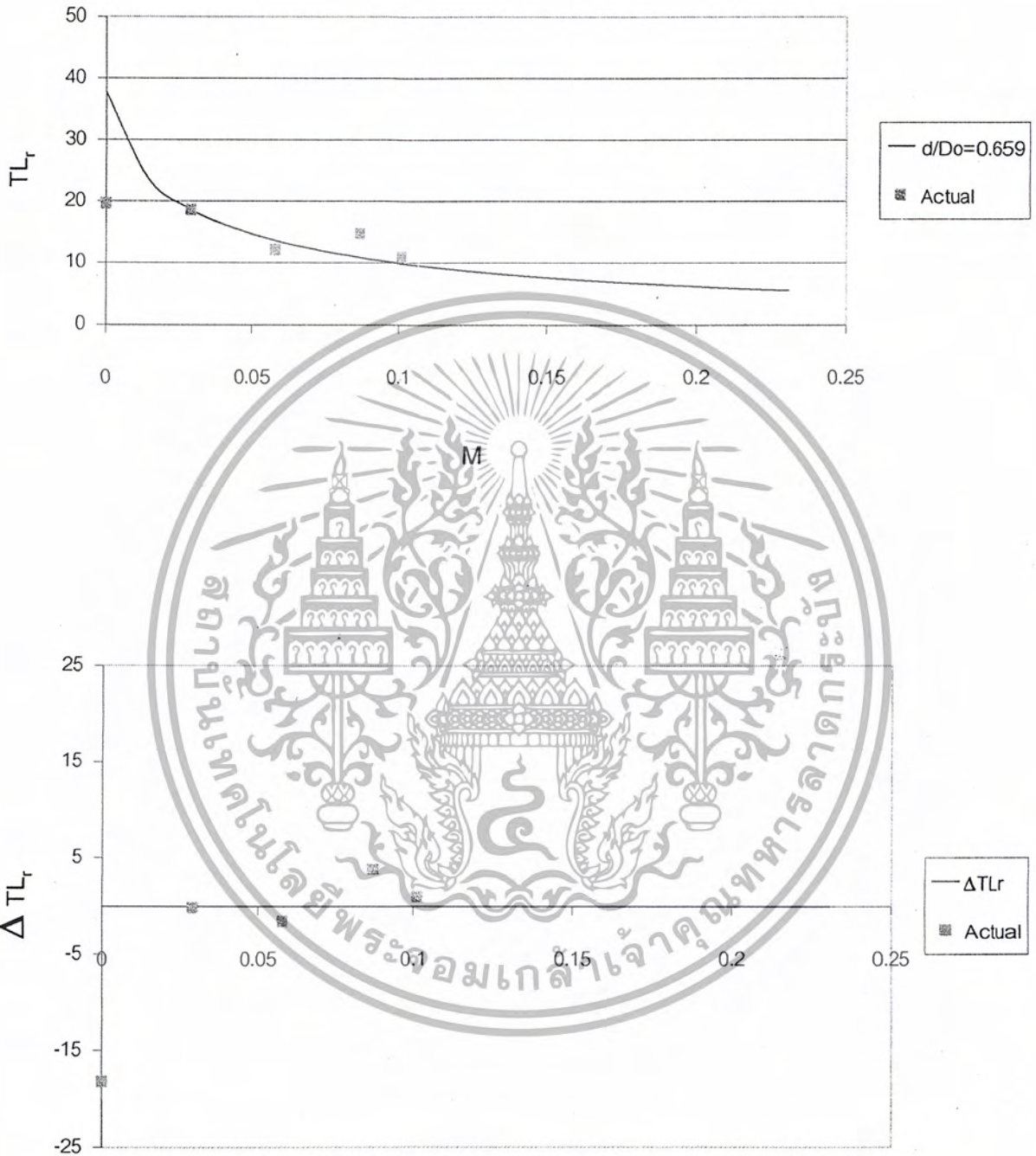


M

รูปที่ 4-95 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=4.5717 \times 10^{-3} \quad fr_o=200 \text{ Hz}$$

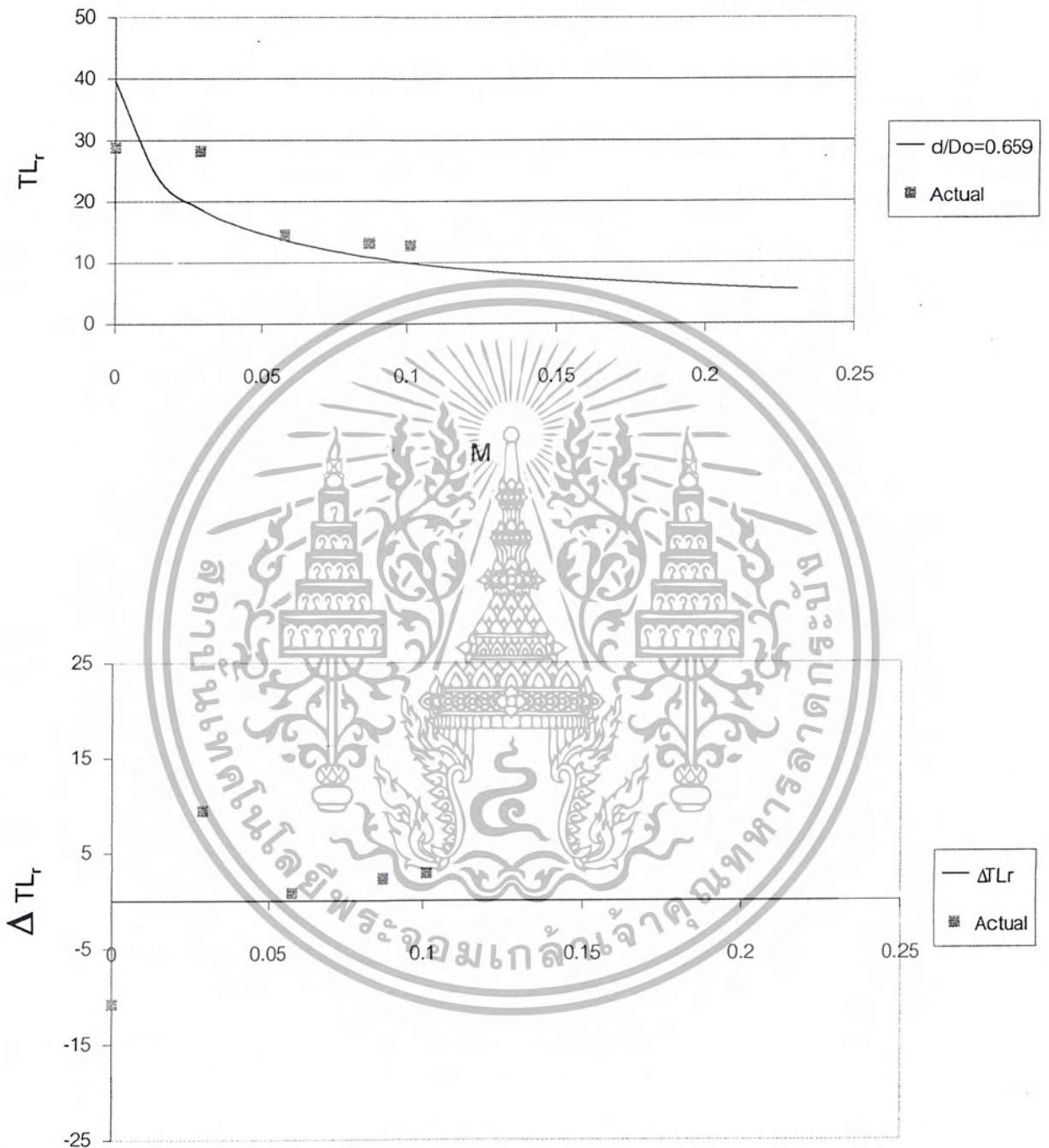


M

รูปที่ 4-96 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=3.7237 \times 10^{-3} \quad fr_o=175 \text{ Hz}$$



M

รูปที่ 4-97 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

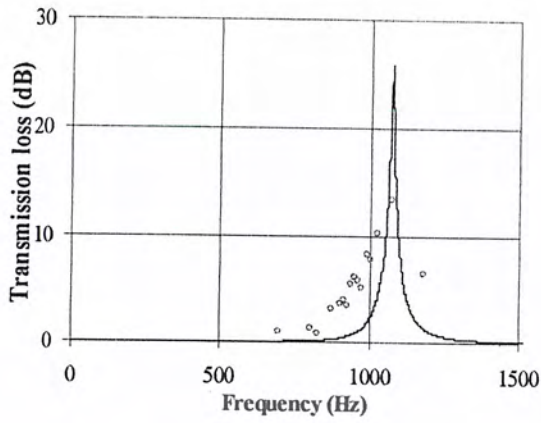
4.2 ทศกัณฐะ Resonator ชนิดท่อกลม

Res. Kc	C (m/s)	U (m/s)	M	Dd (m)	m	So (m <sup>2</sup> )	Do (m)	d (m)	S (m <sup>2</sup> )	l (m)	dDo	l/d	D (m)	L (m)	dD	LD	V (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	fr (Hz)	frfro	$\lambda_c$ (m)	$\frac{1}{\lambda_c} \sqrt{\frac{V}{d}}$	le (m)	$\Delta l$ (m)	le/d	$\Delta l/d; \beta$	$\frac{\Delta l/D_s}{\beta l/D_s}$	$\frac{1}{S_c} \sqrt{\frac{V}{L}}$	$\frac{[R/Z_o]}{10^{-3}}$	[TL]rc	[TL]rm	$\Delta [TL]$																					
KMILL 03'																																																				
1	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1075.0	1.00	0.322	0.141	0.0299	0.0149	0.998	0.498	0.293	0.592	7.619	33.463	13.34	-20.123																					
2	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1075.0	1.00	0.322	0.141	0.0299	0.0149	0.998	0.498	0.293	0.592	7.619	18.282	14.37	-3.912																					
3	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1100.0	1.02	0.315	0.145	0.0286	0.0136	0.953	0.453	0.267	0.606	7.361	13.441	11.23	-2.211																					
4	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1087.5	1.01	0.318	0.143	0.0293	0.0143	0.975	0.475	0.280	0.599	7.488	10.728	12.17	1.442																					
5	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.030	0.585	0.585	0.06198	1100.0	1.02	0.315	0.145	0.0286	0.0136	0.953	0.453	0.267	0.606	7.361	9.764	10.70	0.936																					
6	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	712.5	1.00	0.486	0.132	0.0341	0.0191	1.138	0.636	0.374	0.785	7.060	34.115	17.90	-16.215																					
7	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	725.0	1.02	0.477	0.135	0.0329	0.0179	1.087	0.597	0.351	0.799	6.878	18.378	15.71	-2.588																					
8	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	737.5	1.04	0.469	0.137	0.0318	0.0168	1.050	0.560	0.330	0.813	6.704	13.479	14.62	1.041																					
9	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	737.5	1.04	0.469	0.137	0.0318	0.0168	1.050	0.560	0.330	0.813	6.704	10.755	18.24	7.485																					
10	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.060	0.585	1.170	0.12395	725.0	1.02	0.477	0.135	0.0329	0.0179	1.067	0.597	0.351	0.799	6.878	9.777	15.55	5.773																					
11	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	587.5	1.00	0.589	0.134	0.0334	0.0184	1.114	0.614	0.361	0.971	6.286	35.111	19.51	-15.601																					
12	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	587.5	1.00	0.589	0.134	0.0334	0.0184	1.114	0.614	0.361	0.971	6.286	18.455	17.86	-0.595																					
13	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	587.5	1.00	0.589	0.134	0.0334	0.0184	1.114	0.614	0.361	0.971	6.286	13.504	16.59	3.086																					
14	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	537.5	1.09	0.548	0.145	0.0284	0.0134	0.946	0.446	0.262	1.054	5.561	10.794	14.12	3.326																					
15	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	675.0	0.98	0.602	0.131	0.0349	0.0199	1.163	0.663	0.390	0.950	6.492	9.788	10.11	0.322																					
16	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	537.5	1.00	0.644	0.133	0.0337	0.0187	1.124	0.624	0.367	1.052	6.065	35.418	20.85	-14.568																					
17	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	550.0	1.02	0.629	0.136	0.0322	0.0172	1.073	0.573	0.337	1.077	5.859	18.511	18.79	0.279																					
18	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	537.5	1.00	0.644	0.133	0.0337	0.0187	1.124	0.624	0.367	1.052	6.065	13.517	18.41	4.893																					
19	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	587.5	1.09	0.589	0.145	0.0282	0.0132	0.941	0.441	0.259	1.150	5.057	10.803	12.09	1.287																					
20	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	637.5	1.19	0.543	0.158	0.0240	0.0090	0.799	0.299	0.176	1.248	4.695	9.838	14.01	4.172																					
21	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	387.5	1.00	0.893	0.136	0.0324	0.0174	1.081	0.581	0.342	1.517	4.954	37.156	27.54	-9.616																					
22	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	387.5	1.00	0.893	0.136	0.0324	0.0174	1.081	0.581	0.342	1.517	4.954	18.629	23.34	4.711																					
23	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	400.0	1.03	0.865	0.140	0.0304	0.0154	1.014	0.514	0.303	1.656	4.724	13.595	15.54	1.945																					
24	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	387.5	1.00	0.893	0.136	0.0324	0.0174	1.081	0.581	0.342	1.517	4.954	10.815	14.66	3.845																					
25	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	387.5	1.00	0.893	0.136	0.0324	0.0174	1.081	0.581	0.342	1.517	4.954	9.831	14.82	4.989																					
26	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	300.0	1.00	1.153	0.129	0.0361	0.0211	1.202	0.702	0.413	1.762	4.848	37.341	20.55	-16.791																					
27	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	300.0	1.00	1.153	0.129	0.0361	0.0211	1.202	0.702	0.413	1.762	4.848	18.643	17.95	-0.693																					
28	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	287.5	0.96	1.203	0.123	0.0393	0.0243	1.309	0.809	0.476	1.688	4.568	13.569	22.83	9.261																					
29	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	300.0	1.00	1.153	0.129	0.0361	0.0211	1.202	0.702	0.413	1.762	4.848	10.819	14.16	3.341																					
30	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	325.0	1.08	1.065	0.139	0.0307	0.0157	1.204	0.524	0.309	1.909	4.300	9.849	14.91	5.061																					
31	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	350.0	1.00	0.989	0.134	0.0334	0.0184	1.112	0.612	0.360	1.633	4.842	37.353	21.68	-15.673																					
32	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	350.0	1.00	0.989	0.134	0.0334	0.0184	1.112	0.612	0.360	1.633	4.842	18.644	19.01	0.366																					
33	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.015	0.588	0.500	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	350.0	1.																																	

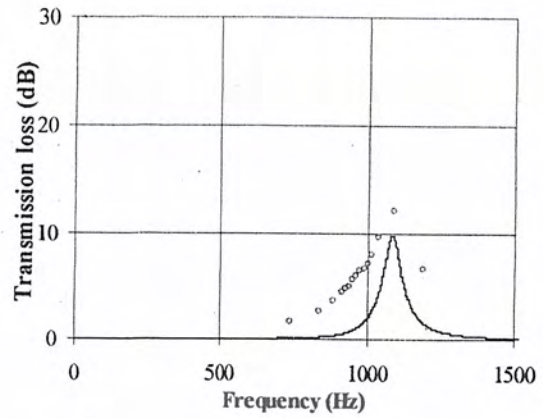
Res. Kc	C (m/s)	U (m/s)	M	Dd (m)	m	So (m <sup>2</sup> )	Do (m)	d (m)	S (m <sup>2</sup> )	I (m)	dDo	I/d	D (m)	L (m)	dD	LD	$\frac{V}{10^3 m^3}$	fr (Hz)	$\frac{1}{fr} \frac{V}{d}$	$\frac{1}{\lambda_c} \frac{V}{d}$	le (m)	$\Delta l$ (m)	le/d	$\frac{M/d, \rho}{\rho U_c^2}$	$\frac{M/d, \rho}{\rho U_c^2}$	$\frac{1}{S_c} \sqrt{\frac{R}{Z_c}}$	[R/Z <sub>c</sub> ]	[TL] <sub>rc</sub>	[TL] <sub>m</sub>	$\Delta [TL]$	
56	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	525.0	1.00	0.659	0.119	0.0418	0.0218	1.395	0.728	0.428	0.868	7.441	33.661	18.70	-14.965
57	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	525.0	1.00	0.659	0.119	0.0418	0.0218	1.395	0.728	0.428	0.868	7.441	18.305	18.22	-0.085
58	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	525.0	1.00	0.659	0.119	0.0418	0.0218	1.395	0.728	0.428	0.868	7.441	13.436	16.37	2.934
59	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	525.0	1.00	0.659	0.119	0.0418	0.0218	1.395	0.728	0.428	0.868	7.441	10.729	9.80	-0.929
60	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0513	0.090	0.585	1.754	0.18593	525.0	1.00	0.659	0.119	0.0418	0.0218	1.395	0.728	0.428	0.868	7.441	9.762	9.95	0.188
61	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	487.5	1.00	0.710	0.121	0.0410	0.0210	1.366	0.699	0.411	0.954	7.022	34.369	23.92	-10.242
62	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	487.5	1.00	0.710	0.121	0.0410	0.0210	1.366	0.699	0.411	0.954	7.022	18.359	22.04	3.681
63	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	500.0	1.03	0.692	0.124	0.0390	0.0190	1.238	0.652	0.372	0.979	6.760	13.476	23.31	9.834
64	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	525.0	1.08	0.659	0.130	0.0353	0.0153	1.178	0.511	0.301	1.028	6.283	10.769	10.06	-0.709
65	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.030	0.310	0.310	0.22021	525.0	1.08	0.659	0.130	0.0353	0.0153	1.178	0.511	0.301	1.028	6.283	9.794	10.37	0.576
66	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	362.5	1.00	0.954	0.127	0.0371	0.0171	1.235	0.569	0.334	1.019	5.475	36.296	27.17	-9.126
67	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	350.0	0.97	0.989	0.123	0.0397	0.0197	1.325	0.658	0.387	1.370	5.771	18.522	21.25	2.728
68	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	350.0	0.97	0.989	0.123	0.0397	0.0197	1.325	0.658	0.387	1.370	5.771	13.534	14.52	0.986
69	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	350.0	0.97	0.989	0.123	0.0397	0.0197	1.325	0.658	0.387	1.370	5.771	10.787	13.91	3.123
70	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.060	0.310	0.620	0.44043	350.0	0.97	0.989	0.123	0.0397	0.0197	1.325	0.658	0.387	1.370	5.771	9.808	16.73	6.922
71	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	287.5	1.00	1.203	0.123	0.0393	0.0193	1.309	0.642	0.378	1.688	5.168	36.792	30.01	-6.782
72	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	287.5	1.00	1.203	0.123	0.0393	0.0193	1.309	0.642	0.378	1.688	5.168	18.601	22.73	4.129
73	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	287.5	1.00	1.203	0.123	0.0393	0.0193	1.309	0.642	0.378	1.688	5.168	13.569	19.17	5.601
74	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	300.0	1.04	1.153	0.129	0.0361	0.0161	1.202	0.536	0.315	1.762	4.848	10.819	18.50	7.681
75	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.0967	0.090	0.310	0.931	0.66064	300.0	1.04	1.153	0.129	0.0361	0.0161	1.202	0.536	0.315	1.762	4.848	9.834	20.08	10.246
76	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.090	0.201	0.201	0.52494	312.5	1.00	1.107	0.119	0.0418	0.0218	1.394	0.728	0.428	1.458	5.739	35.892	14.13	-21.762
77	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.090	0.201	0.201	0.52494	312.5	1.00	1.107	0.119	0.0418	0.0218	1.394	0.728	0.428	1.458	5.739	18.526	13.37	-5.156
78	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.090	0.201	0.201	0.52494	312.5	1.00	1.107	0.119	0.0418	0.0218	1.394	0.728	0.428	1.458	5.739	13.536	13.12	-0.416
79	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.090	0.201	0.201	0.52494	337.5	1.08	1.025	0.129	0.0389	0.0159	1.198	0.529	0.311	1.475	5.114	10.810	16.77	5.960
80	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.090	0.201	0.201	0.52494	337.5	1.08	1.025	0.129	0.0389	0.0159	1.198	0.529	0.311	1.475	5.114	9.827	16.46	6.633
81	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	225.0	1.00	1.538	0.122	0.0403	0.0203	1.345	0.678	0.399	2.000	4.697	37.614	23.28	-14.334
82	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	237.5	1.06	1.457	0.128	0.0362	0.0162	1.207	0.540	0.318	2.217	4.331	18.711	20.81	2.099
83	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	237.5	1.06	1.457	0.128	0.0362	0.0162	1.207	0.540	0.318	2.217	4.331	13.618	16.52	2.902
84	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	275.0	1.22	1.258	0.146	0.0270	0.0070	0.900	0.234	0.137	2.567	3.476	10.866	20.50	9.634
85	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	262.5	1.17	1.318	0.142	0.0296	0.0096	0.988	0.321	0.189	2.450	3.727	9.865	18.86	8.995
86	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	187.5	1.00	1.845	0.124	0.0387	0.0187	1.291	0.625	0.367	2.625	4.116	38.750	26.02	-12.730
87	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	187.5	1.00	1.845	0.124	0.0387	0.0187	1.291	0.625	0.367	2.625	4.116	18.740	19.17	0.430
88	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	212.5	1.13	1.628	0.141	0.0302	0.0102	1.005	0.339	0.199	2.975	3.412	13.672	16.76	3.088
89	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0																						

121	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	300.0	1.00	1.153	0.115	0.0454	0.0154	1.513	0.513	0.302	1.400	6.102	35.366	18.23	-17.136
122	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	300.0	1.00	1.153	0.115	0.0454	0.0154	1.513	0.513	0.302	1.400	6.102	18.479	15.29	-3.189
123	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	287.5	0.96	1.203	0.110	0.0494	0.0194	1.648	0.648	0.381	1.342	6.504	13.491	16.13	4.639
124	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	312.5	1.04	1.107	0.119	0.0418	0.0118	1.394	0.394	0.232	1.458	5.739	10.788	15.71	4.922
125	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.030	0.201	0.201	0.52494	312.5	1.04	1.107	0.119	0.0418	0.0118	1.394	0.394	0.232	1.458	5.739	9.809	19.70	9.891
126	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	212.5	1.00	1.628	0.115	0.0452	0.0152	1.508	0.508	0.299	1.983	5.118	36.877	19.09	-17.787
127	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	225.0	1.06	1.538	0.122	0.0403	0.0103	1.345	0.345	0.203	2.100	4.697	18.663	16.00	-2.663
128	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	225.0	1.06	1.538	0.122	0.0403	0.0103	1.345	0.345	0.203	2.100	4.697	13.597	19.70	6.103
129	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	250.0	1.18	1.384	0.135	0.0327	0.0027	1.089	0.089	0.053	2.333	4.010	10.848	18.69	7.842
130	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.060	0.201	0.402	1.04988	237.5	1.12	1.457	0.128	0.0362	0.0062	1.207	0.207	0.122	2.217	4.331	9.848	20.95	11.102
131	346.0	0	0	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	175.0	1.00	1.977	0.116	0.0445	0.0145	1.482	0.482	0.284	2.450	4.565	37.859	17.80	-20.059
132	346.0	10	0.0289	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	182.5	0.93	2.129	0.108	0.0516	0.0216	1.719	0.719	0.423	2.275	5.102	18.610	16.16	-2.450
133	346.0	20	0.0578	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	187.5	1.07	1.845	0.124	0.0387	0.0087	1.291	0.291	0.171	2.625	4.116	13.631	18.67	5.039
134	346.0	30	0.08671	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	200.0	1.14	1.730	0.132	0.0340	0.0040	1.135	0.135	0.079	2.800	3.737	10.857	10.15	-0.707
135	346.0	35	0.10116	0.051	1	0.00204	0.051	0.0300	0.00071	0.030	0.588	1.000	0.1493	0.090	0.201	0.603	1.57482	225.0	1.29	1.538	0.149	0.0269	-0.0031	0.897	-0.103	-0.061	3.150	3.131	9.882	13.13	3.248

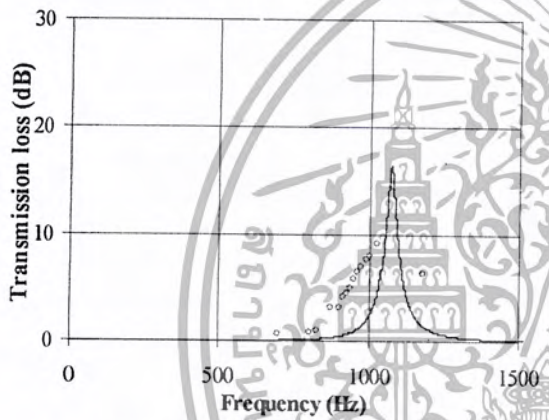




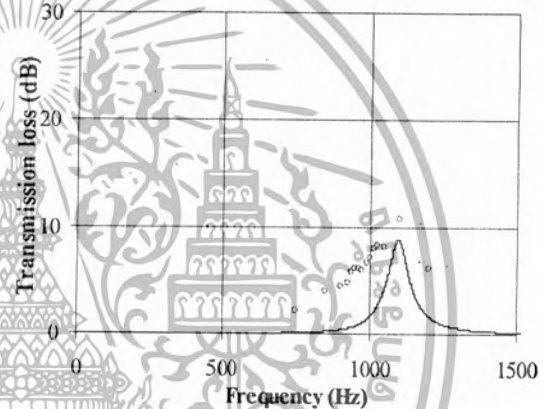
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 1075 \text{ Hz}$



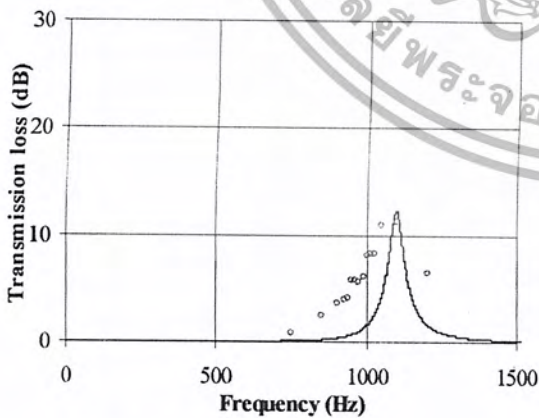
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 1187.5 \text{ Hz}$



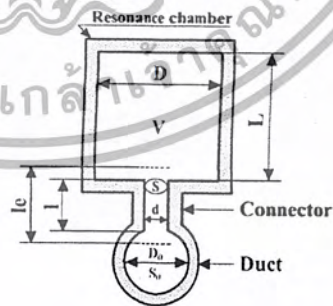
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 1075 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 1100 \text{ Hz}$



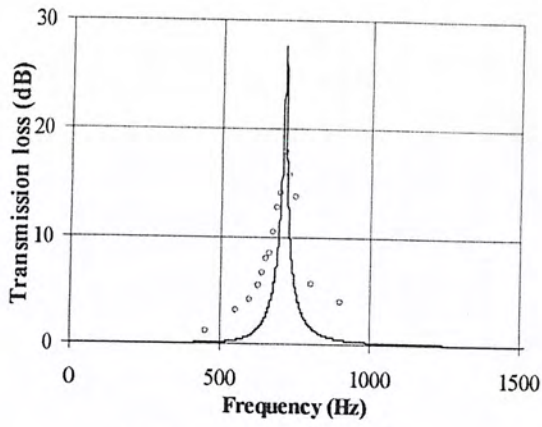
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 1100 \text{ Hz}$



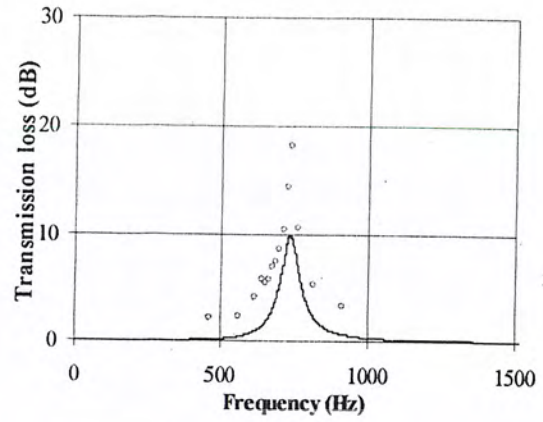
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0150 \text{ m}$
- $D = 0.0513 \text{ m}$
- $L = 0.0300 \text{ m}$

รูปที่ 4-98 Transmission loss characteristics of circular duct

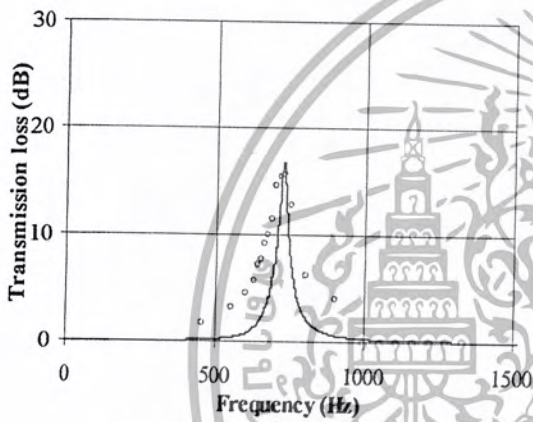
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



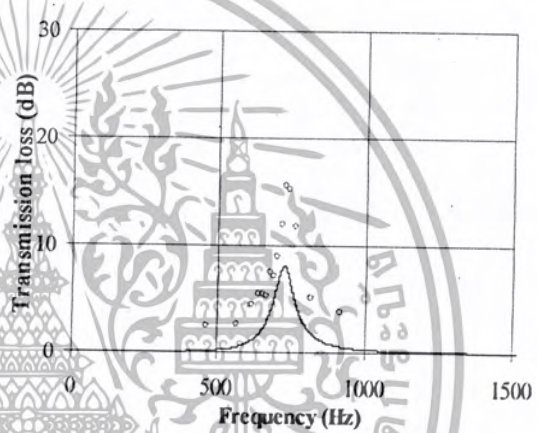
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 712 \text{ Hz}$



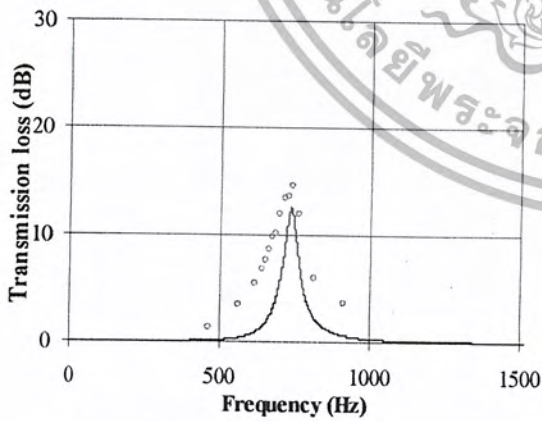
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 737.5 \text{ Hz}$



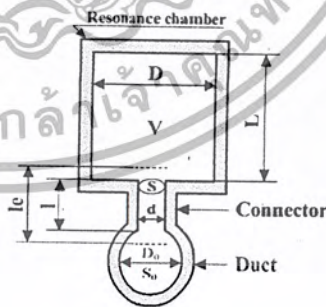
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 725 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 725 \text{ Hz}$



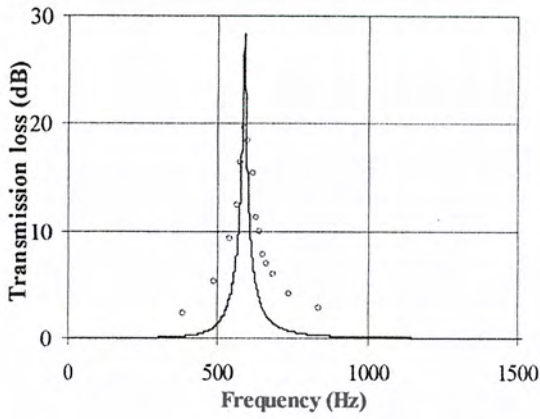
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 737.5 \text{ Hz}$



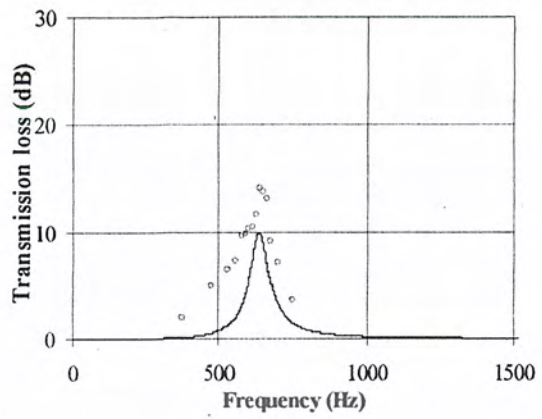
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0150 \text{ m}$
- $D = 0.0513 \text{ m}$
- $L = 0.0600 \text{ m}$

รูปที่ 4-99 Transmission loss characteristics of circular duct

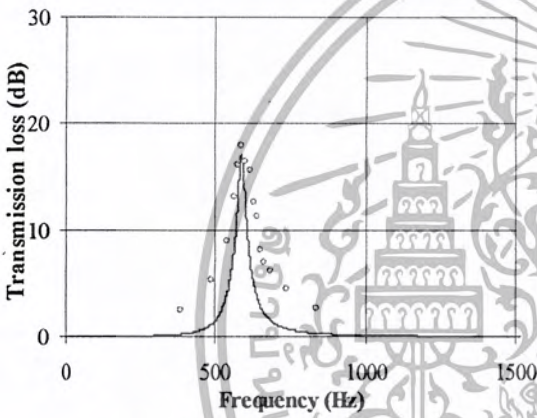
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



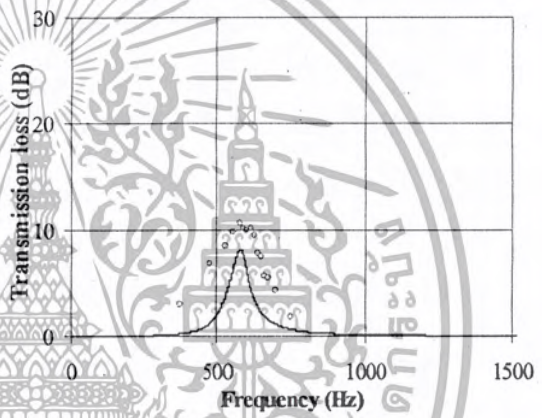
U = 0 m/s fr = 587.5 Hz



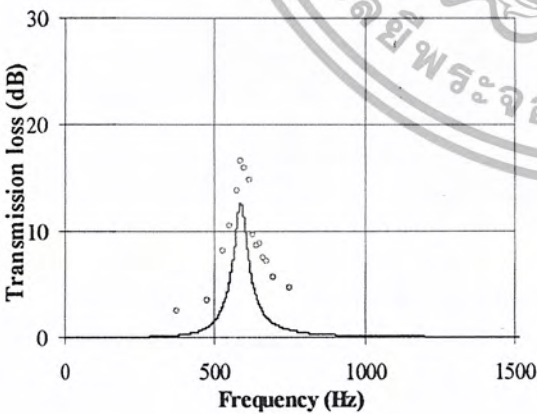
U = 30 m/s fr = 637.5 Hz



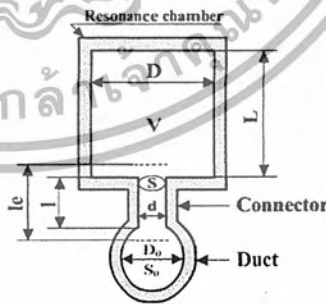
U = 10 m/s fr = 587.5 Hz



U = 35 m/s fr = 575 Hz



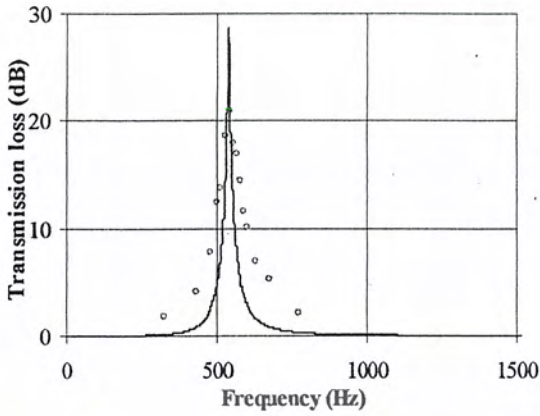
U = 20 m/s fr = 587.5 Hz



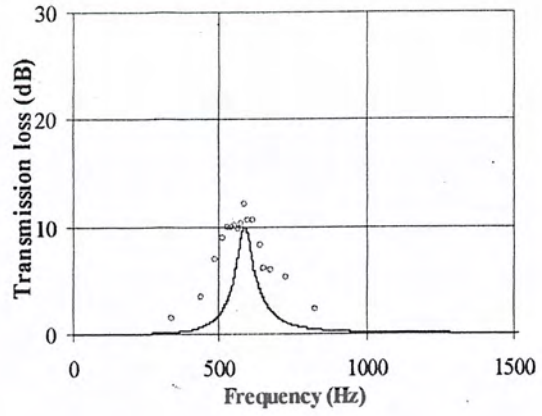
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513$  m
- $d = 0.0300$  m
- $l = 0.0150$  m
- $D = 0.0513$  m
- $L = 0.0900$  m

รูปที่ 4-100 Transmission loss characteristics of circular duct

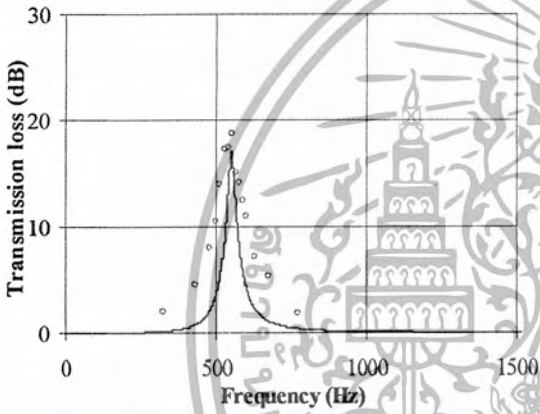
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



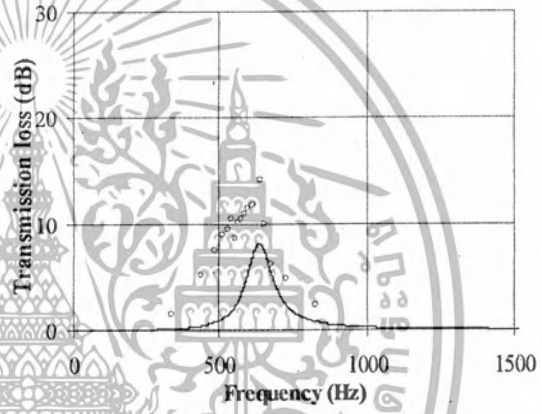
U = 0 m/s fr = 537.5 Hz



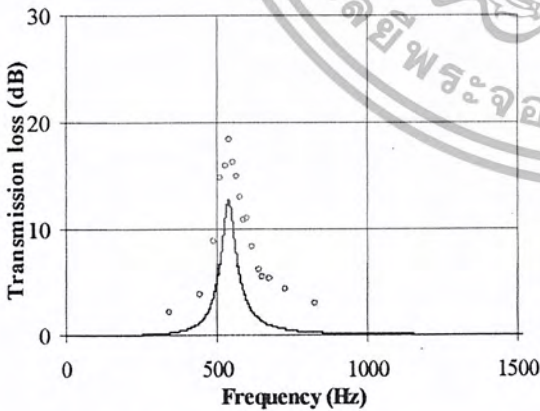
U = 30 m/s fr = 587.5 Hz



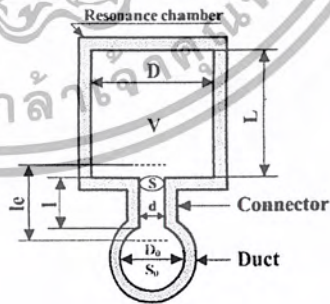
U = 10 m/s fr = 550 Hz



U = 35 m/s fr = 637.5 Hz



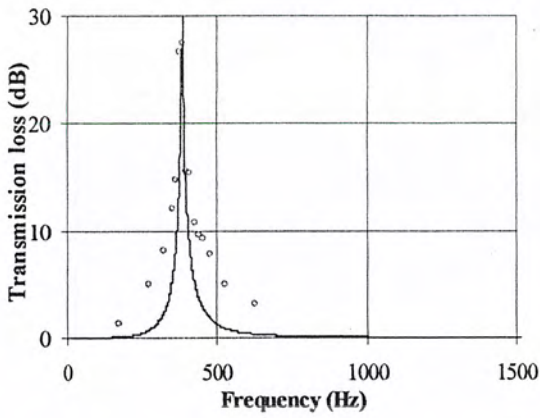
U = 20 m/s fr = 537.5 Hz



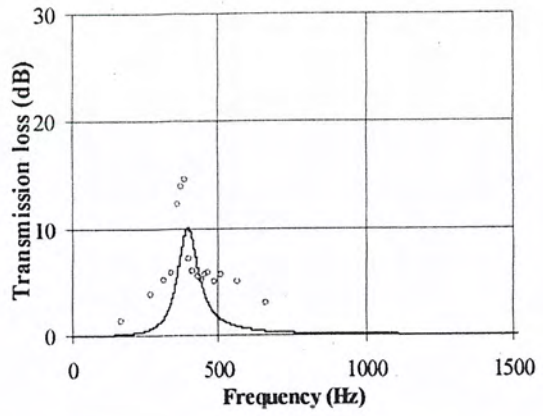
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0150 \text{ m}$
- $D = 0.0967 \text{ m}$
- $L = 0.0300 \text{ m}$

รูปที่ 4-101 Transmission loss characteristics of circular duct

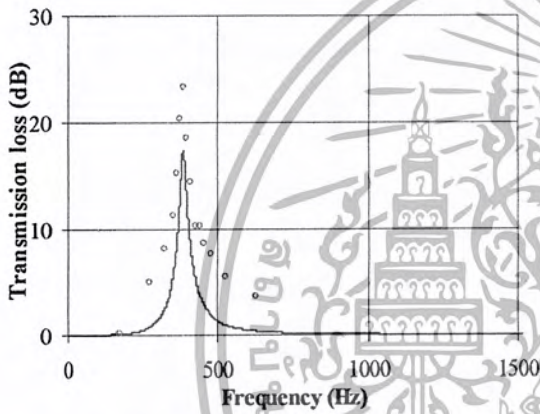
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



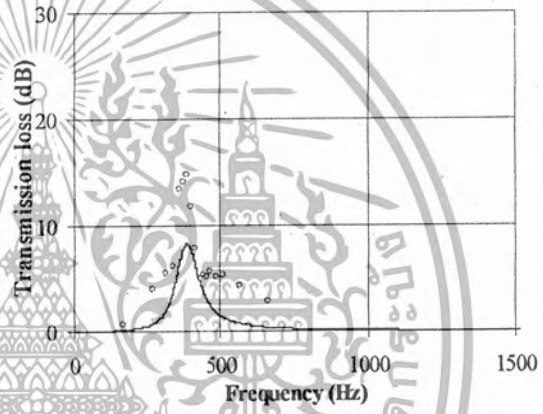
U = 0 m/s fr = 387.5 Hz



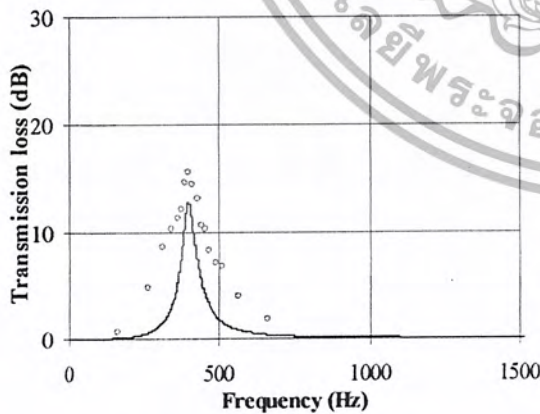
U = 30 m/s fr = 387.5 Hz



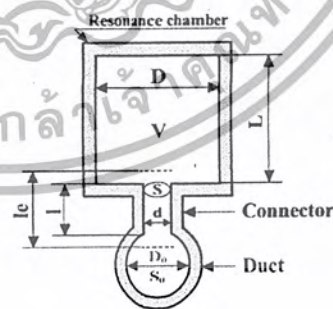
U = 10 m/s fr = 387.5 Hz



U = 35 m/s fr = 387.5 Hz



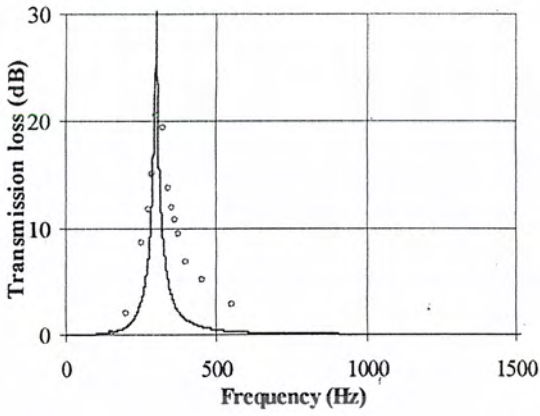
U = 20 m/s fr = 400 Hz



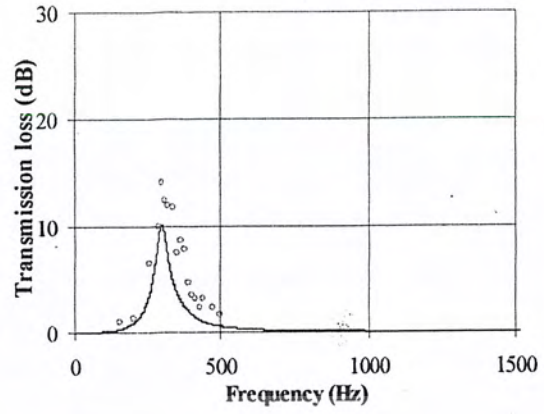
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0150 \text{ m}$
- $D = 0.0967 \text{ m}$
- $L = 0.0600 \text{ m}$

รูปที่ 4-102 Transmission loss characteristics of circular duct

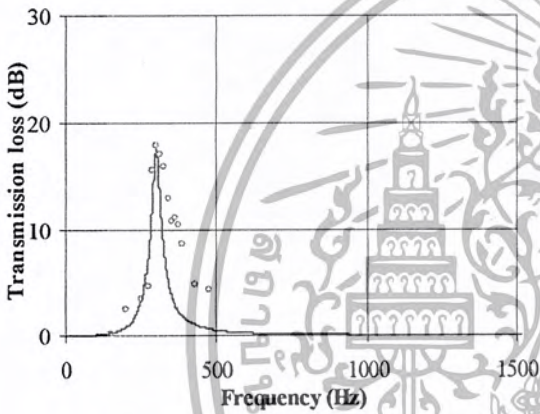
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



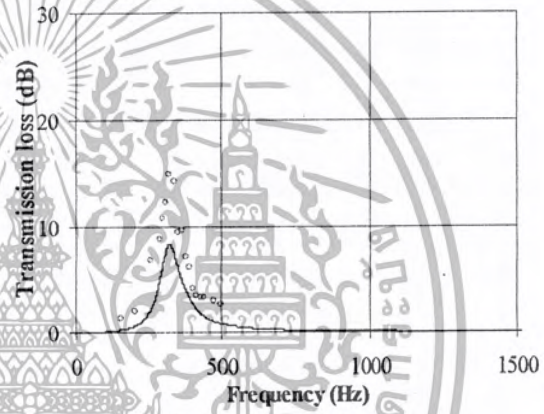
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 300 \text{ Hz}$



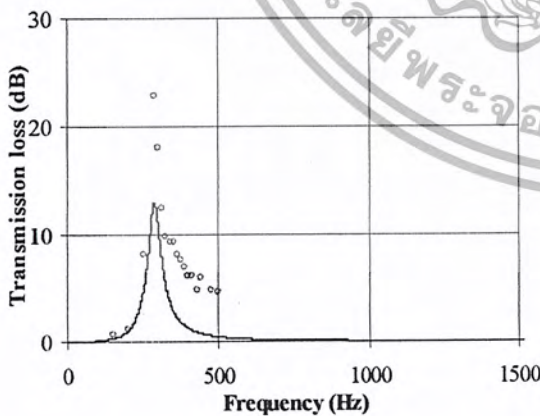
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 300 \text{ Hz}$



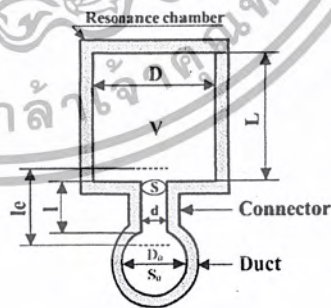
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 300 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 325 \text{ Hz}$



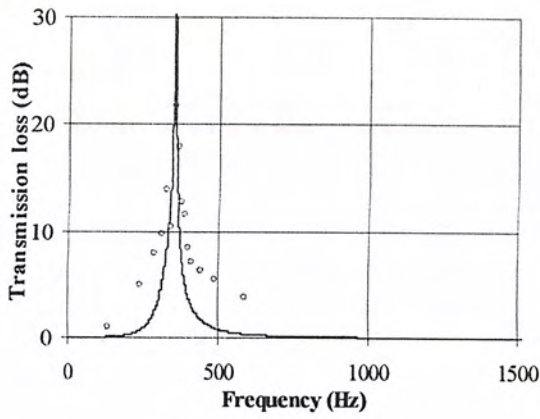
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 287.5 \text{ Hz}$



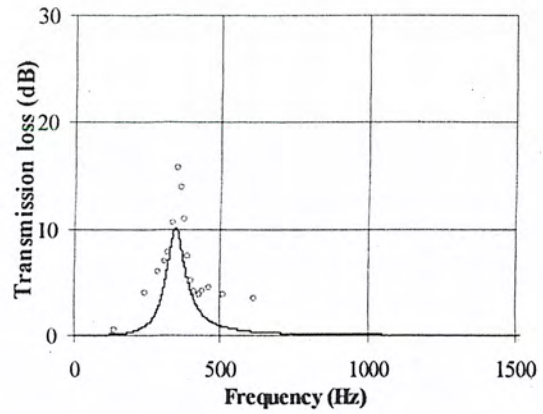
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0150 \text{ m}$
- $D = 0.0967 \text{ m}$
- $L = 0.0900 \text{ m}$

รูปที่ 4-103 Transmission loss characteristics of circular duct

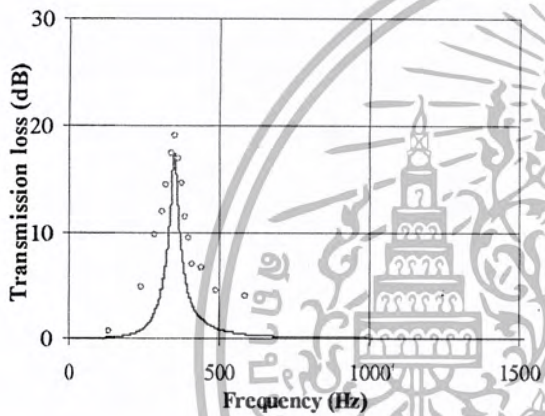
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



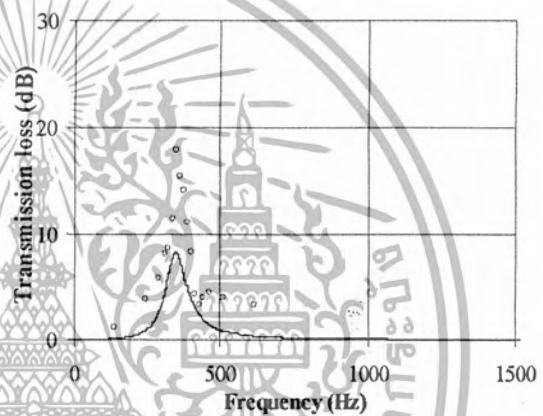
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



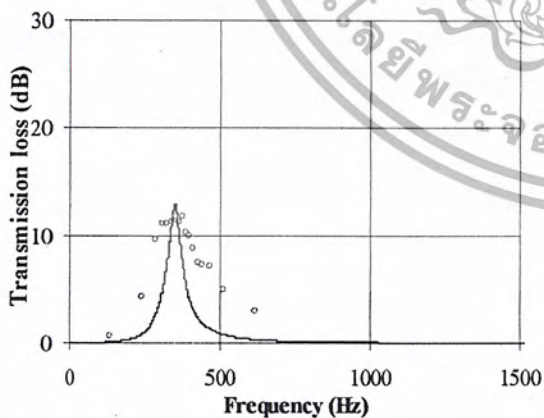
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



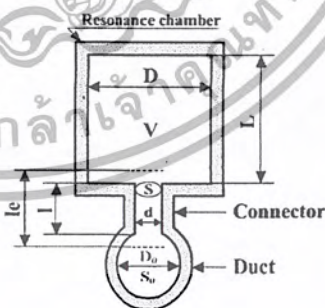
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



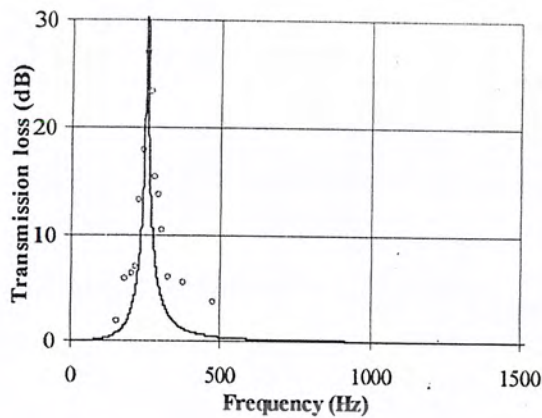
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



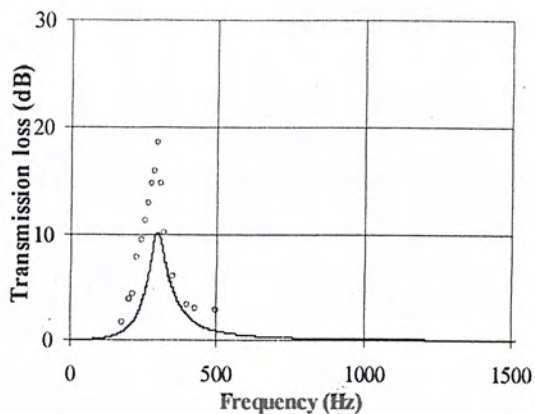
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0150 \text{ m}$
- $D = 0.1493 \text{ m}$
- $L = 0.0300 \text{ m}$

รูปที่ 4-104 Transmission loss characteristics of circular duct

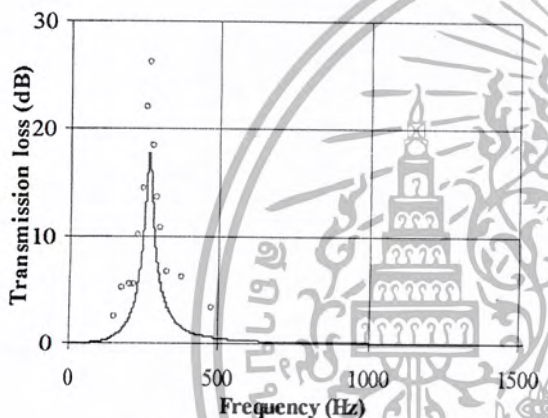
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



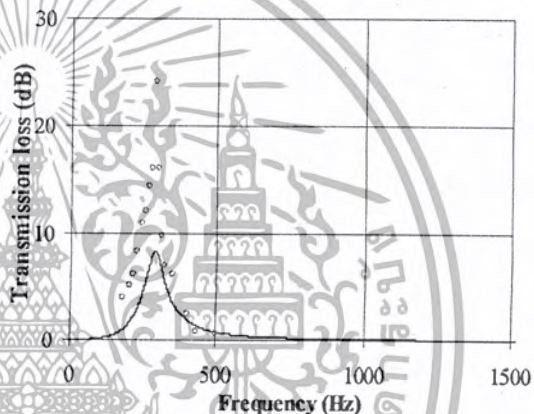
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 250 \text{ Hz}$



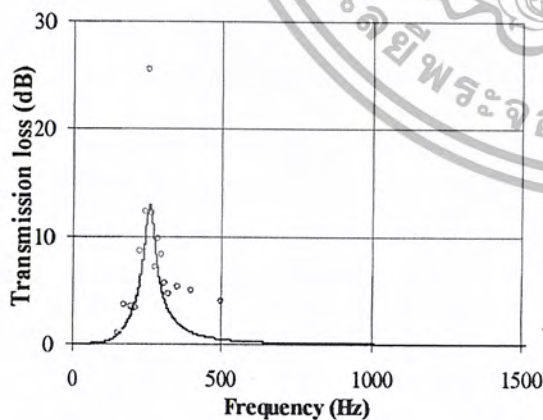
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 300 \text{ Hz}$



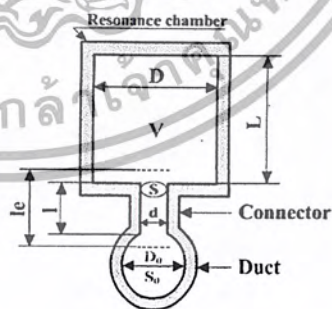
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 262.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 287.5 \text{ Hz}$



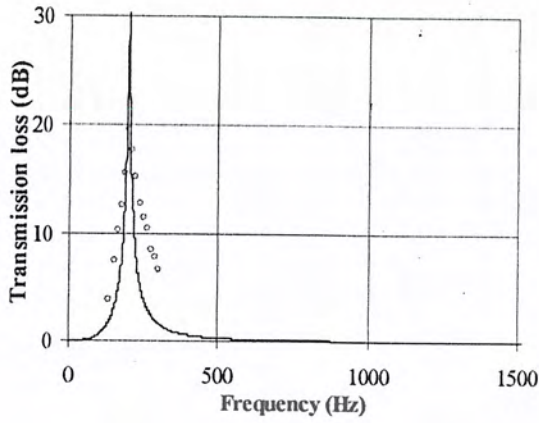
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 250 \text{ Hz}$



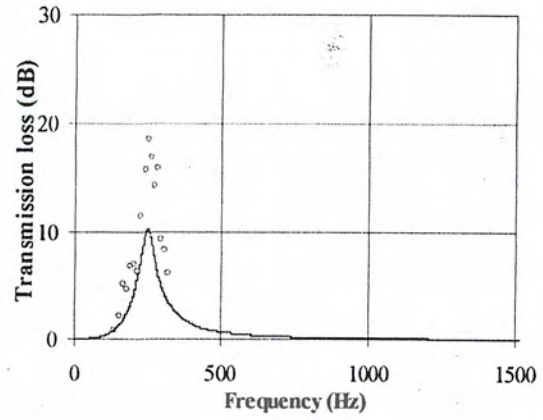
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0150 \text{ m}$
- $D = 0.1493 \text{ m}$
- $L = 0.0600 \text{ m}$

รูปที่ 4-105 Transmission loss characteristics of circular duct

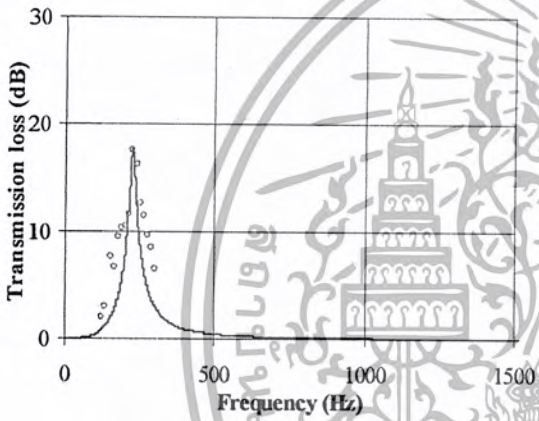
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



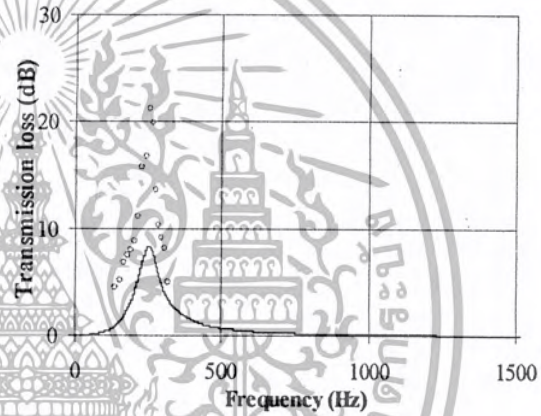
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 200 \text{ Hz}$



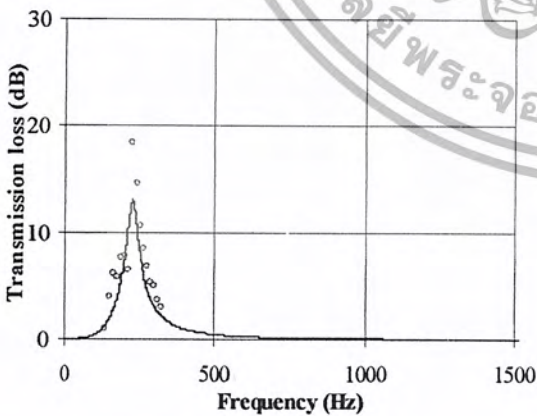
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 250 \text{ Hz}$



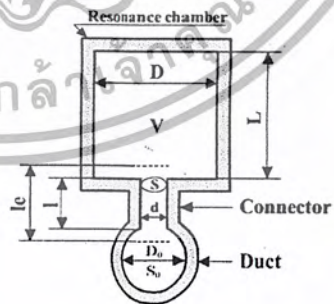
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 225 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 250 \text{ Hz}$



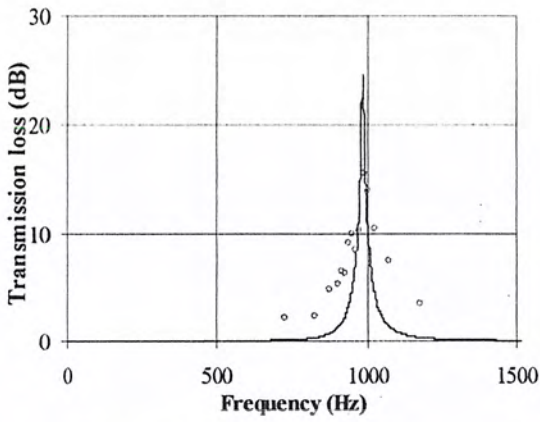
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 225 \text{ Hz}$



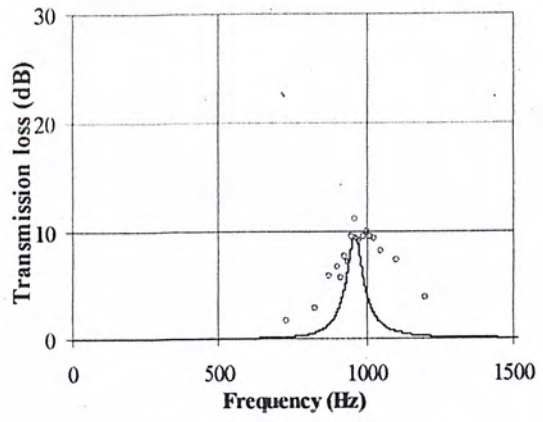
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0150 \text{ m}$
- $D = 0.1493 \text{ m}$
- $L = 0.0900 \text{ m}$

รูปที่ 4-106 Transmission loss characteristics of circular duct

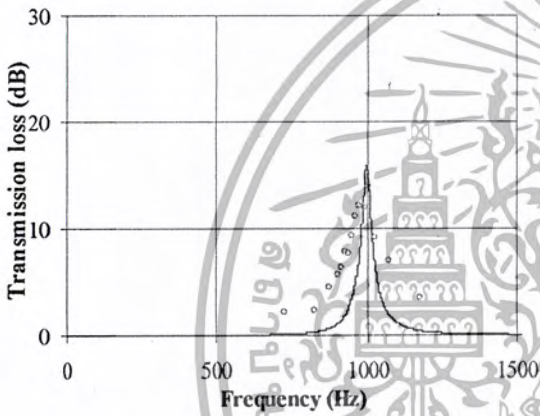
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



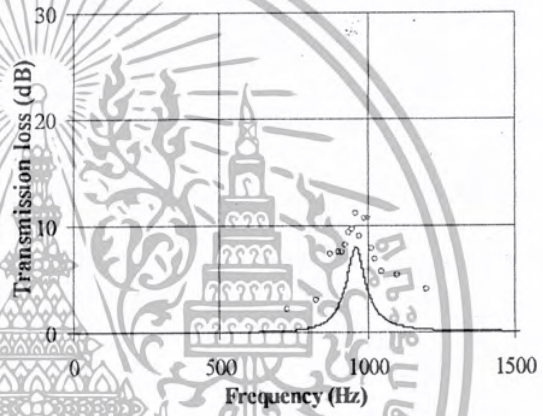
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 987.5 \text{ Hz}$



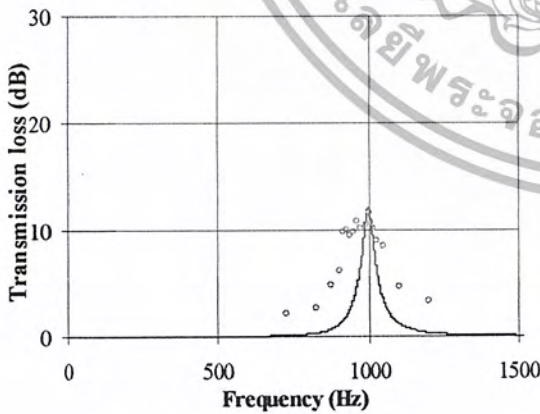
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 962.5 \text{ Hz}$



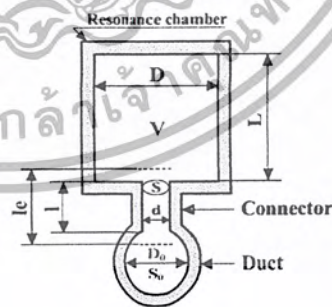
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 1000 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 962.5 \text{ Hz}$



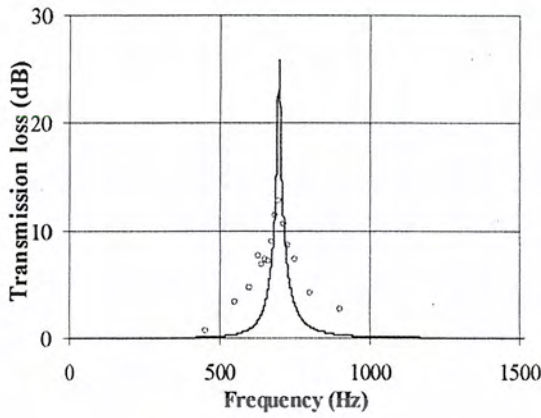
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 1000 \text{ Hz}$



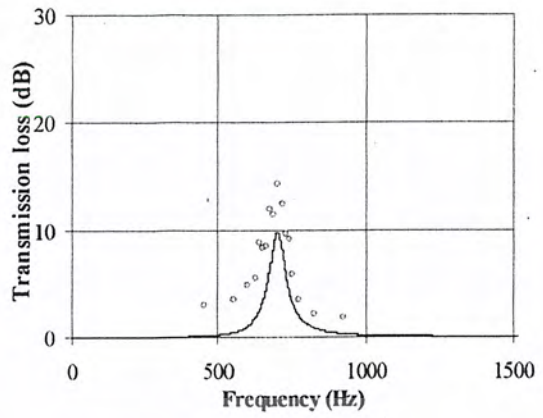
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0200 \text{ m}$
- $D = 0.0513 \text{ m}$
- $L = 0.0300 \text{ m}$

รูปที่ 4-107 Transmission loss characteristics of circular duct

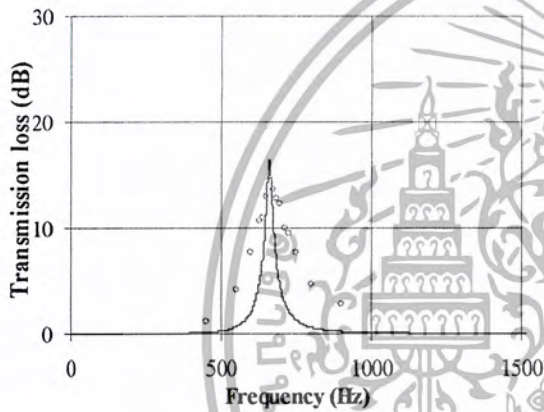
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



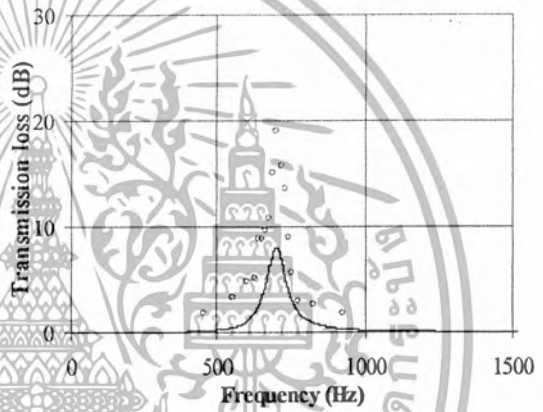
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 700 \text{ Hz}$



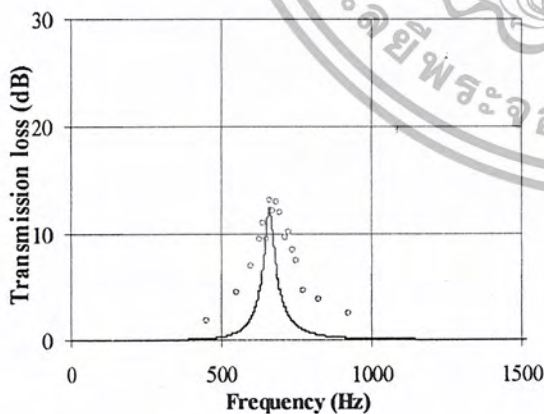
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 700 \text{ Hz}$



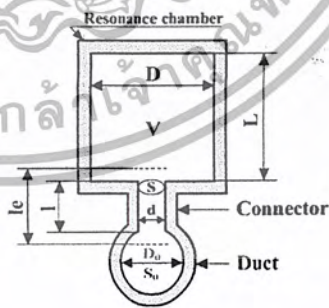
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 662.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 700 \text{ Hz}$



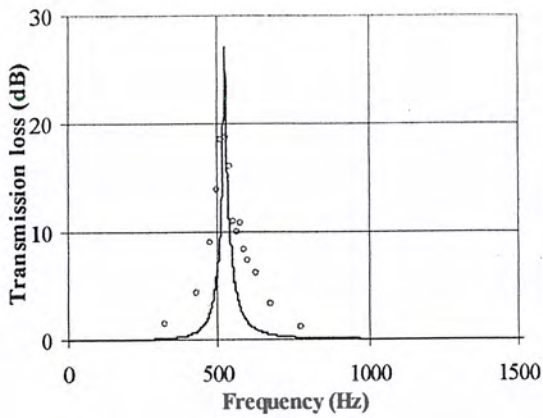
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 662.5 \text{ Hz}$



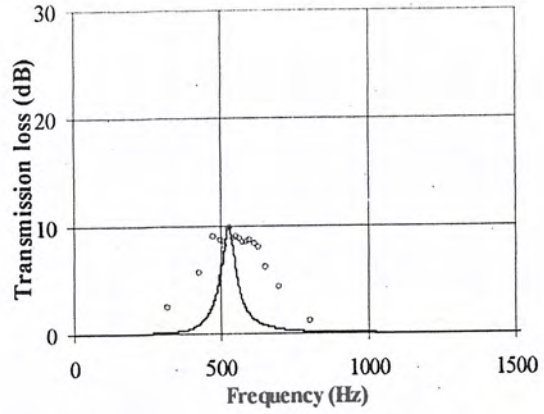
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0200 \text{ m}$
- $D = 0.0513 \text{ m}$
- $L = 0.0600 \text{ m}$

รูปที่ 4-108 Transmission loss characteristics of circular duct

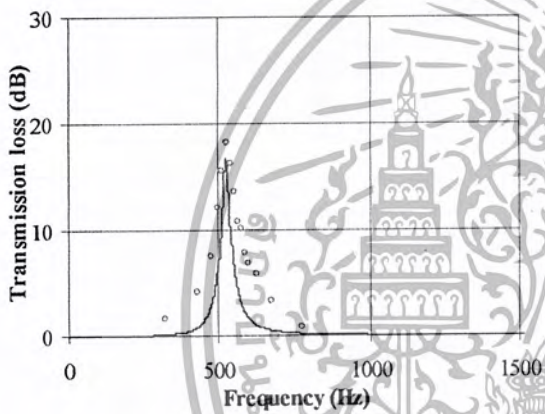
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



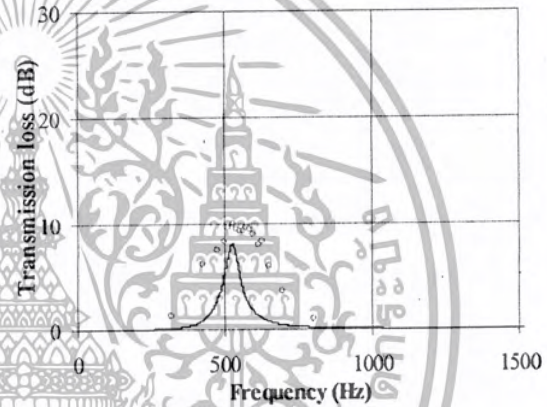
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 525 \text{ Hz}$



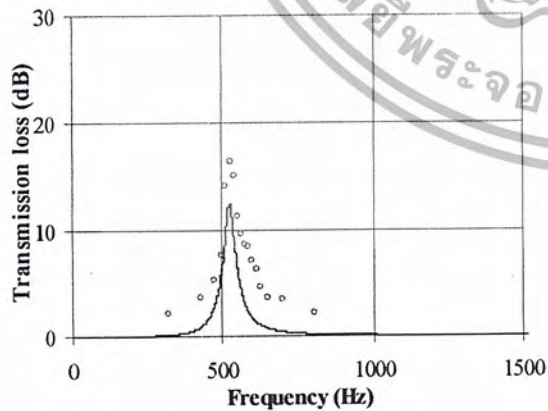
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 525 \text{ Hz}$



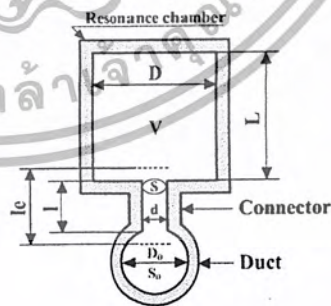
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 525 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 525 \text{ Hz}$



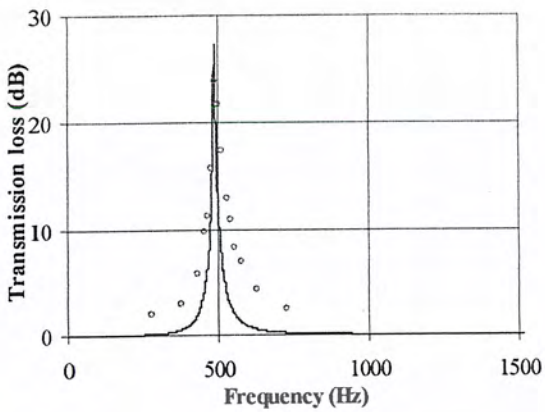
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 525 \text{ Hz}$



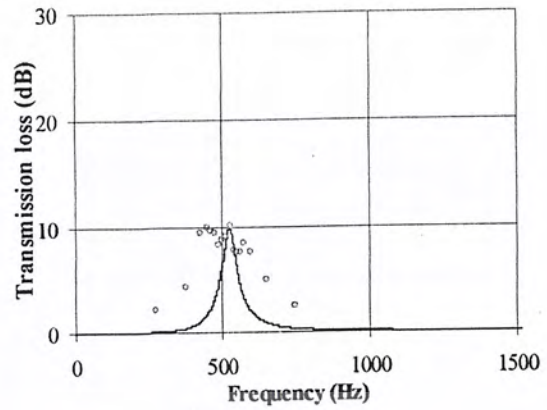
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0200 \text{ m}$
- $D = 0.0513 \text{ m}$
- $L = 0.0900 \text{ m}$

รูปที่ 4-109 Transmission loss characteristics of circular duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



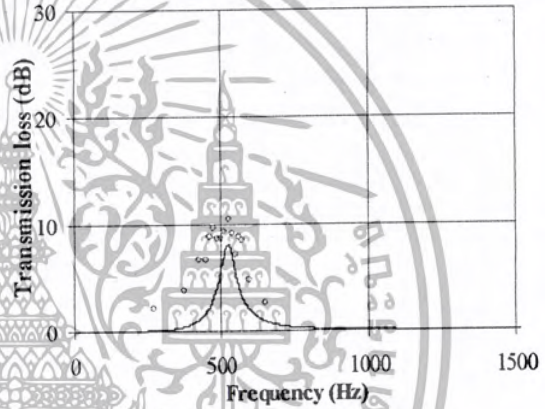
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 487.5 \text{ Hz}$



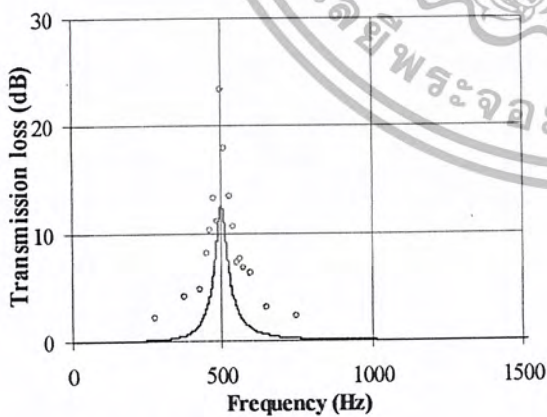
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 525 \text{ Hz}$



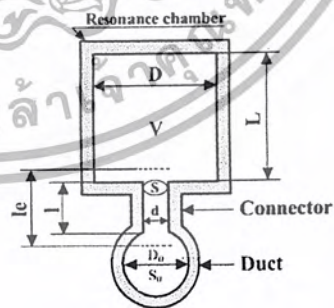
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 487.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 525 \text{ Hz}$



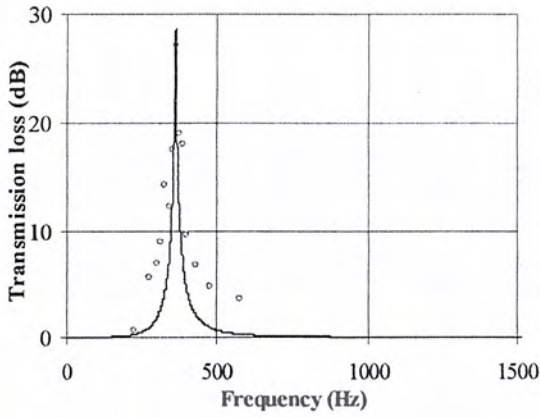
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 500 \text{ Hz}$



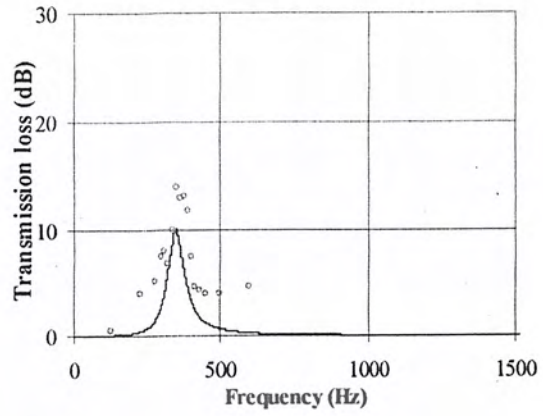
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0200 \text{ m}$
- $D = 0.0967 \text{ m}$
- $L = 0.0300 \text{ m}$

รูปที่ 4-110 Transmission loss characteristics of circular duct

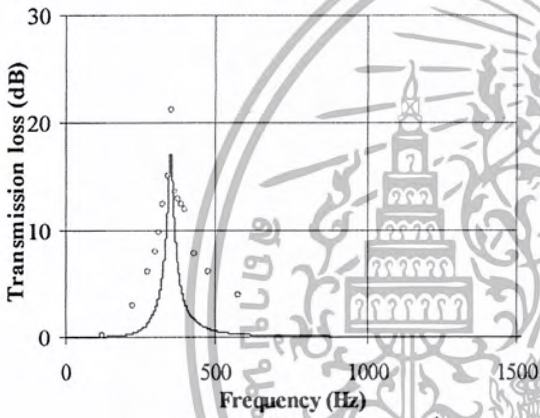
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



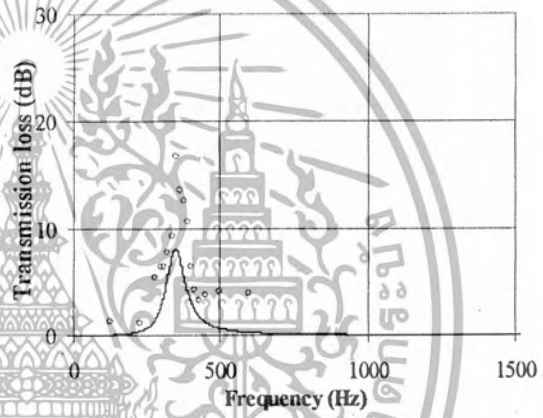
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 362.5 \text{ Hz}$



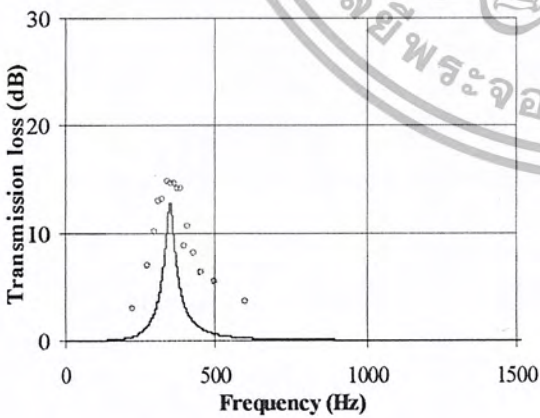
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



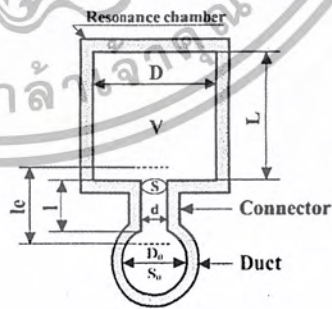
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



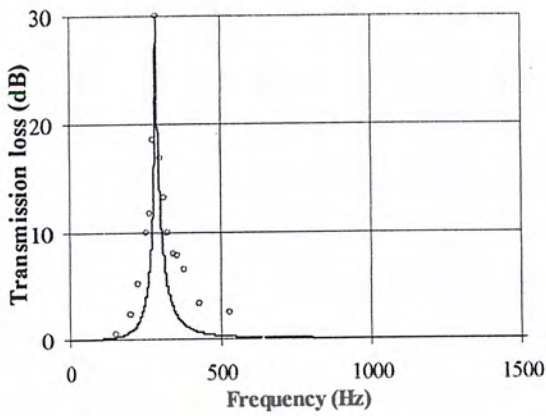
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 350 \text{ Hz}$



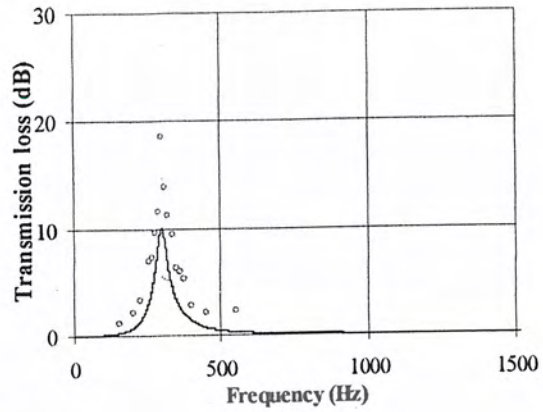
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0200 \text{ m}$
- $D = 0.0967 \text{ m}$
- $L = 0.0600 \text{ m}$

รูปที่ 4-111 Transmission loss characteristics of circular duct

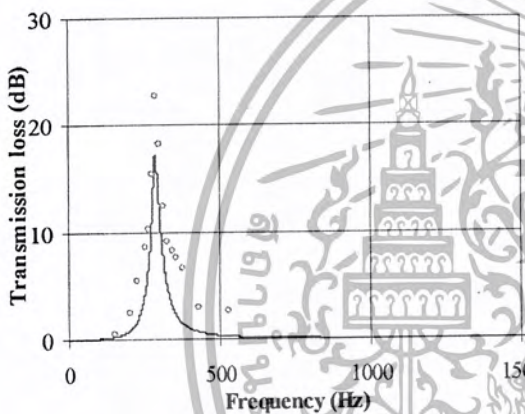
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



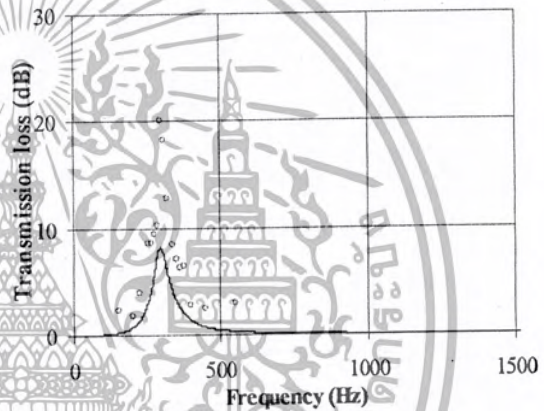
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 287.5 \text{ Hz}$



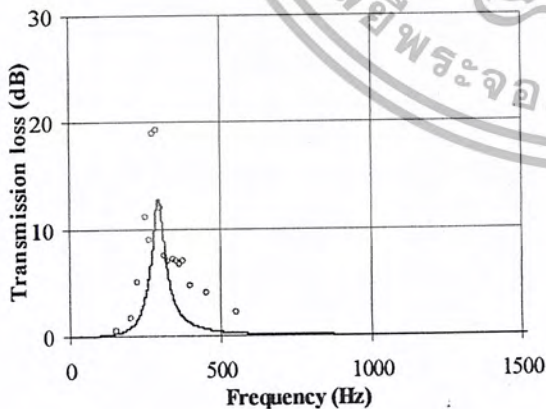
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 300 \text{ Hz}$



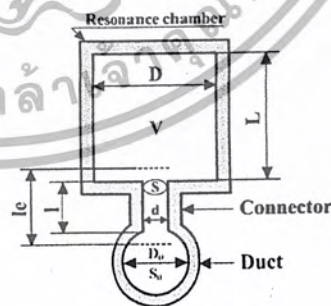
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 287.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 300 \text{ Hz}$



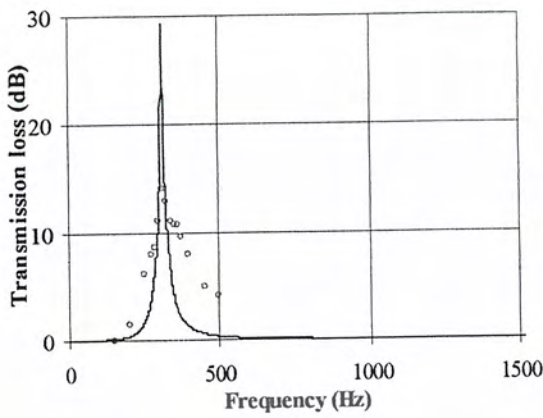
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 287.5 \text{ Hz}$



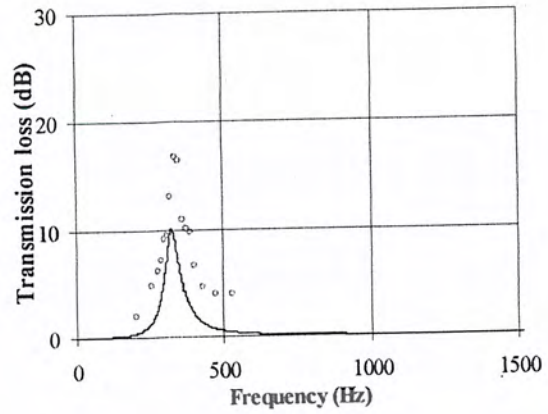
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0200 \text{ m}$
- $D = 0.0967 \text{ m}$
- $L = 0.0900 \text{ m}$

รูปที่ 4-112 Transmission loss characteristics of circular duct

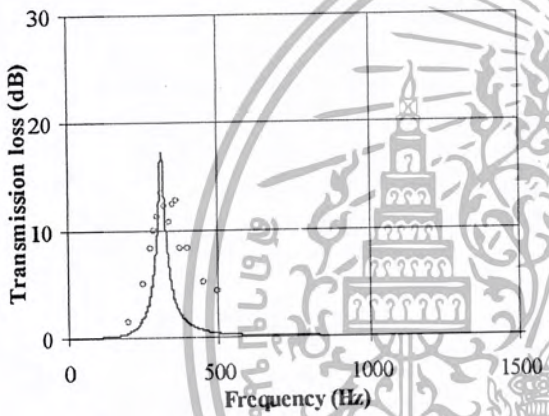
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



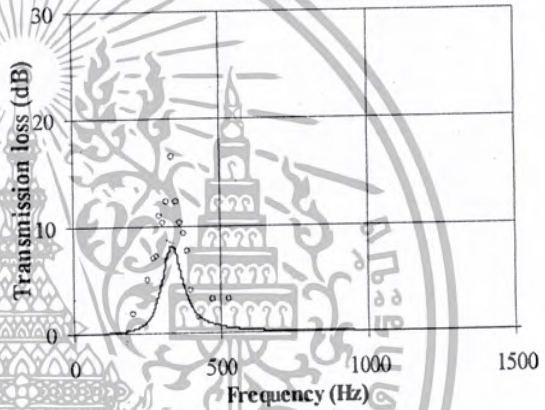
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 312.5 \text{ Hz}$



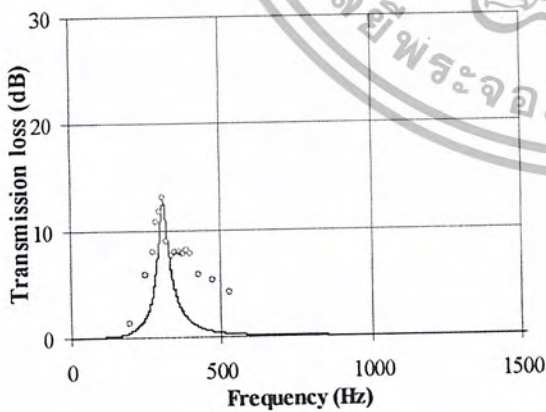
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 337.5 \text{ Hz}$



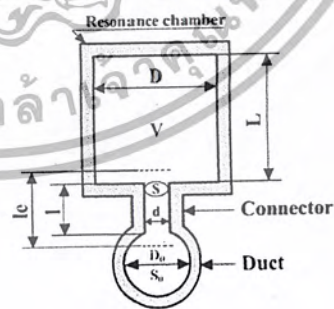
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 312.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 337.5 \text{ Hz}$



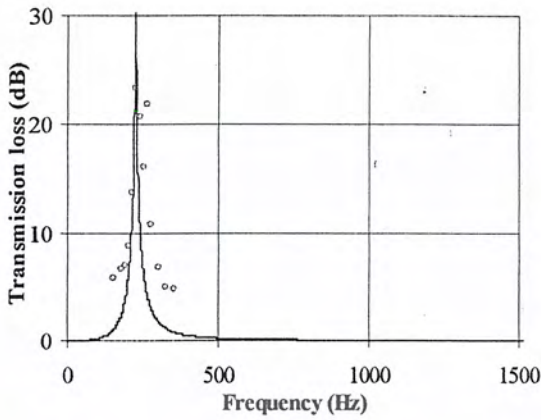
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 312.5 \text{ Hz}$



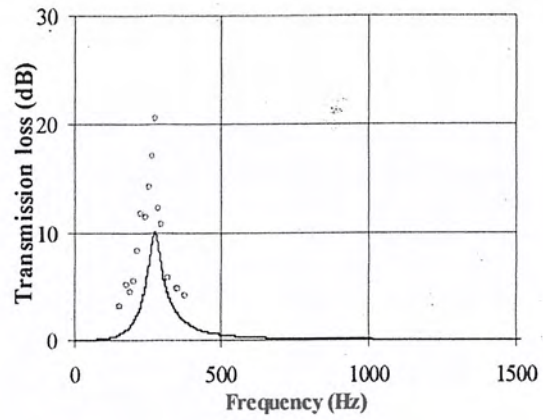
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0200 \text{ m}$
- $D = 0.1493 \text{ m}$
- $L = 0.0300 \text{ m}$

รูปที่ 4-113 Transmission loss characteristics of circular duct

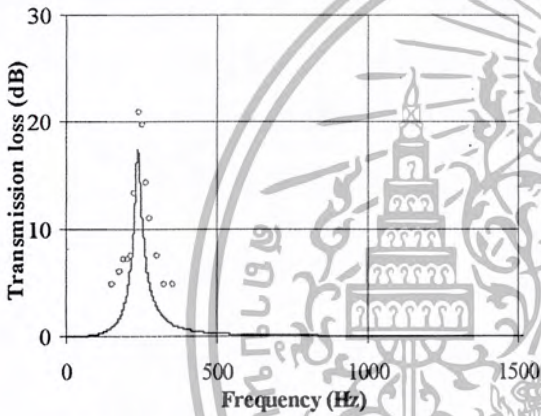
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



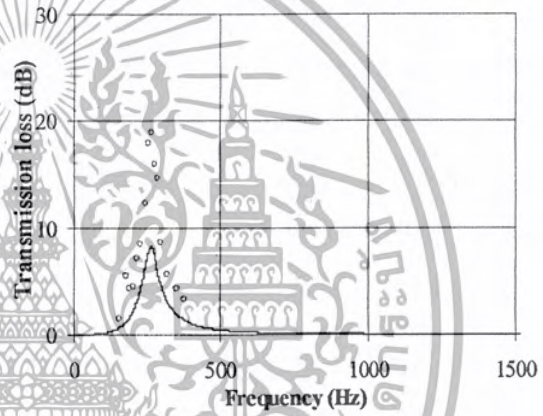
U = 0 m/s fr = 225 Hz



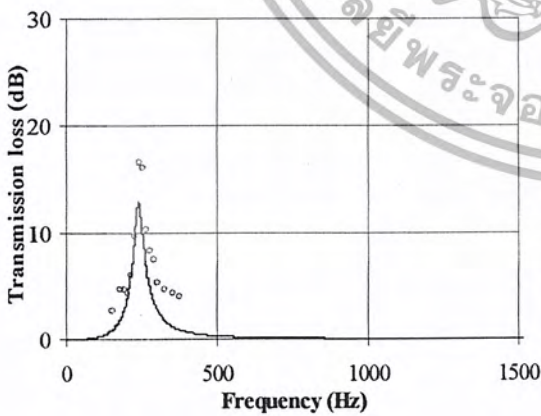
U = 30 m/s fr = 275 Hz



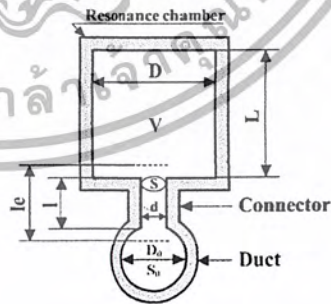
U = 10 m/s fr = 237.5 Hz



U = 35 m/s fr = 262.5 Hz



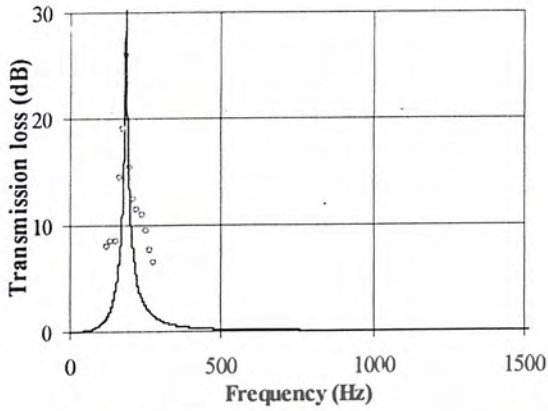
U = 20 m/s fr = 237.5 Hz



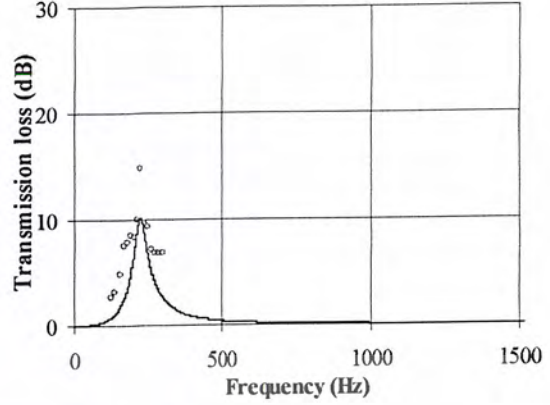
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0200 \text{ m}$
- $D = 0.1493 \text{ m}$
- $L = 0.0600 \text{ m}$

รูปที่ 4-114 Transmission loss characteristics of circular duct

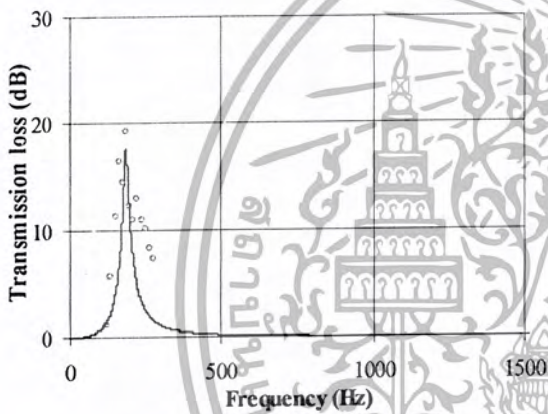
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



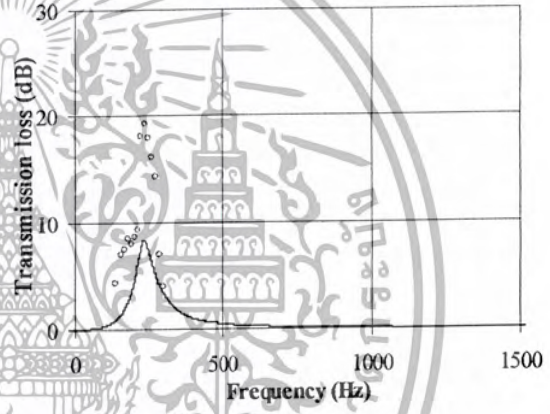
U = 0 m/s fr = 187.5 Hz



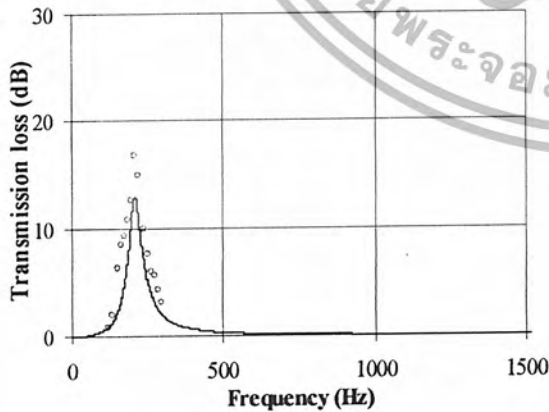
U = 30 m/s fr = 225 Hz



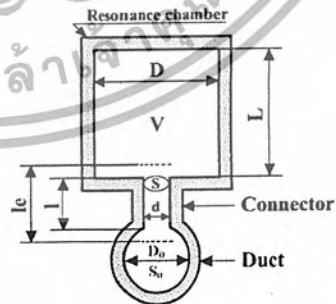
U = 10 m/s fr = 187.5 Hz



U = 35 m/s fr = 237.5 Hz



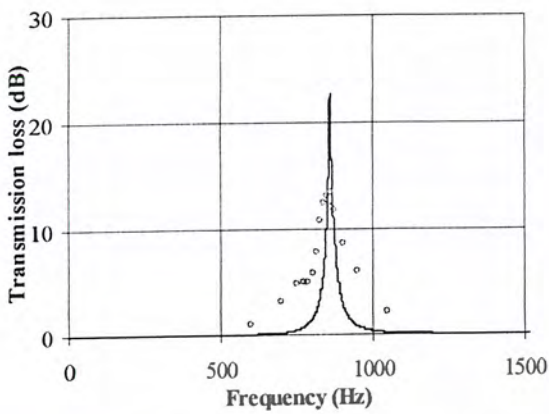
U = 20 m/s fr = 212.5 Hz



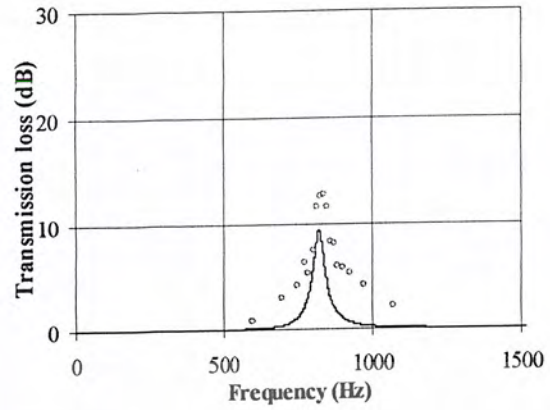
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0200 \text{ m}$
- $D = 0.1493 \text{ m}$
- $L = 0.0900 \text{ m}$

รูปที่ 4-115 Transmission loss characteristics of circular duct

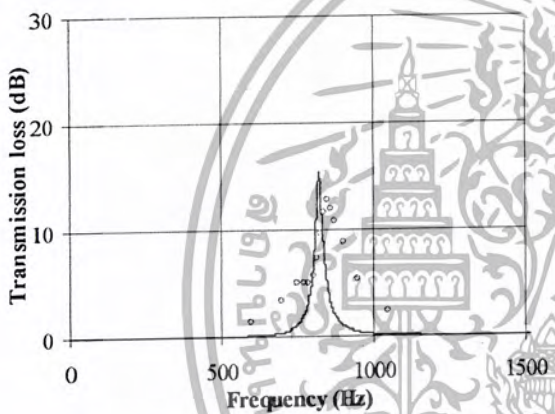
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



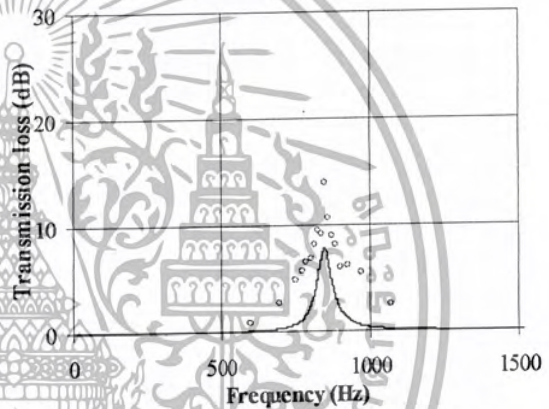
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 862.5 \text{ Hz}$



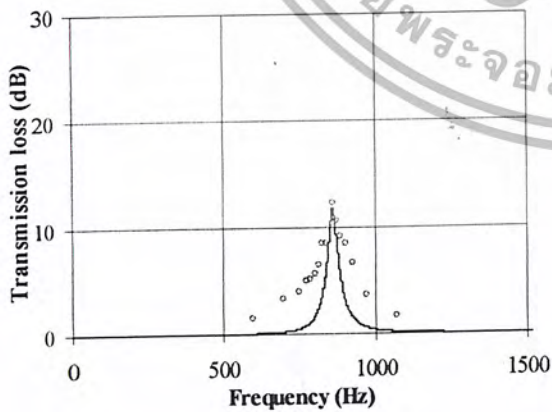
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 837.5 \text{ Hz}$



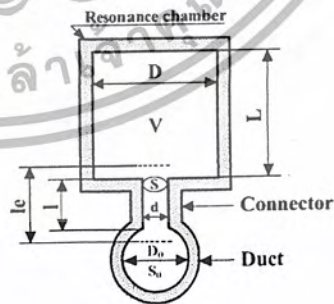
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 850 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 850 \text{ Hz}$



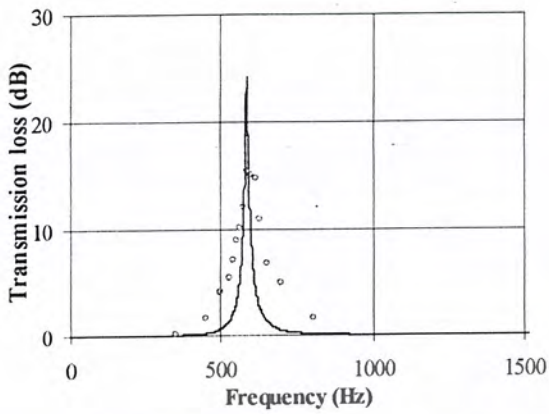
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 862.5 \text{ Hz}$



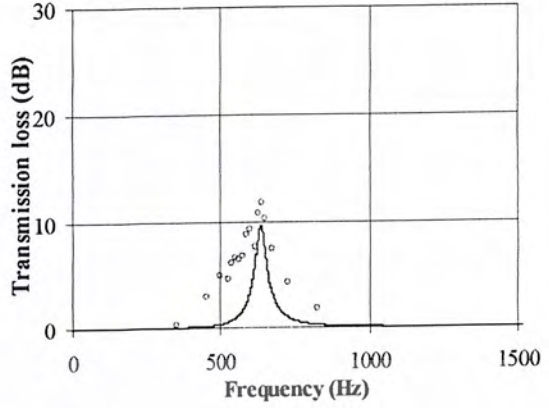
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0300 \text{ m}$
- $D = 0.0513 \text{ m}$
- $L = 0.0300 \text{ m}$

รูปที่ 4-116 Transmission loss characteristics of circular duct

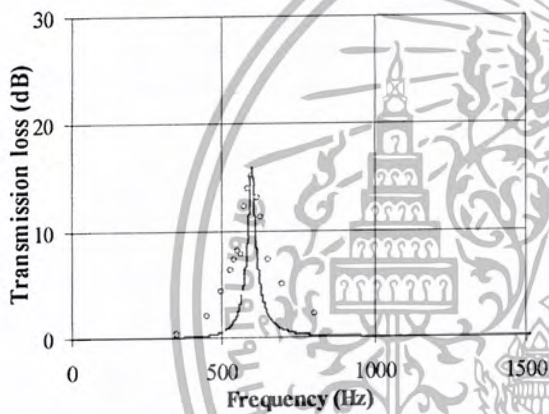
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



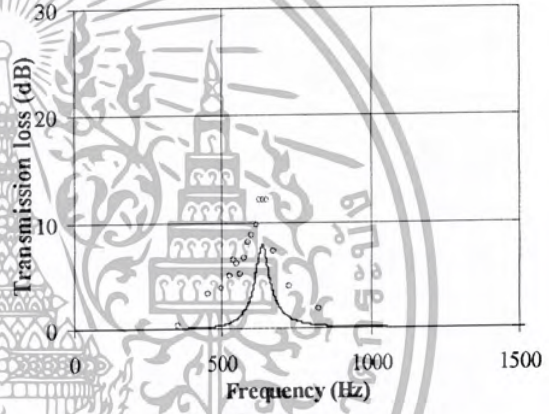
U = 0 m/s fr = 587.5 Hz



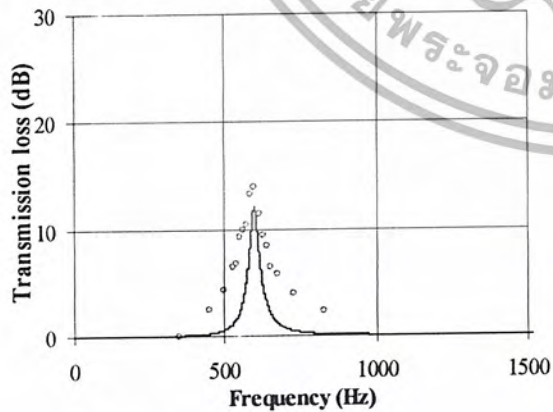
U = 30 m/s fr = 637.5 Hz



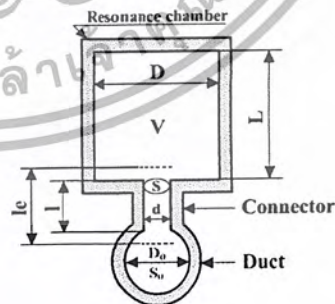
U = 10 m/s fr = 600 Hz



U = 35 m/s fr = 637.5 Hz



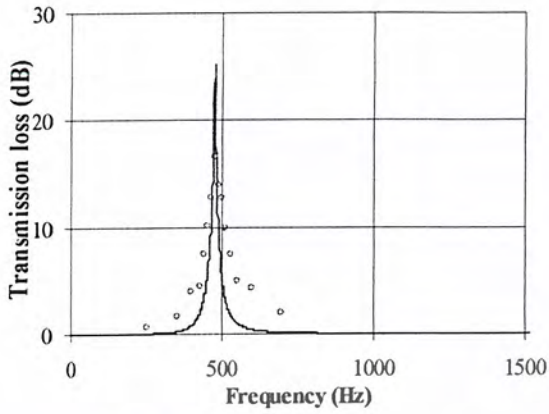
U = 20 m/s fr = 600 Hz



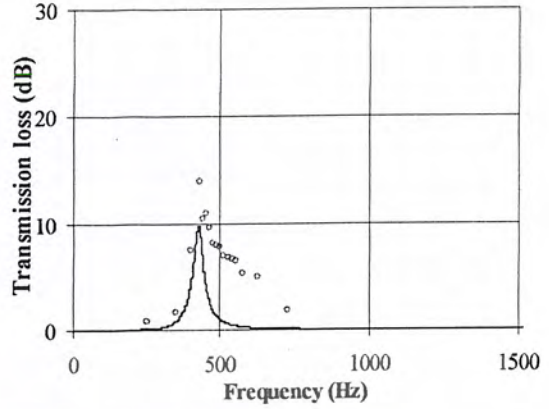
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513$  m
- $d = 0.0300$  m
- $l = 0.0300$  m
- $D = 0.0513$  m
- $L = 0.0600$  m

รูปที่ 4-117 Transmission loss characteristics of circular duct

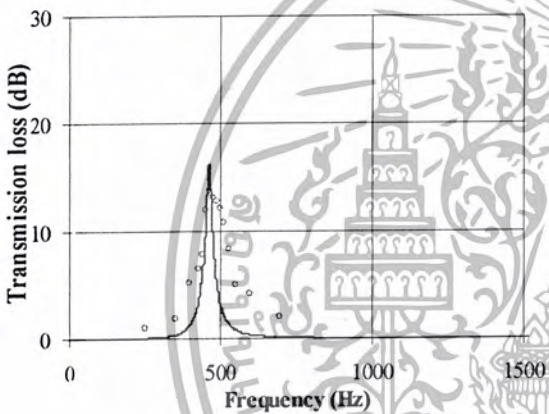
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



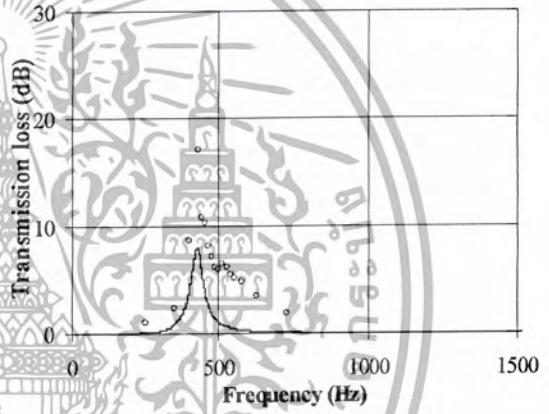
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 475 \text{ Hz}$



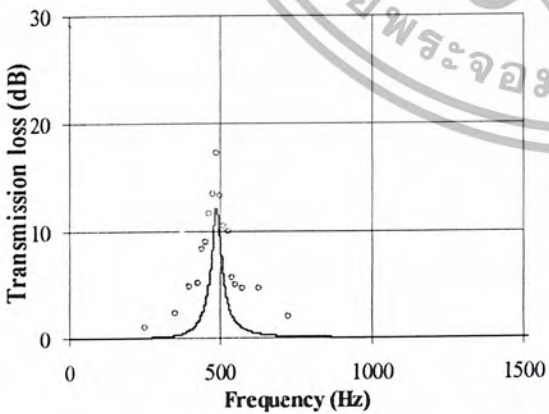
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 425 \text{ Hz}$



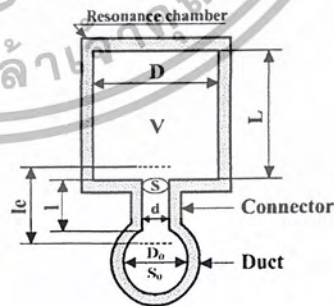
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 462.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 425 \text{ Hz}$



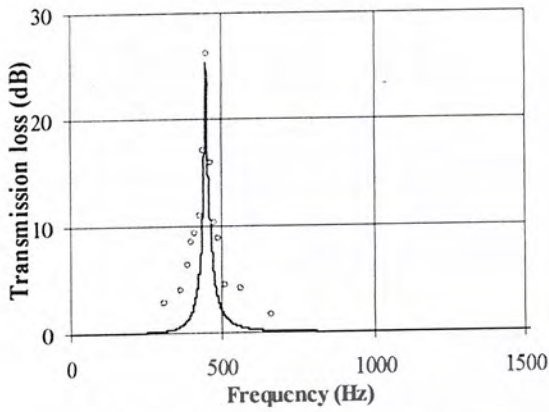
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 487.5 \text{ Hz}$



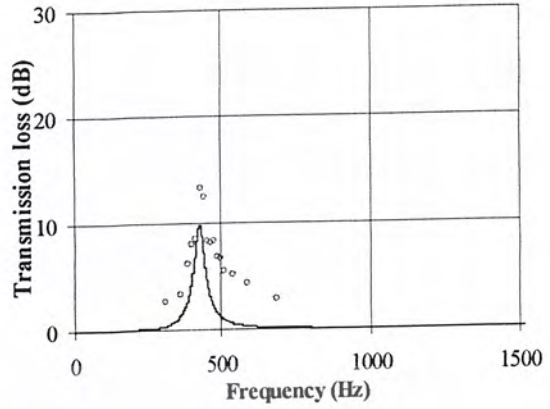
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0300 \text{ m}$
- $D = 0.0513 \text{ m}$
- $L = 0.0900 \text{ m}$

#### รูปที่ 4-118 Transmission loss characteristics of circular duct

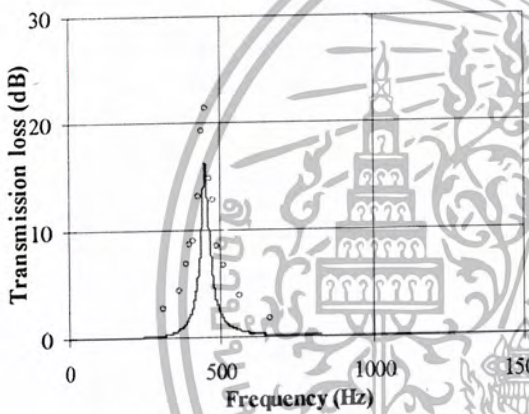
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



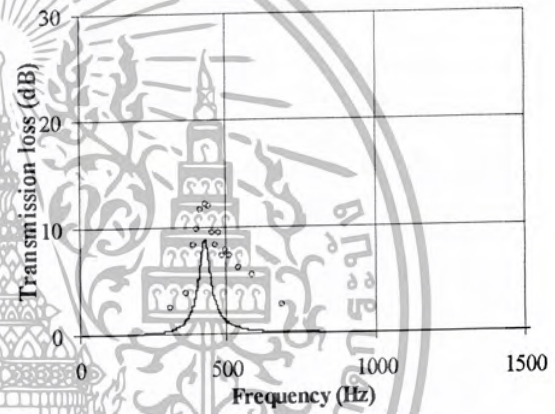
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 450 \text{ Hz}$



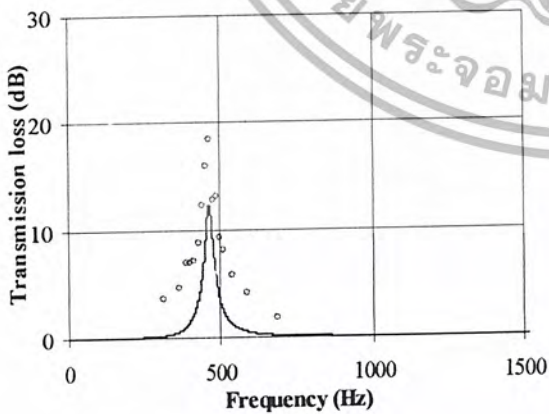
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 425 \text{ Hz}$



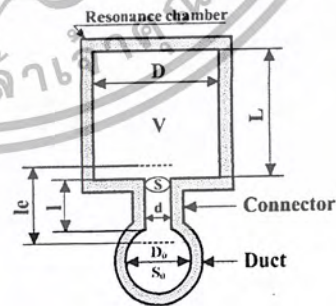
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 450 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 425 \text{ Hz}$



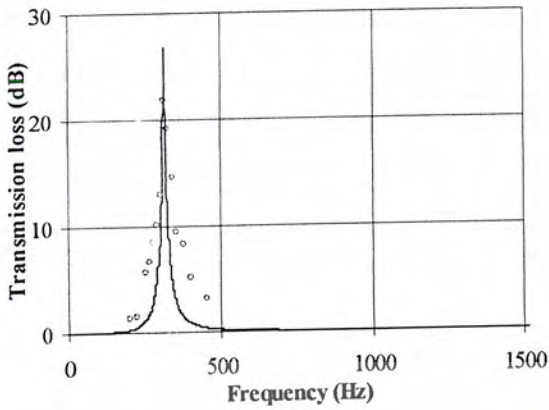
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 462.5 \text{ Hz}$



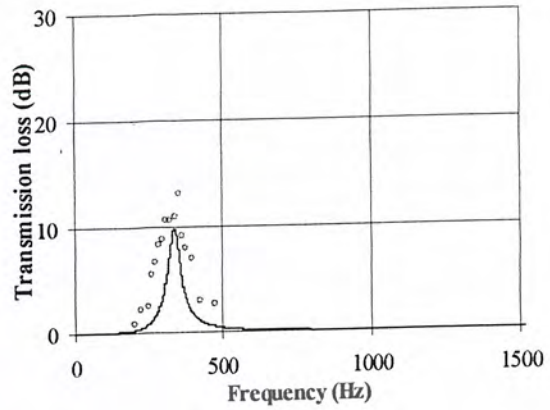
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0300 \text{ m}$
- $D = 0.0967 \text{ m}$
- $L = 0.0300 \text{ m}$

รูปที่ 4-119 Transmission loss characteristics of circular duct

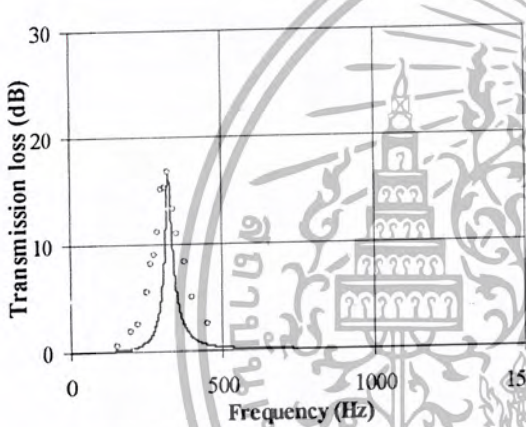
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



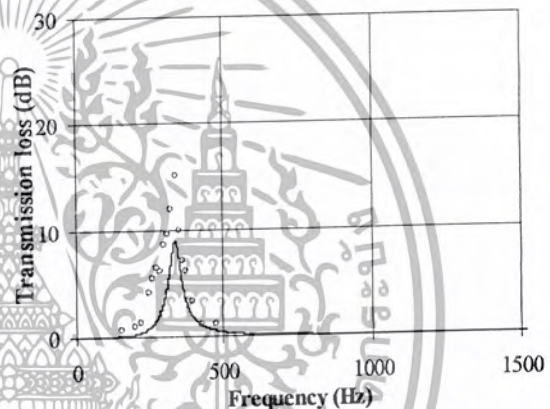
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 312.5 \text{ Hz}$



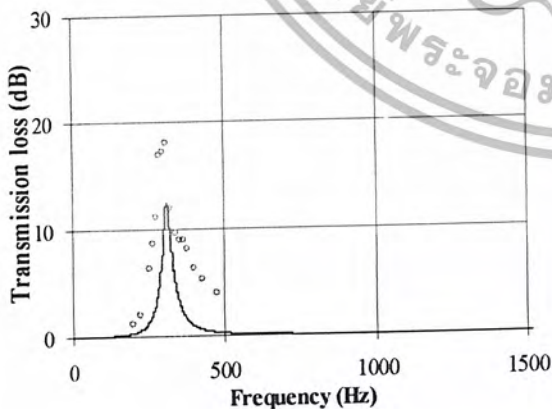
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 337.5 \text{ Hz}$



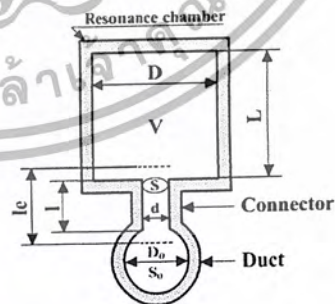
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 325 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 337.5 \text{ Hz}$



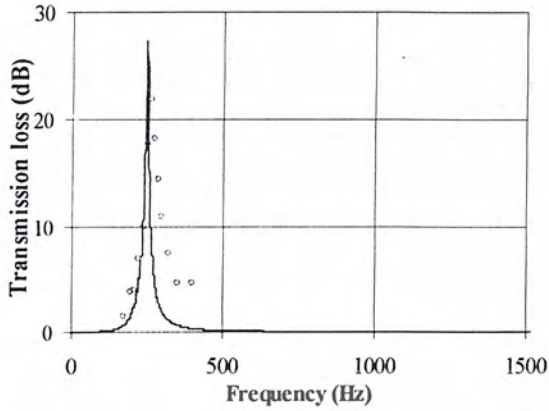
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 312.5 \text{ Hz}$



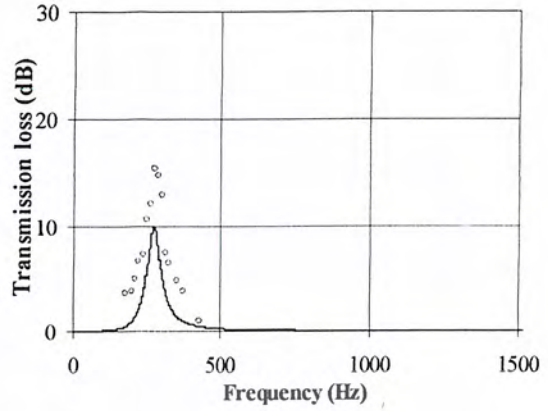
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0300 \text{ m}$
- $D = 0.0967 \text{ m}$
- $L = 0.0600 \text{ m}$

รูปที่ 4-120 Transmission loss characteristics of circular duct

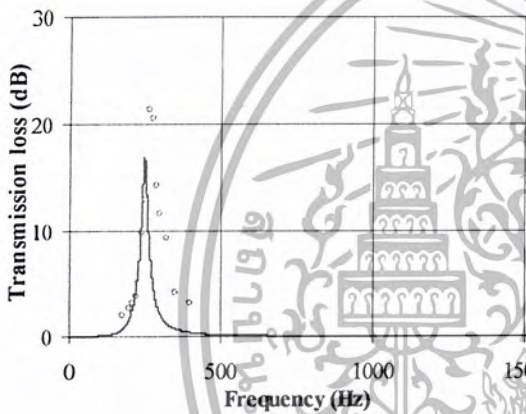
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



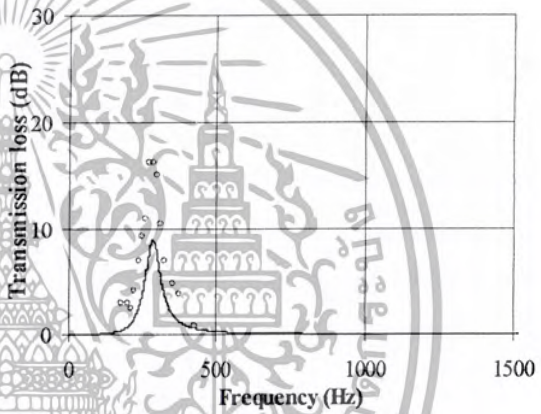
$U = 0 \text{ m/s}$   $f_r = 250 \text{ Hz}$



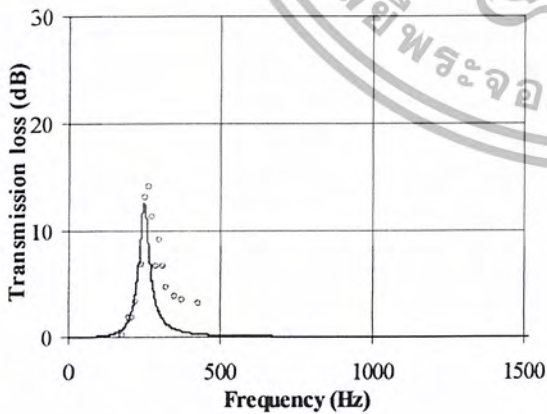
$U = 30 \text{ m/s}$   $f_r = 275 \text{ Hz}$



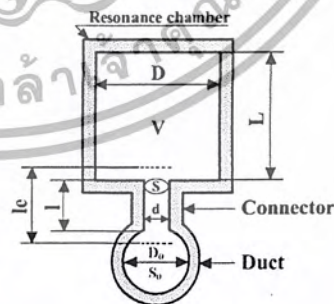
$U = 10 \text{ m/s}$   $f_r = 250 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $f_r = 287.5 \text{ Hz}$



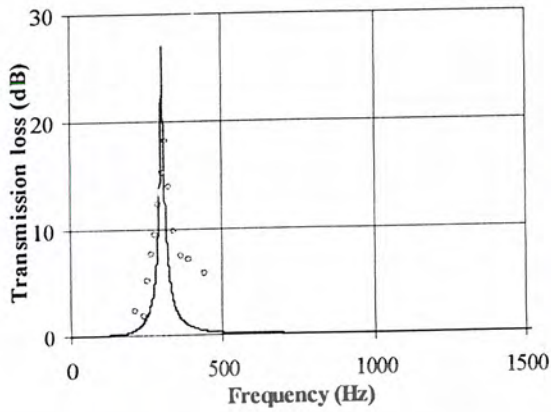
$U = 20 \text{ m/s}$   $f_r = 250 \text{ Hz}$



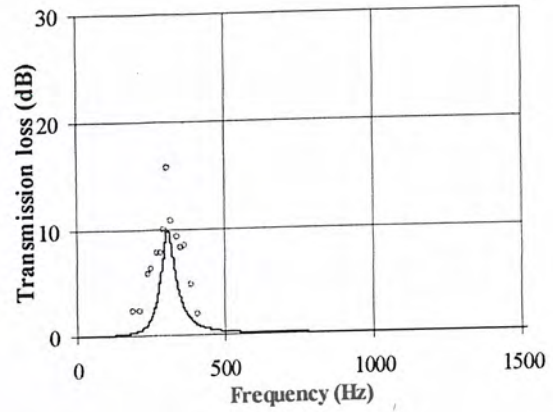
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0300 \text{ m}$
- $D = 0.0967 \text{ m}$
- $L = 0.0900 \text{ m}$

รูปที่ 4-121 Transmission loss characteristics of circular duct

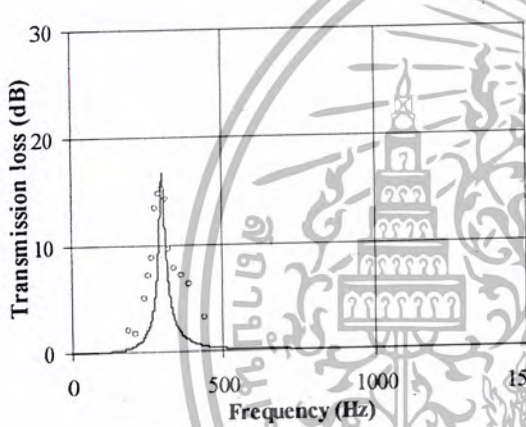
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



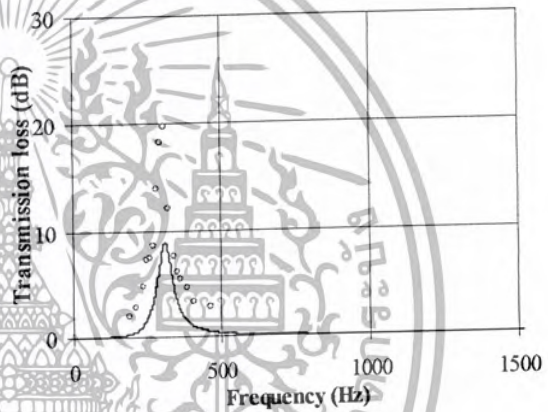
U = 0 m/s fr = 300 Hz



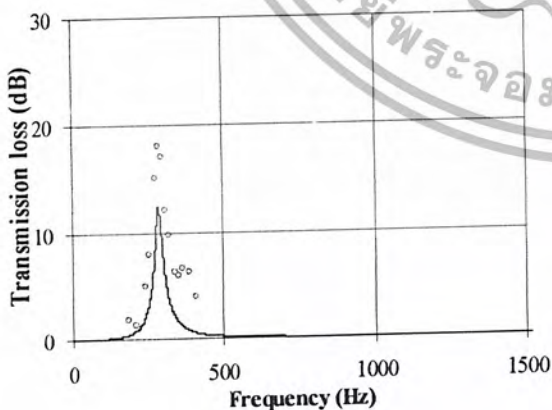
U = 0 m/s fr = 312.5 Hz



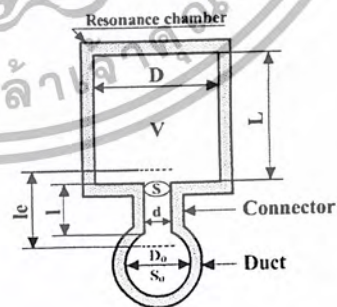
U = 0 m/s fr = 300 Hz



U = 0 m/s fr = 312.5 Hz



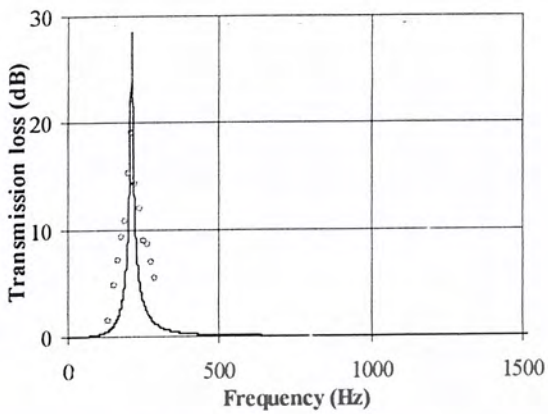
U = 0 m/s fr = 287.5 Hz



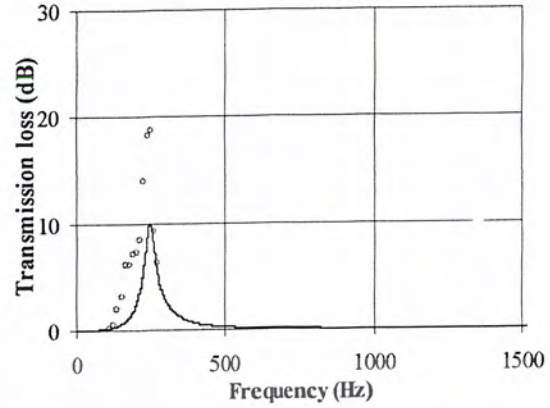
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0300 \text{ m}$
- $D = 0.1493 \text{ m}$
- $L = 0.0300 \text{ m}$

รูปที่ 4-122 Transmission loss characteristics of circular duct

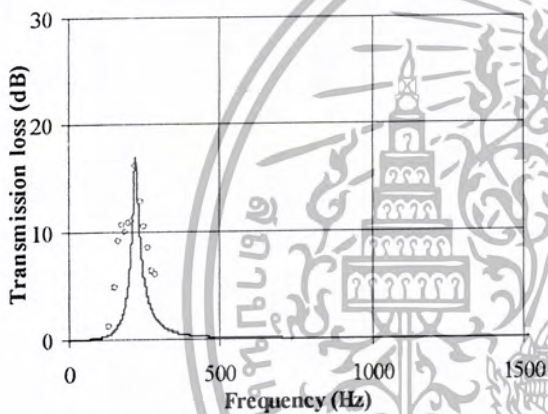
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



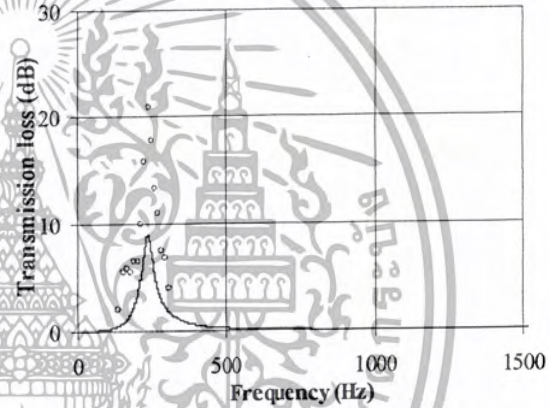
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 212.5 \text{ Hz}$



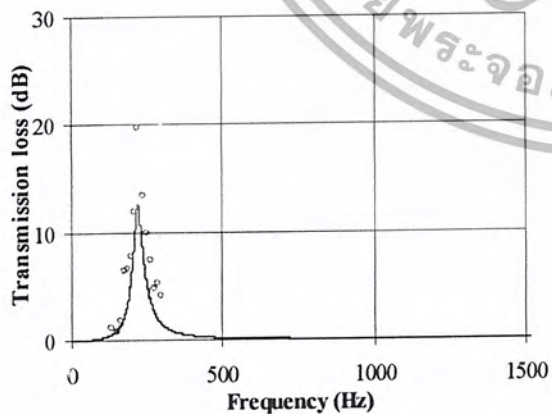
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 250 \text{ Hz}$



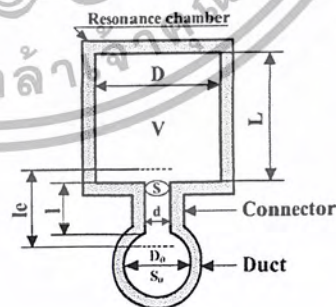
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 225 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 237.5 \text{ Hz}$



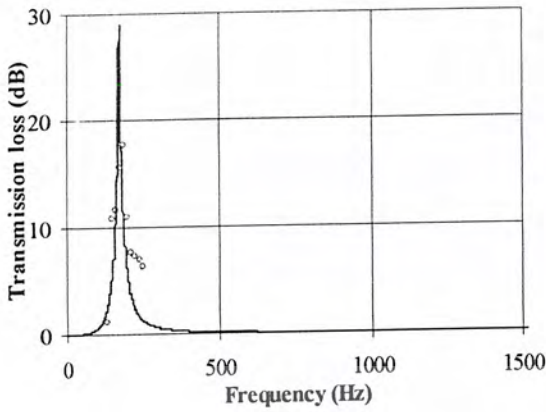
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 225 \text{ Hz}$



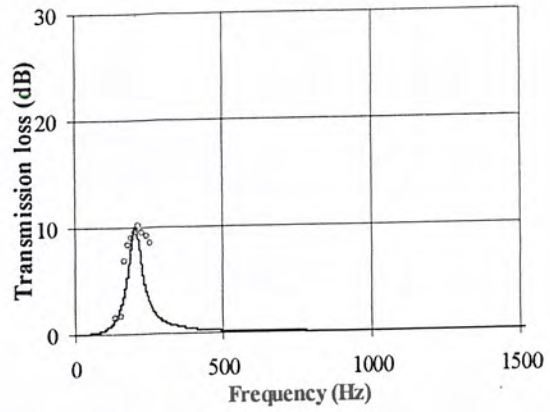
- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0300 \text{ m}$
- $D = 0.1493 \text{ m}$
- $L = 0.0600 \text{ m}$

รูปที่ 4-123 Transmission loss characteristics of circular duct

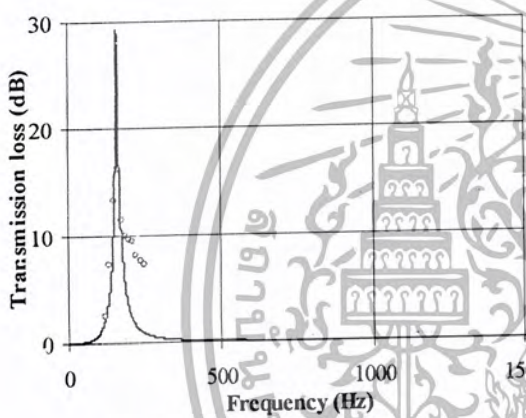
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



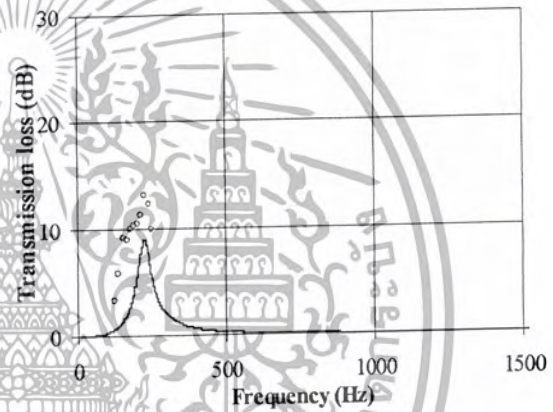
$U = 0 \text{ m/s}$   $fr = 175 \text{ Hz}$



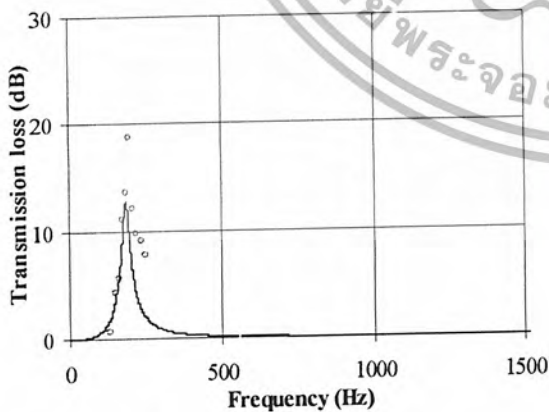
$U = 30 \text{ m/s}$   $fr = 200 \text{ Hz}$



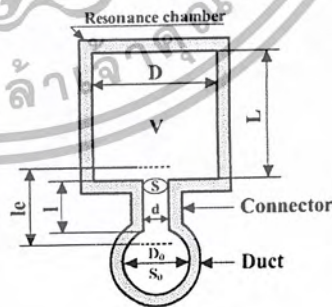
$U = 10 \text{ m/s}$   $fr = 162.5 \text{ Hz}$



$U = 35 \text{ m/s}$   $fr = 225 \text{ Hz}$



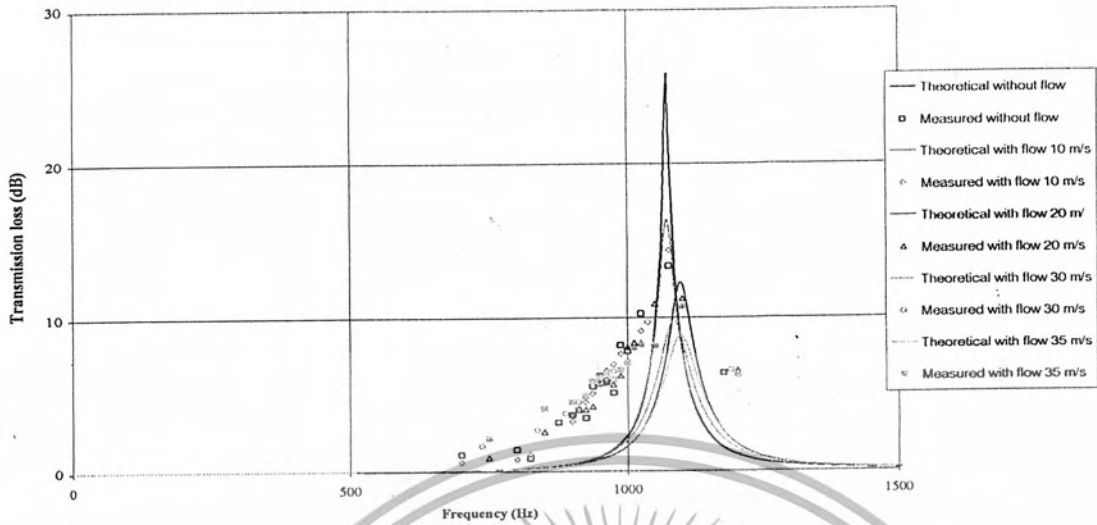
$U = 20 \text{ m/s}$   $fr = 187.5 \text{ Hz}$



- Measured
- Theoretical
- $D_0 = 0.0513 \text{ m}$
- $d = 0.0300 \text{ m}$
- $l = 0.0300 \text{ m}$
- $D = 0.1493 \text{ m}$
- $L = 0.0900 \text{ m}$

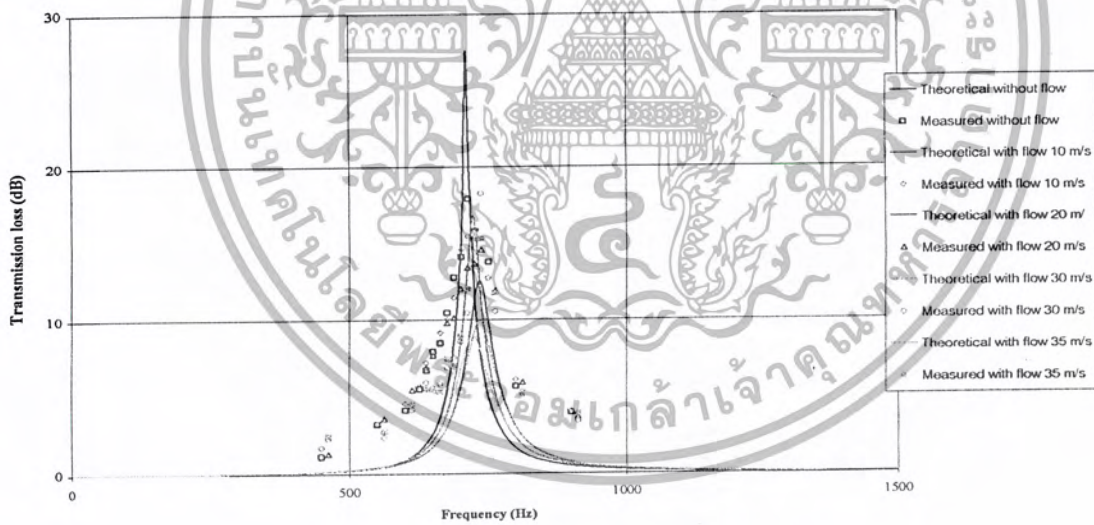
รูปที่ 4-124 Transmission loss characteristics of circular duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03 \text{ m}, l=0.015 \text{ m}, D=0.0513 \text{ m}, L=0.03 \text{ m}, f_{r_0}=1075 \text{ Hz}$

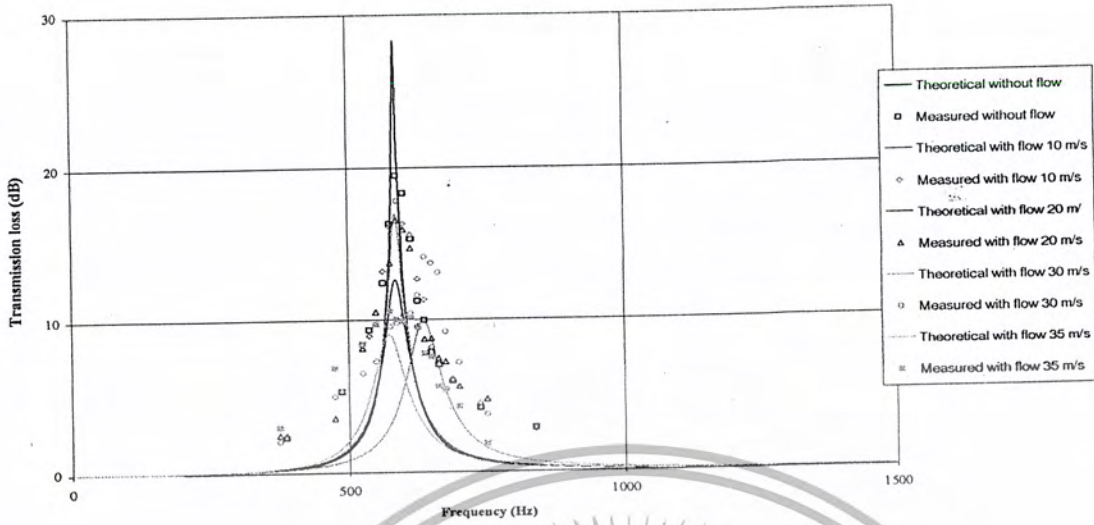
รูปที่ 4-125 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03 \text{ m}, l=0.015 \text{ m}, D=0.0513 \text{ m}, L=0.06 \text{ m}, f_{r_0}=712.5 \text{ Hz}$

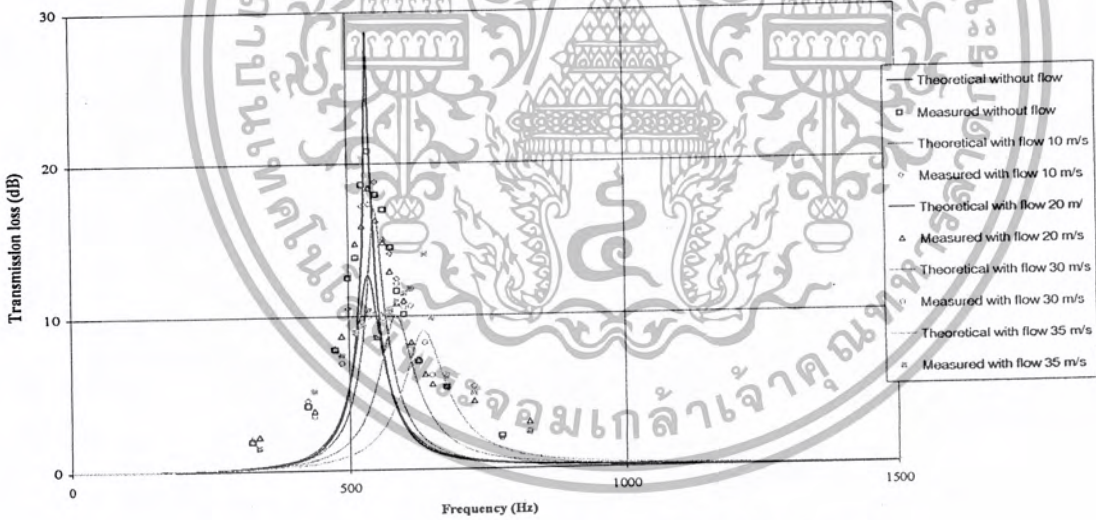
รูปที่ 4-126 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03\text{ m}, l=0.015\text{ m}, D=0.0513\text{ m}, L=0.09\text{ m}, fr_0=587.5\text{ Hz}$

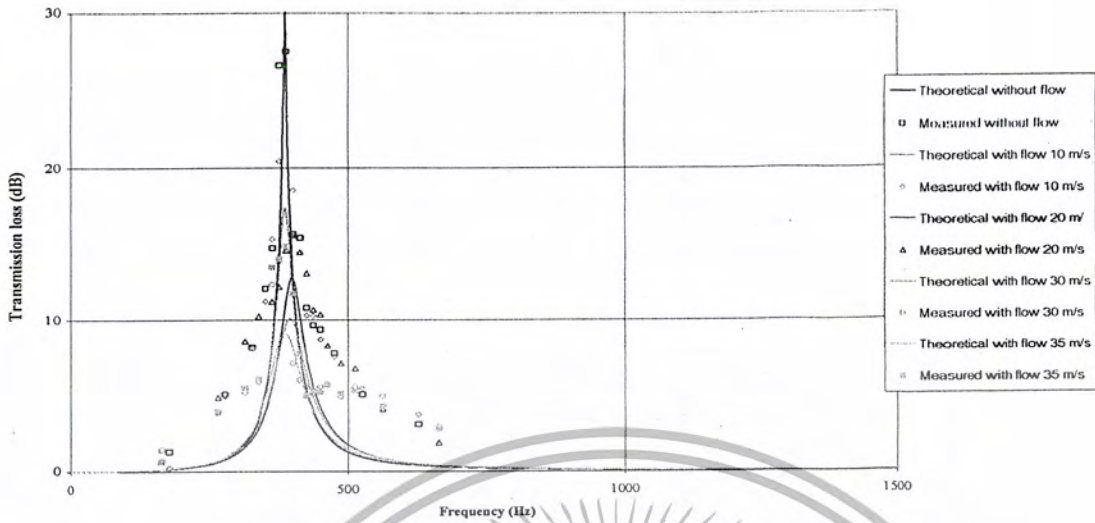
รูปที่ 4-127 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03\text{ m}, l=0.015\text{ m}, D=0.0967\text{ m}, L=0.03\text{ m}, fr_0=537.5\text{ Hz}$

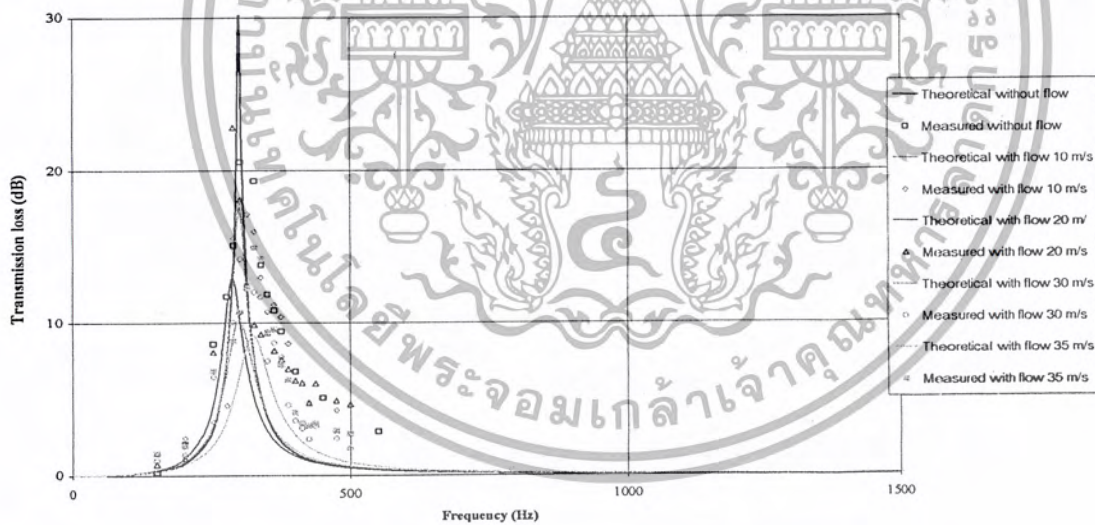
รูปที่ 4-128 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03\text{ m}, l=0.015\text{ m}, D=0.0967\text{ m}, L=0.06\text{ m}, f_{r_0}=387.5\text{ Hz}$

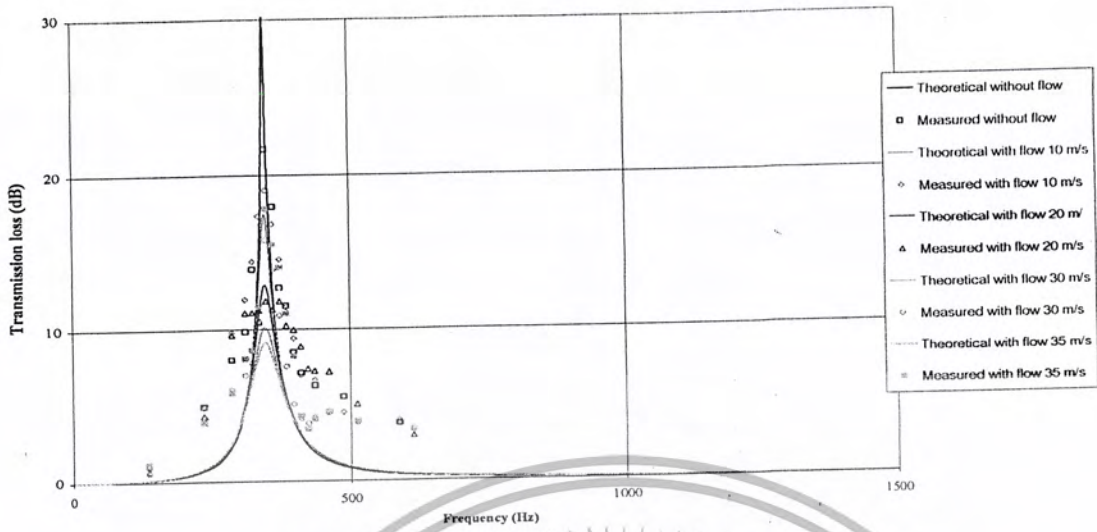
รูปที่ 4-129 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03\text{ m}, l=0.015\text{ m}, D=0.0967\text{ m}, L=0.09\text{ m}, f_{r_0}=300\text{ Hz}$

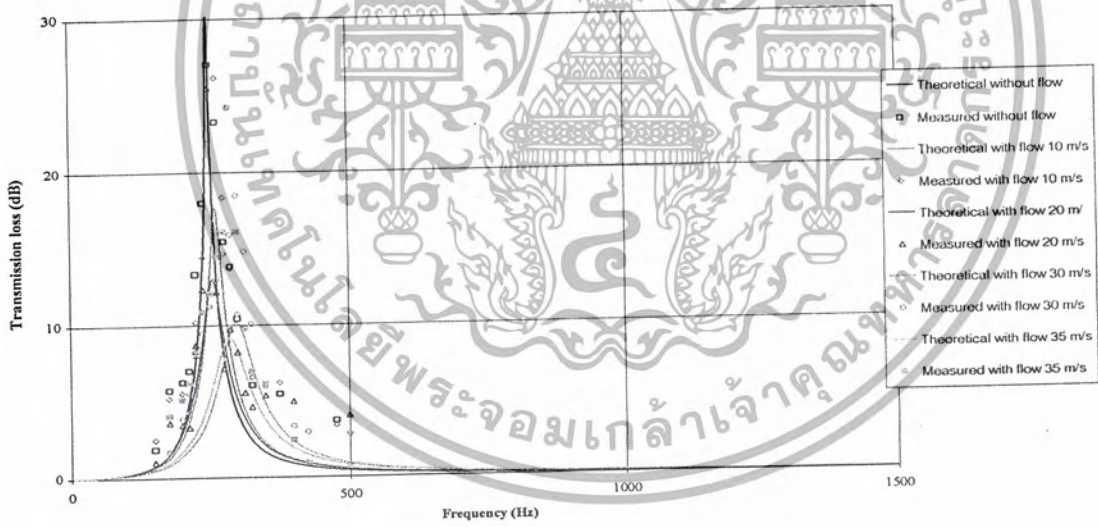
รูปที่ 4-130 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03\text{ m}, l=0.015\text{ m}, D=0.1493\text{ m}, L=0.03\text{ m}, fr_0=350\text{ Hz}$

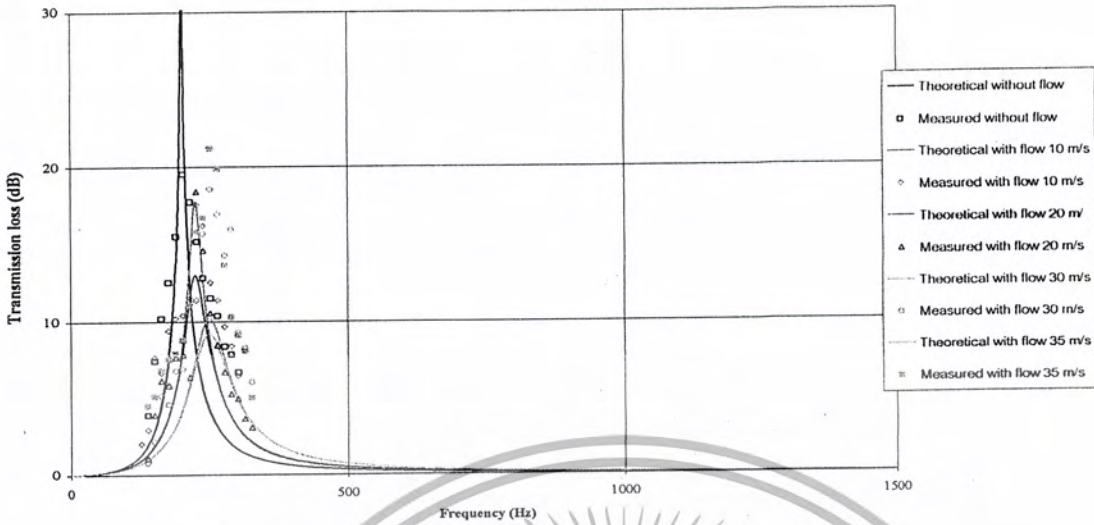
รูปที่ 4-131 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03\text{ m}, l=0.015\text{ m}, D=0.1493\text{ m}, L=0.06\text{ m}, fr_0=250\text{ Hz}$

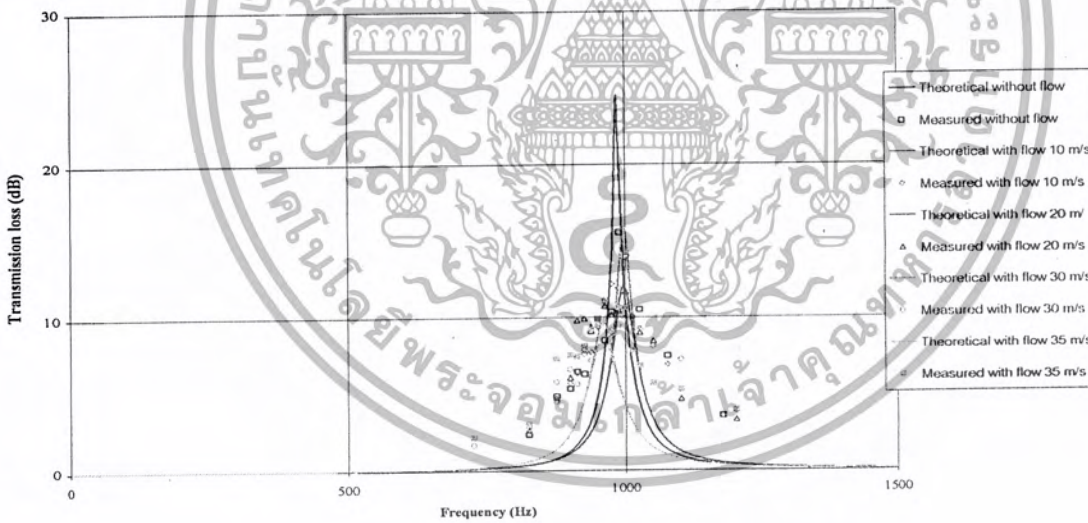
รูปที่ 4-132 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03\text{ m}, l=0.015\text{ m}, D=0.1493\text{ m}, L=0.09\text{ m}, fr_0=200\text{ Hz}$

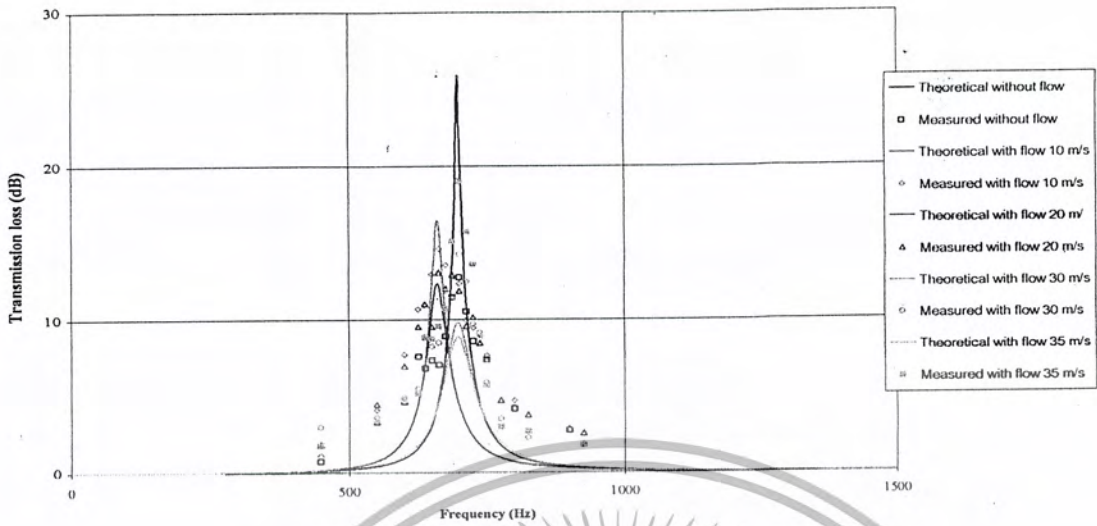
รูปที่ 4-133 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



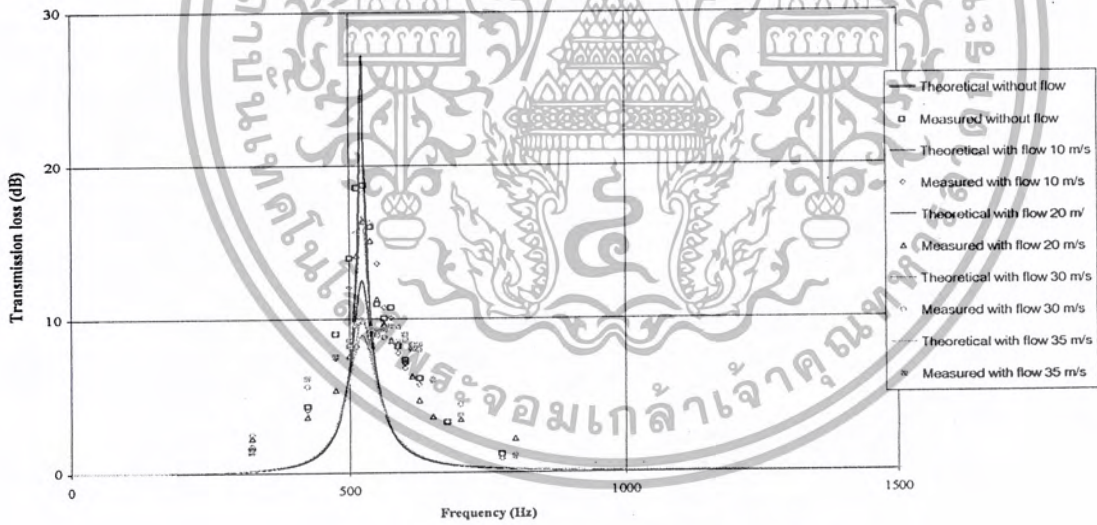
$d=0.03\text{ m}, l=0.02\text{ m}, D=0.0513\text{ m}, L=0.03\text{ m}, fr_0=987.5\text{ Hz}$

รูปที่ 4-134 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

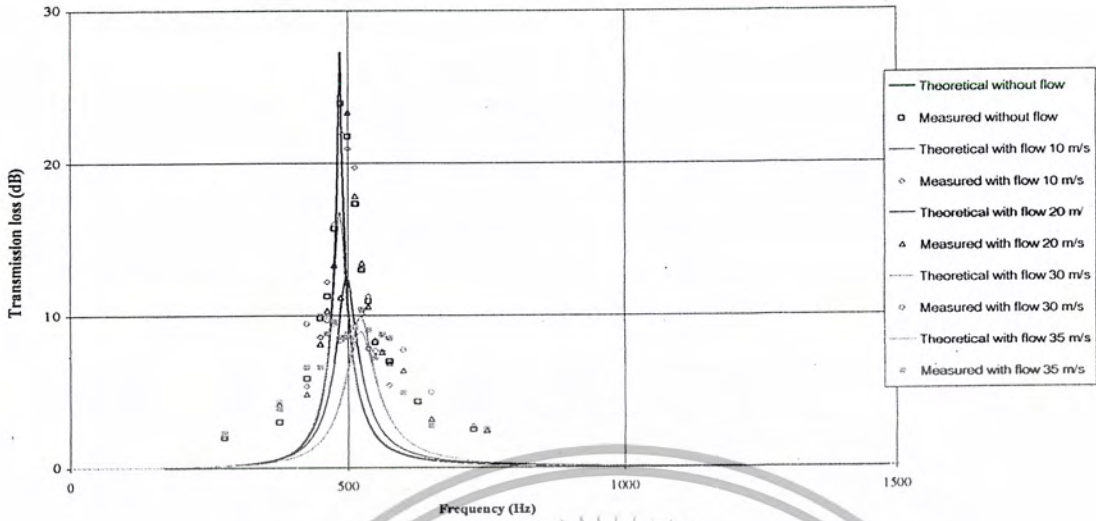


รูปที่ 4-135 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



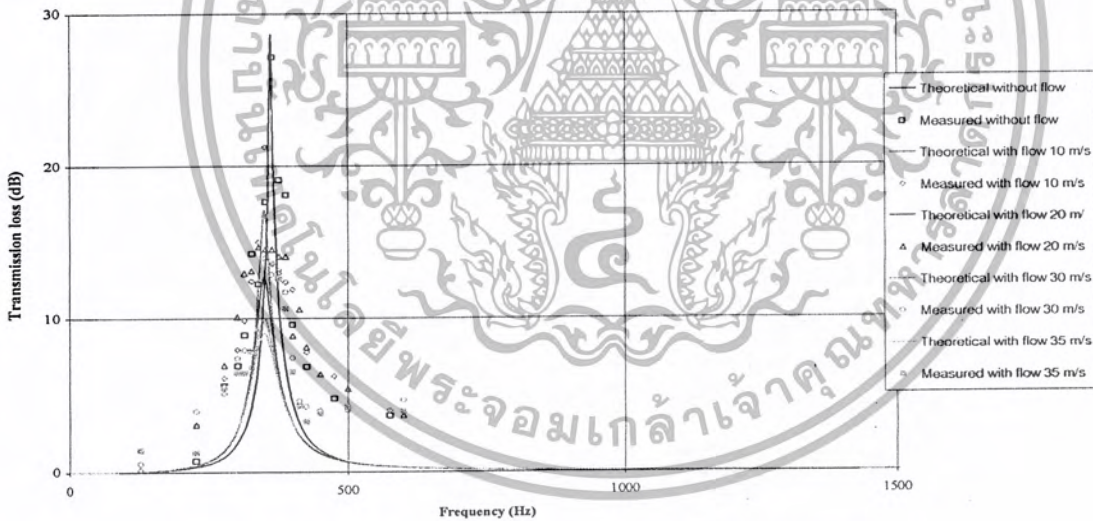
รูปที่ 4-136 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03\text{ m}, l=0.02\text{ m}, D=0.0967\text{ m}, L=0.03\text{ m}, f_{r_0}=487.5\text{ Hz}$

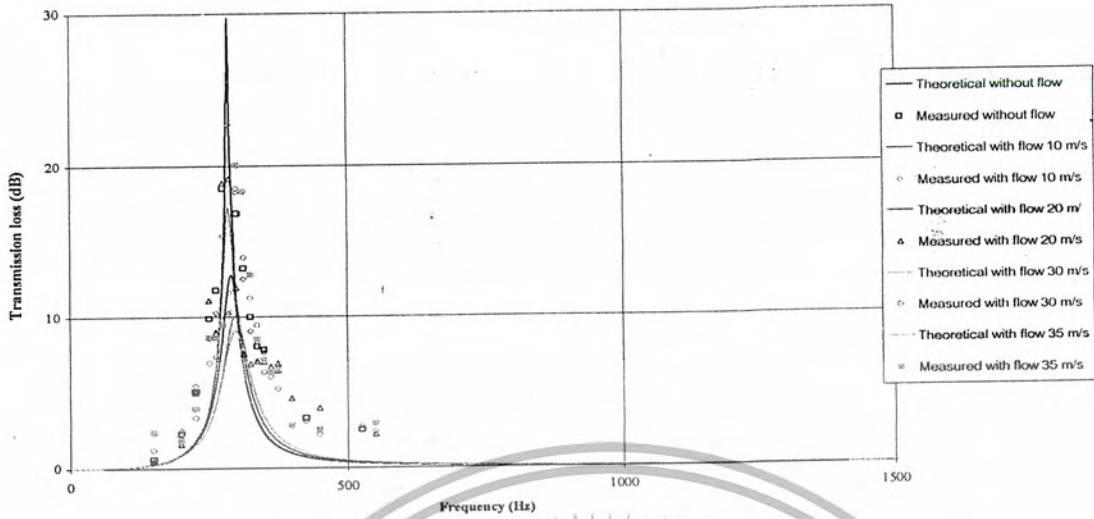
รูปที่ 4-137 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03\text{ m}, l=0.02\text{ m}, D=0.0967\text{ m}, L=0.06\text{ m}, f_{r_0}=362.5\text{ Hz}$

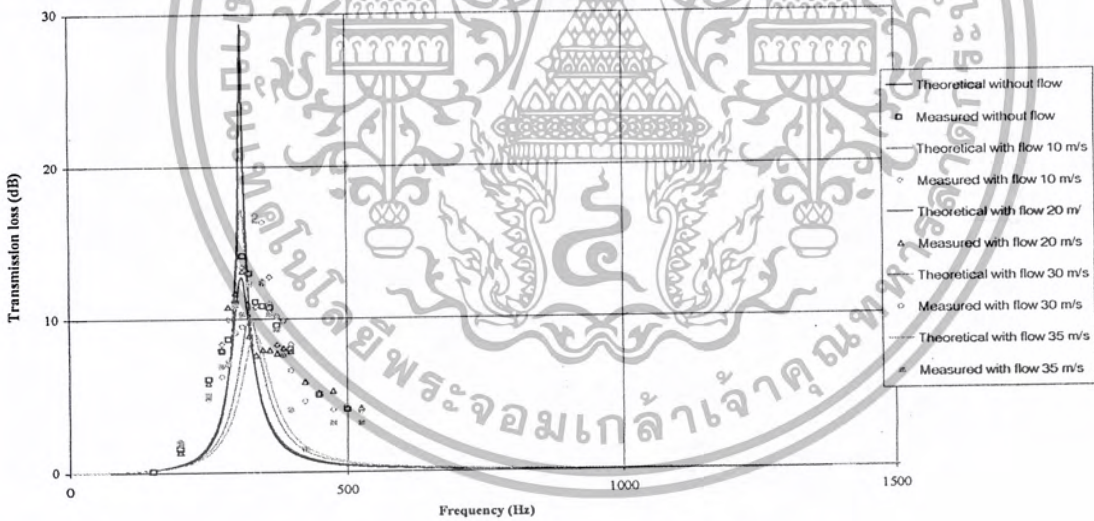
รูปที่ 4-138 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03 \text{ m}, l=0.02 \text{ m}, D=0.0967 \text{ m}, L=0.09 \text{ m}, fr_0=287.5 \text{ Hz}$

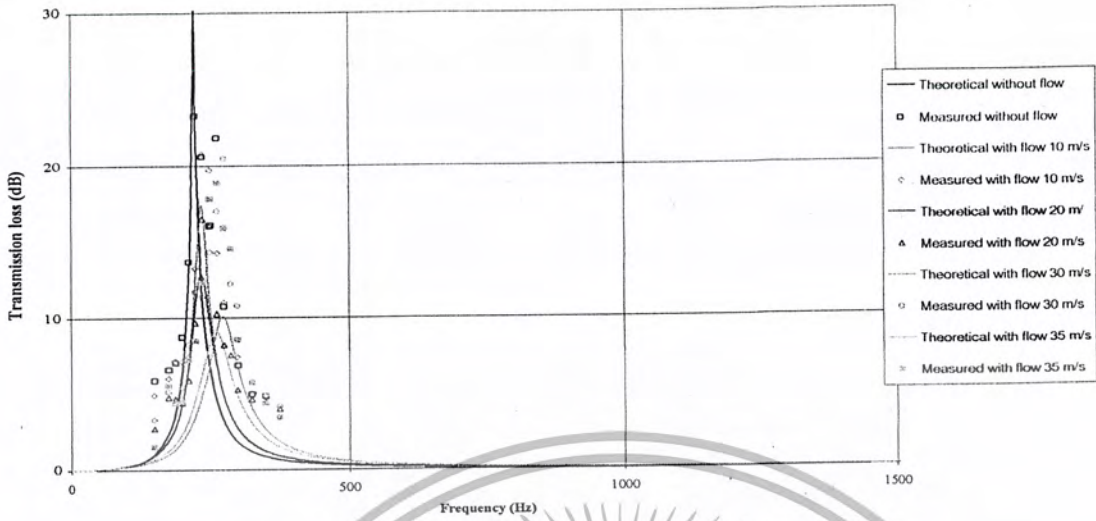
รูปที่ 4-139 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03 \text{ m}, l=0.02 \text{ m}, D=0.1493 \text{ m}, L=0.03 \text{ m}, fr_0=312.5 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-140 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03\text{ m}, l=0.02\text{ m}, D=0.1493\text{ m}, L=0.06\text{ m}, f_{r_0}=225\text{ Hz}$

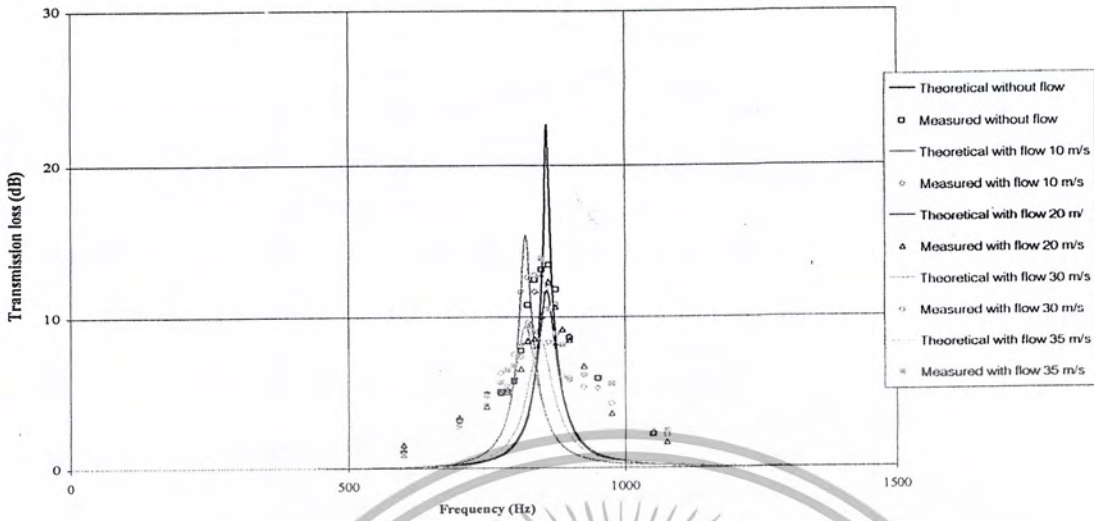
รูปที่ 4-141 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03\text{ m}, l=0.02\text{ m}, D=0.1493\text{ m}, L=0.09\text{ m}, f_{r_0}=187.5\text{ Hz}$

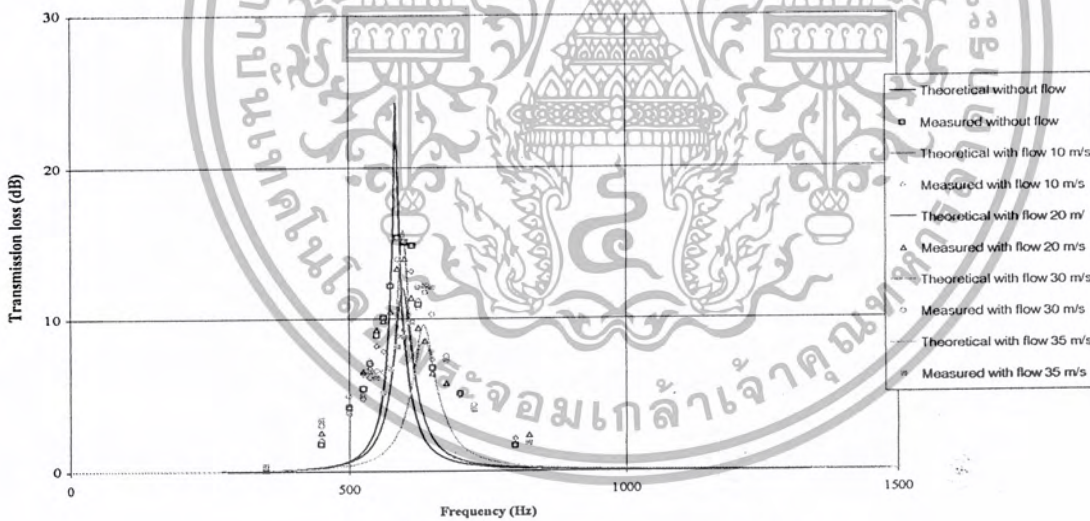
รูปที่ 4-142 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03\text{ m}, l=0.03\text{ m}, D=0.0513\text{ m}, L=0.03\text{ m}, f_{r_0}=862.5\text{ Hz}$

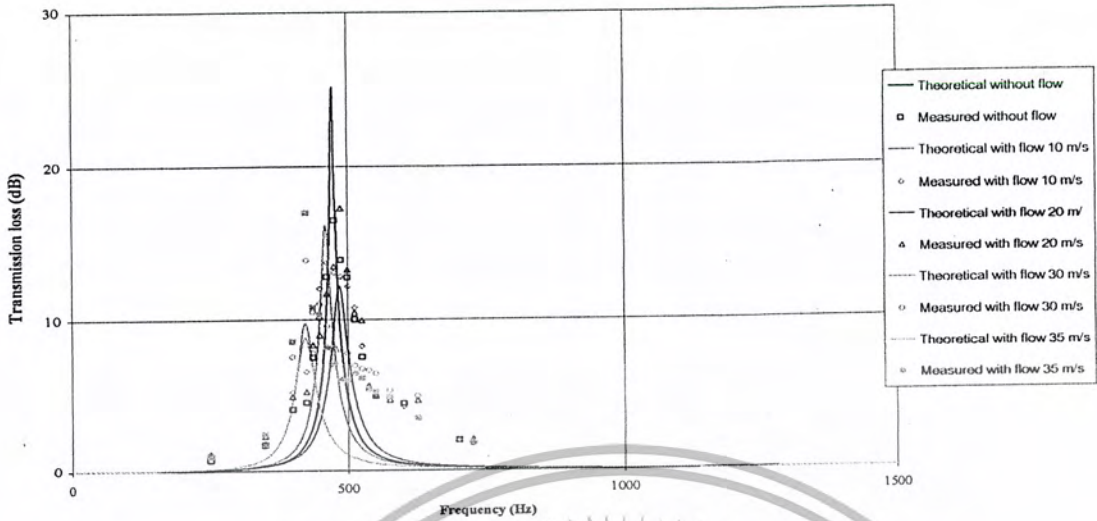
รูปที่ 4-143 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03\text{ m}, l=0.03\text{ m}, D=0.0513\text{ m}, L=0.06\text{ m}, f_{r_0}=587.5\text{ Hz}$

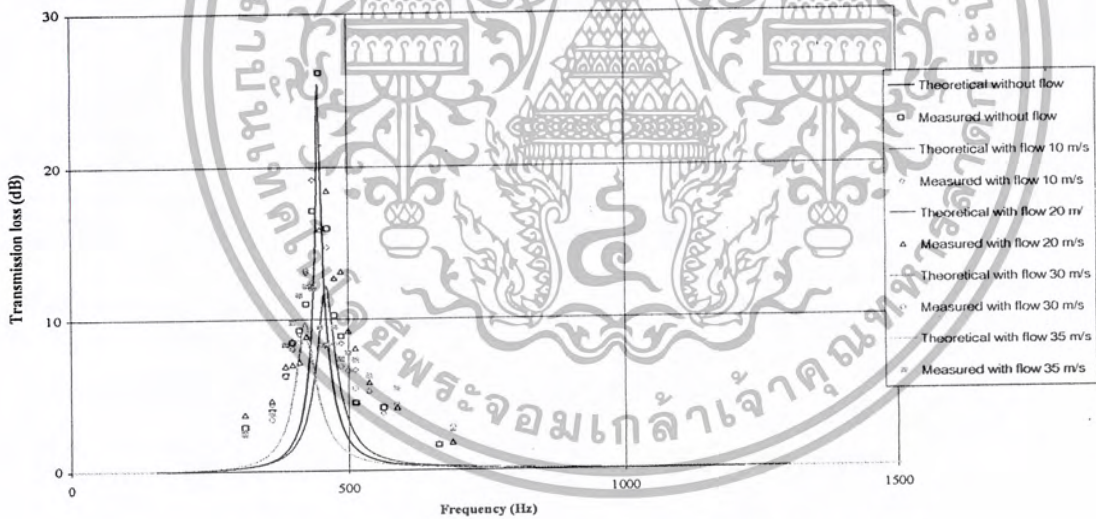
รูปที่ 4-144 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03 \text{ m}, l=0.03 \text{ m}, D=0.0513 \text{ m}, L=0.09 \text{ m}, f_{r_0}=475 \text{ Hz}$

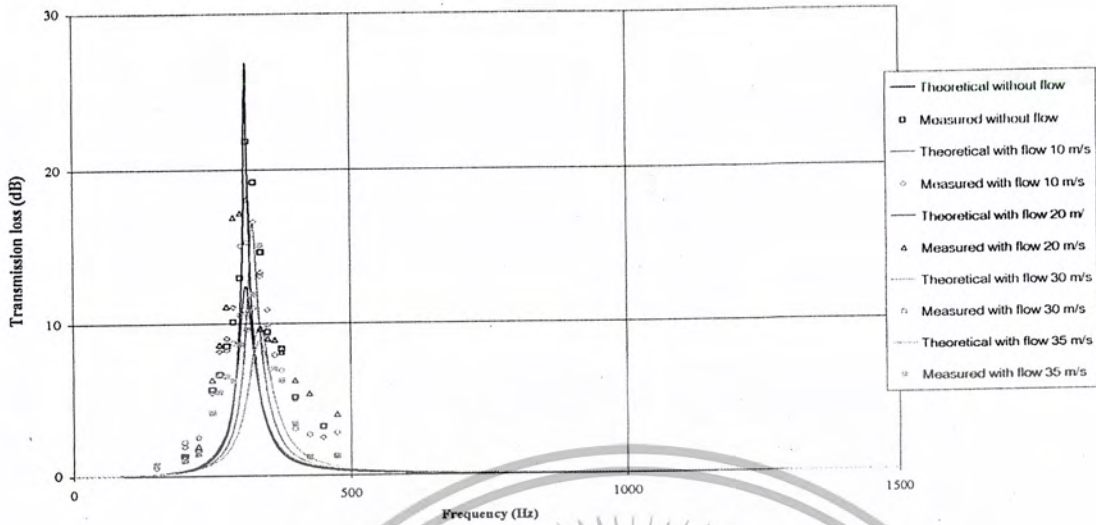
รูปที่ 4-145 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03 \text{ m}, l=0.03 \text{ m}, D=0.0967 \text{ m}, L=0.03 \text{ m}, f_{r_0}=450 \text{ Hz}$

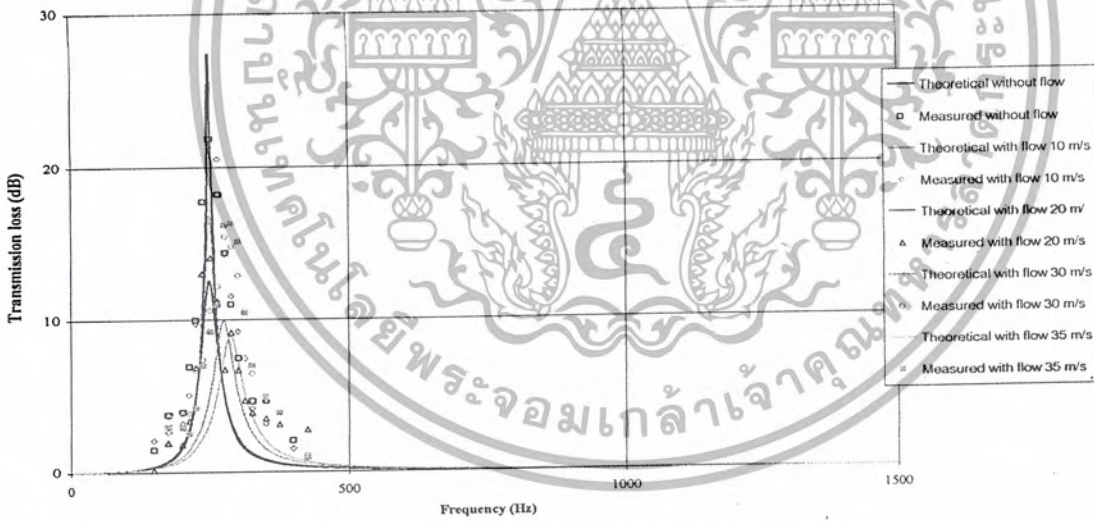
รูปที่ 4-146 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03\text{ m}, l=0.03\text{ m}, D=0.0967\text{ m}, L=0.06\text{ m}, f_{r_0}=312.5\text{ Hz}$

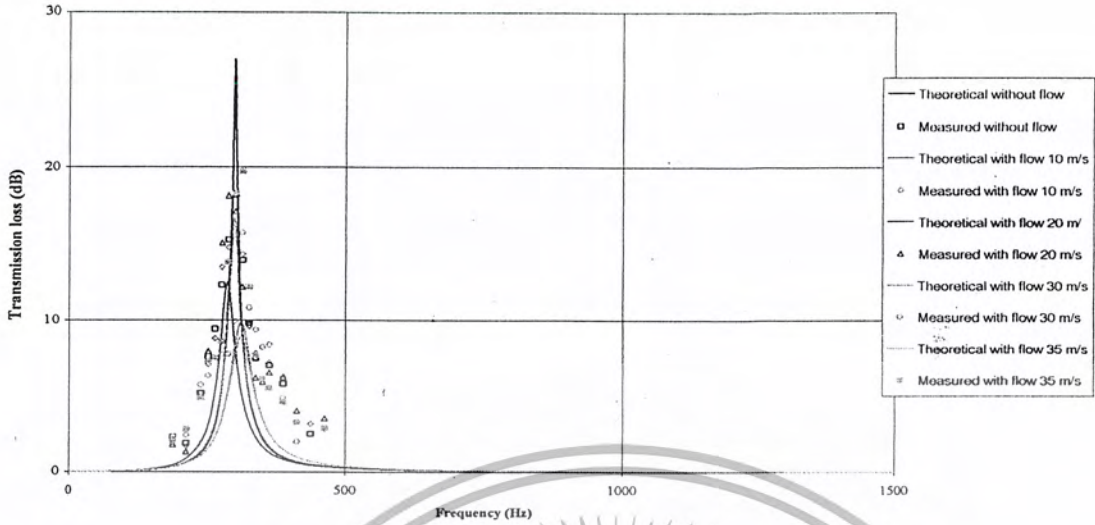
รูปที่ 4-147 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03\text{ m}, l=0.03\text{ m}, D=0.0967\text{ m}, L=0.09\text{ m}, f_{r_0}=250\text{ Hz}$

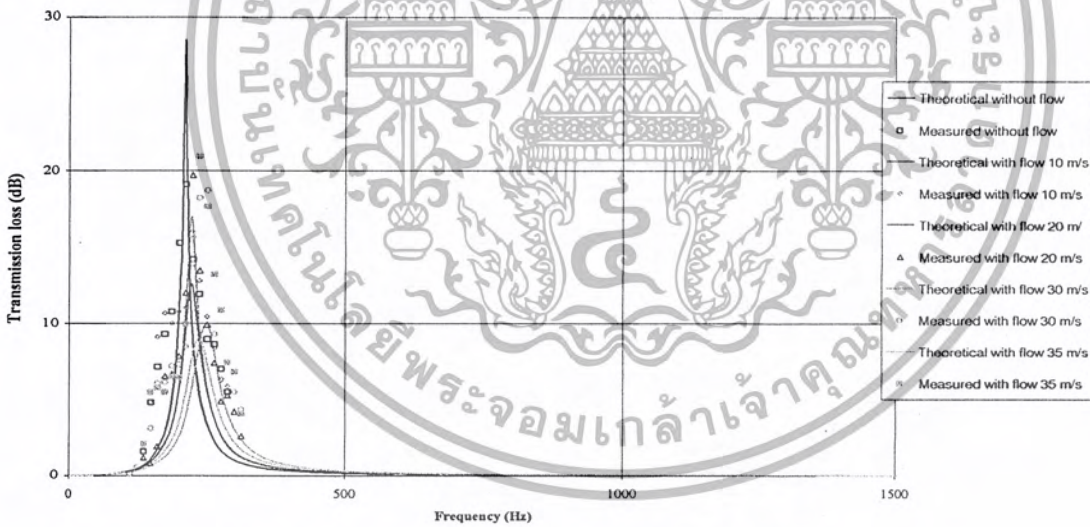
รูปที่ 4-148 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$d=0.03 \text{ m}, l=0.03 \text{ m}, D=0.1493 \text{ m}, L=0.03 \text{ m}, fr_0=300 \text{ Hz}$

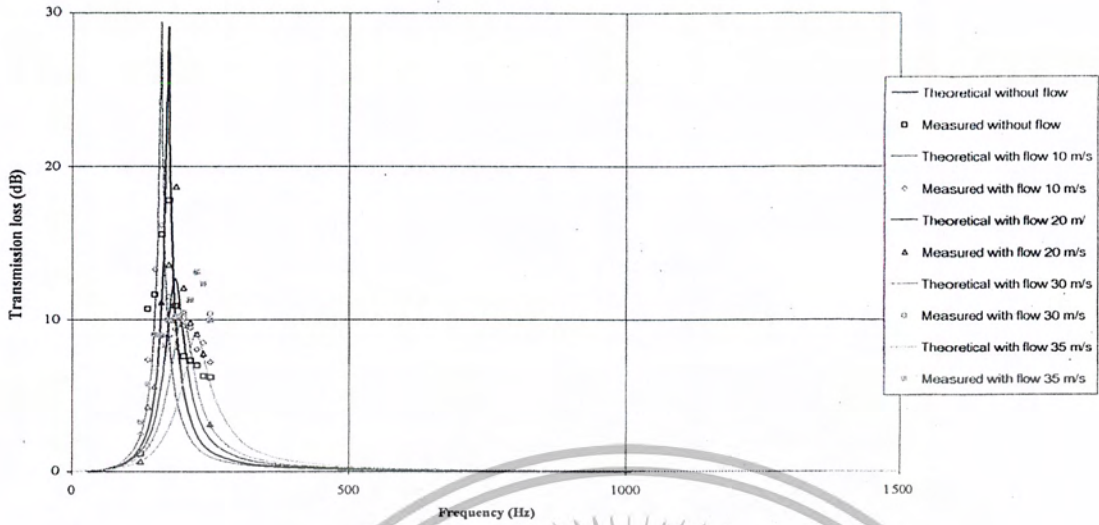
รูปที่ 4-149 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



$d=0.03 \text{ m}, l=0.03 \text{ m}, D=0.1493 \text{ m}, L=0.06 \text{ m}, fr_0=212.5 \text{ Hz}$

รูปที่ 4-150 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



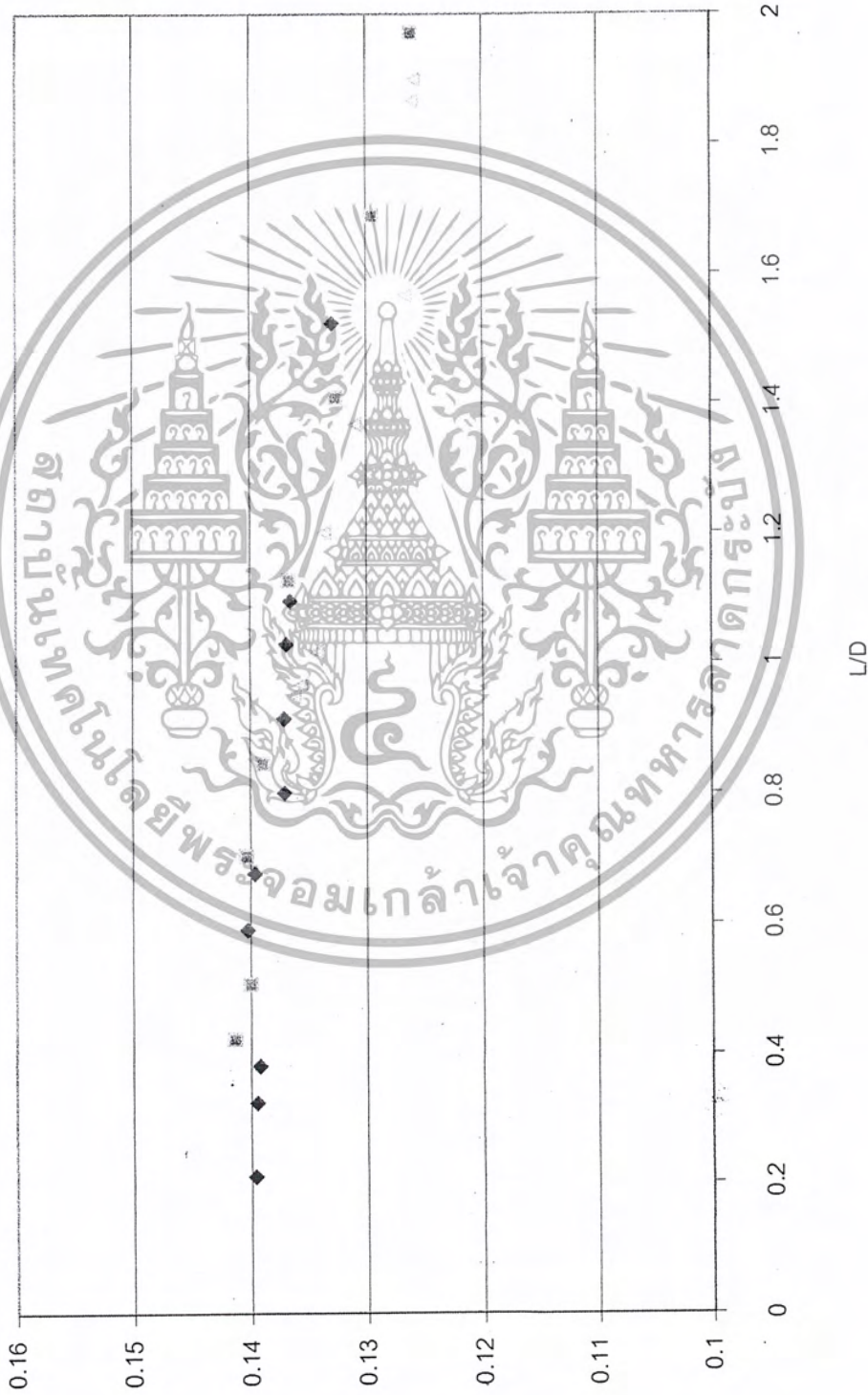
$d=0.03$  m,  $l=0.03$  m,  $D=0.1493$  m,  $L=0.09$  m,  $f_{r0}=175$  Hz

รูปที่ 4-151 Transmission Loss Characteristics of Circular Duct



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tc p72 d/Do=0.833, l/d=0.5



รูปที่ 4-152 Open-end correction (Circular duct)

$T_c - K_c \quad d/D = 0.625, 0.358 \quad l/d = 0.67$



รูปที่ 4-153 Open-end correction (Circular duct)

$T_c - Kc \quad d/Do = 0.417, 0.358 \quad l/d = 1.0$



รูปที่ 4-154 Open-end correction (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f_{ro}=187.5 \text{ Hz}$



รูปที่ 4-155 Frequency Characteristics (Circular duct)

$f_{ro}=250$  Hz



รูปที่ 4-156 Frequency Characteristics (Circular duct)

$f_{ro}=387.5 \text{ Hz}$



รูปที่ 4-157 Frequency Characteristics (Circular duct)  
M

$f_{r0}=487.5 \text{ Hz}$



รูปที่ 4-158 Frequency Characteristics (Circular duct)  
M

$f_{ro} = 587.5 \text{ Hz}$



รูปที่ 4-159 Frequency Characteristics (Circular duct)

$f_{ro} = 712.5 \text{ Hz}$



รูปที่ 4-160 Frequency Characteristics (Circular duct)  
M

f<sub>ro</sub>=862.5 Hz



รูปที่ 4-161 Frequency Characteristics (Circular duct)  
M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f_{ro} = 987.5 \text{ Hz}$



รูปที่ 4-162 Frequency Characteristics (Circular duct)

$f_{ro} = 1075 \text{ Hz}$



◆  $M=0.5$

รูปที่ 4-163 Frequency Characteristics (Circular duct)  
M

$l/d=0.5$



รูปที่ 4-164 Frequency Characteristics (Circular duct)  
M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ  $\frac{M}{f_{ro}}$  เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=0.667$



รูปที่ 4-165 Frequency Characteristics (Circular duct)  
M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

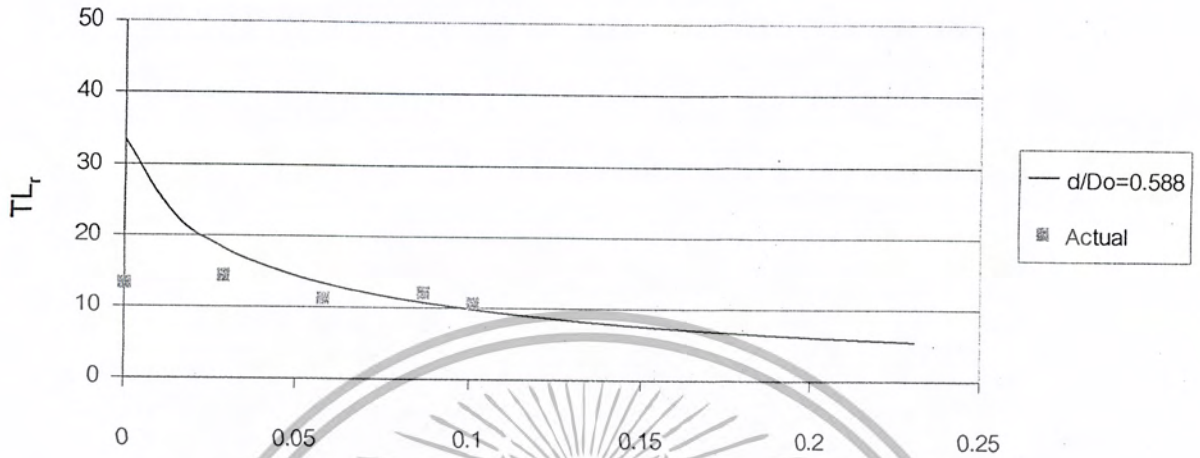
$l/d=1.0$



รูปที่ 4-166 Frequency Characteristics (Circular duct)  
M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=7.619 \times 10^{-3} \quad fr_o=1075 \text{ Hz}$$

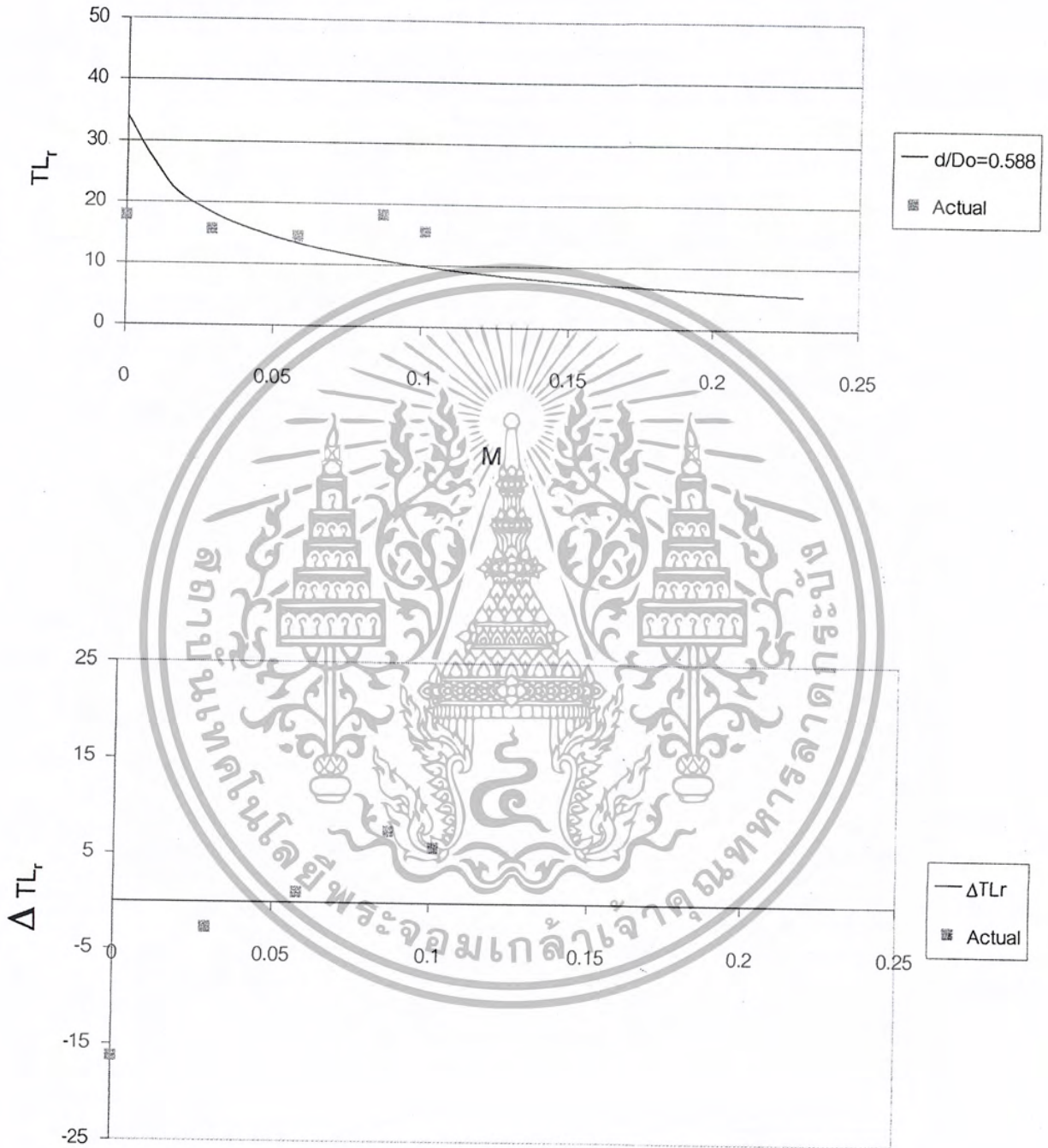


M

รูปที่ 4-167 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=7.060 \times 10^{-3} \quad fr_0=712.5 \text{ Hz}$$

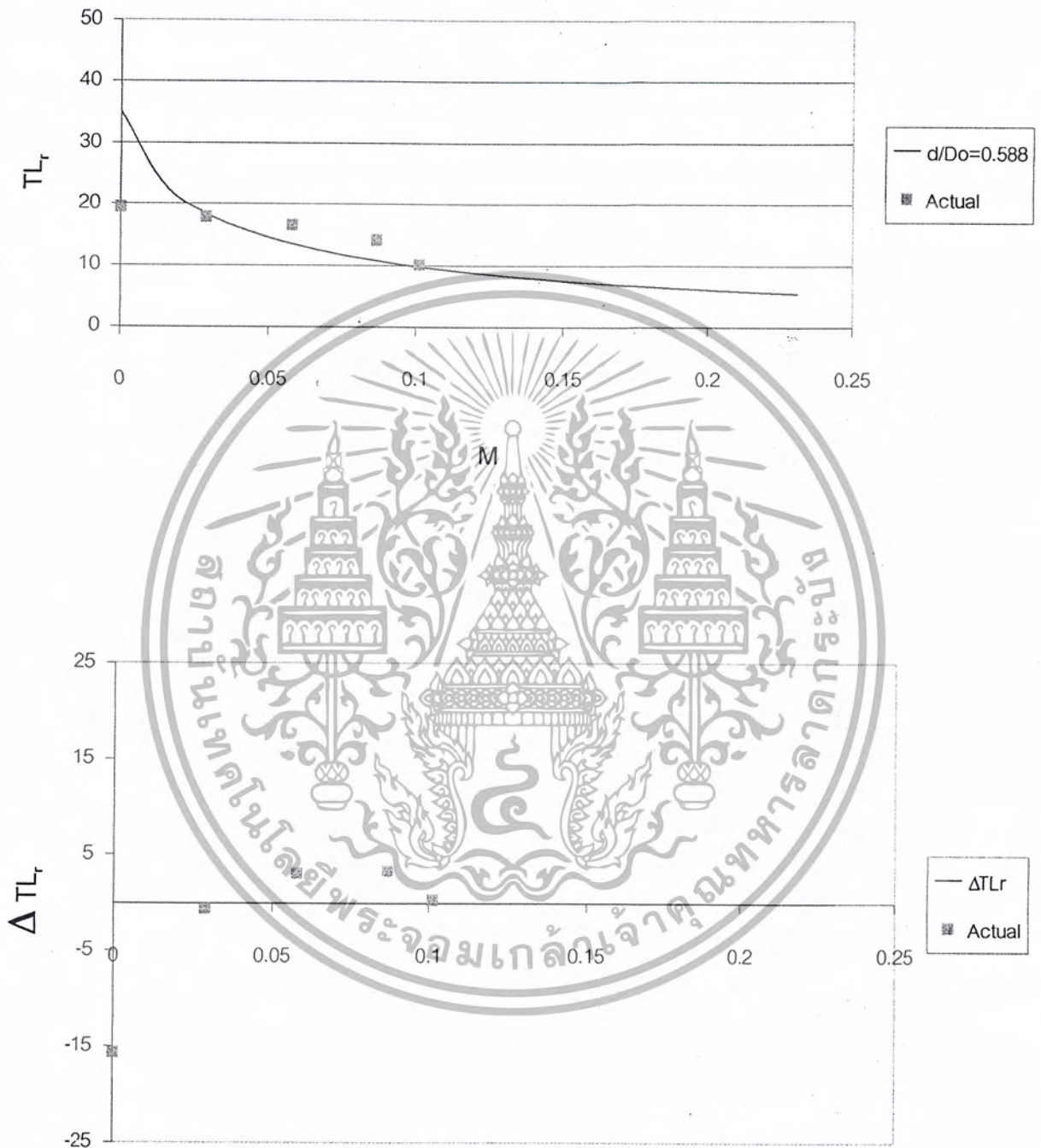


M

รูปที่ 4-168, Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=6.286 \times 10^{-3} \quad fr_o=587.5 \text{ Hz}$$

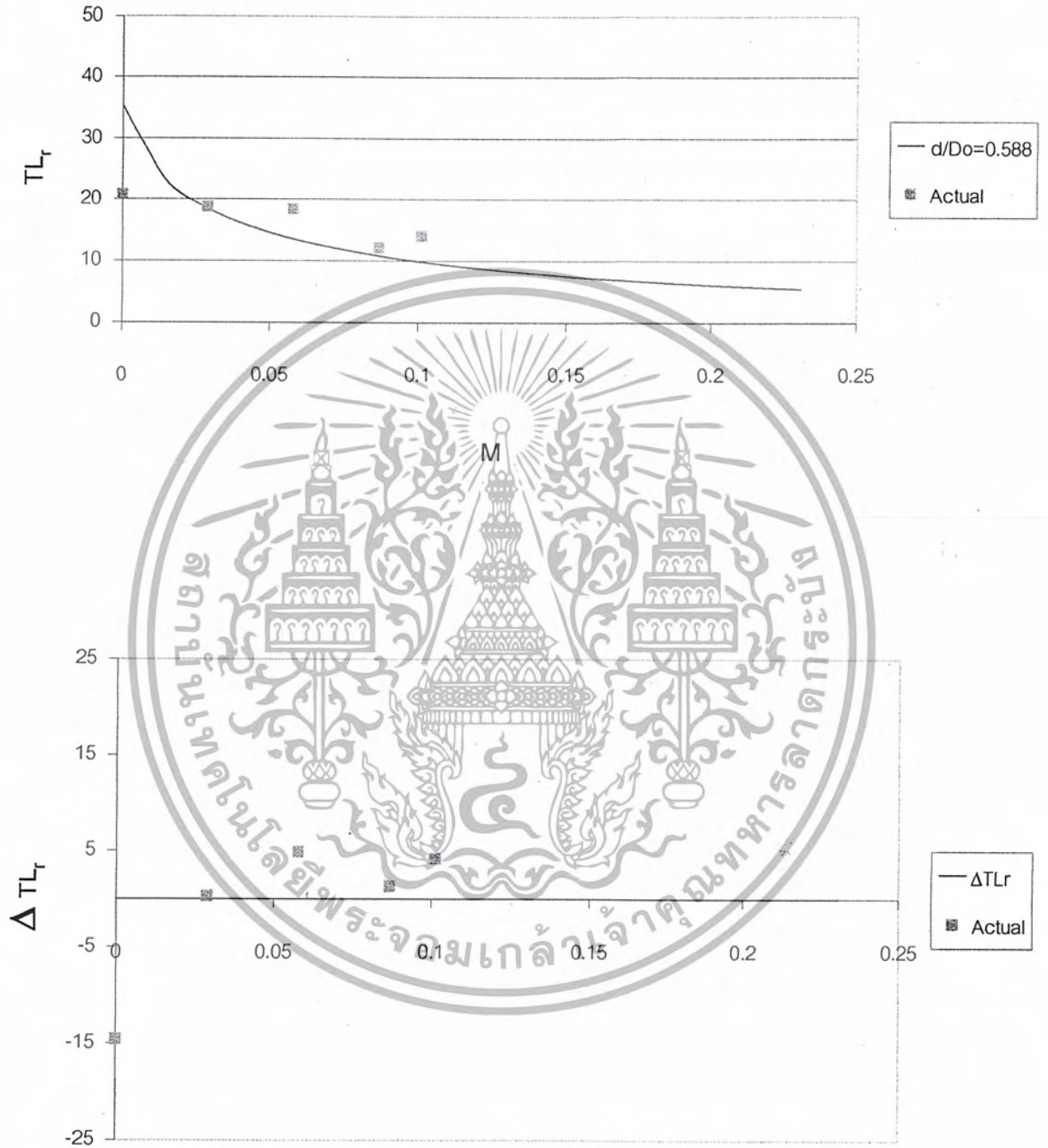


M

รูปที่ 4-169 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=6.065 \times 10^{-3} \quad fr_o=537.5 \text{ Hz}$$

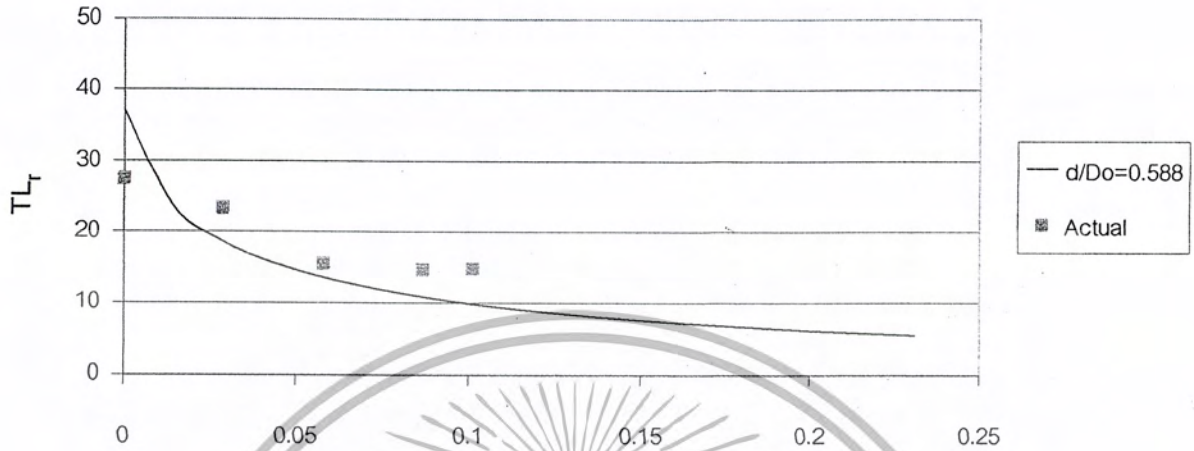


M

รูปที่ 4-170 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Z_0=4.954 \times 10^{-3} \quad f_{r_0}=387.5 \text{ Hz}$$

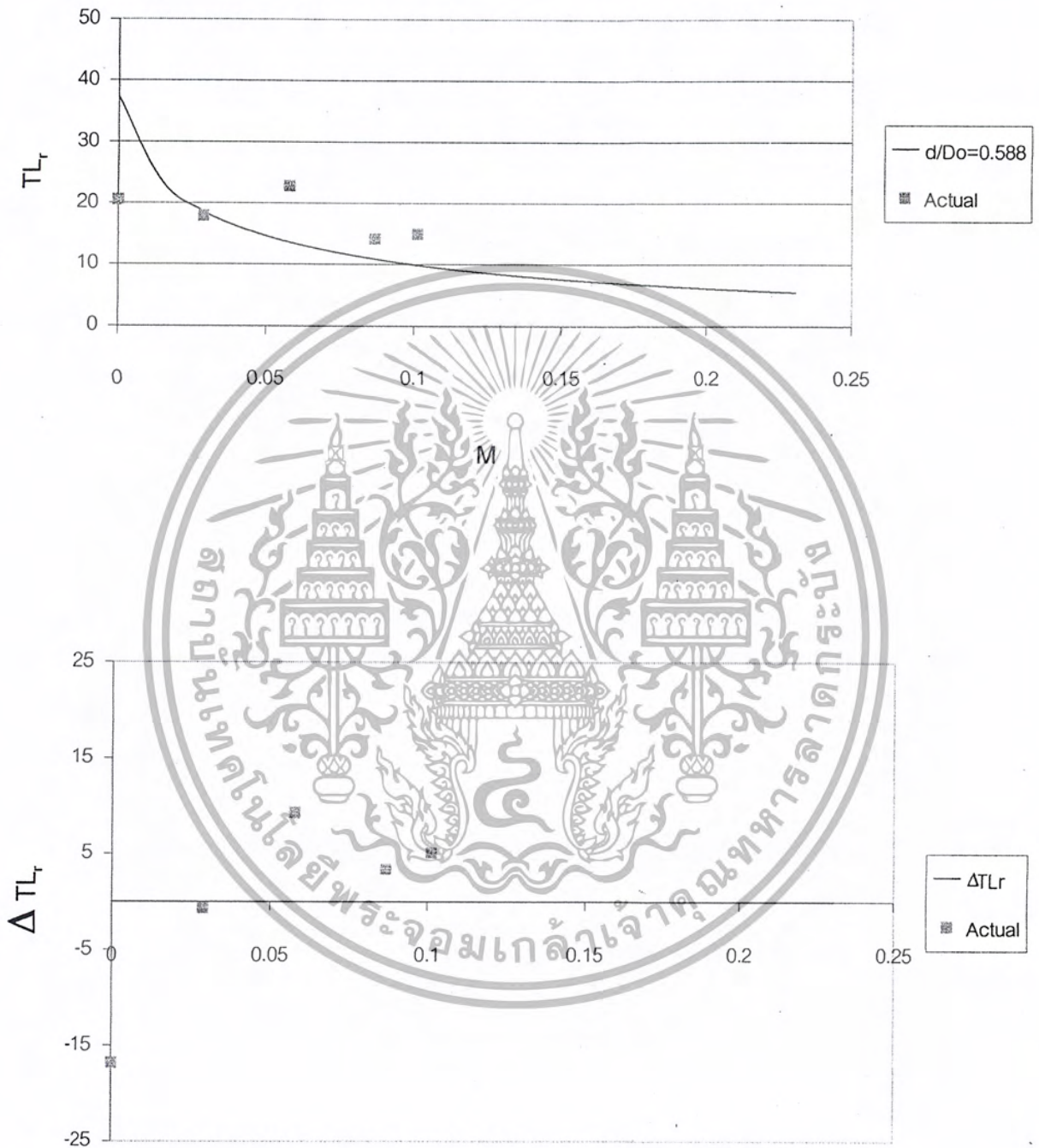


M

รูปที่ 4-171 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Z_0=4.848 \times 10^{-3} \quad f_{r_0}=300 \text{ Hz}$$

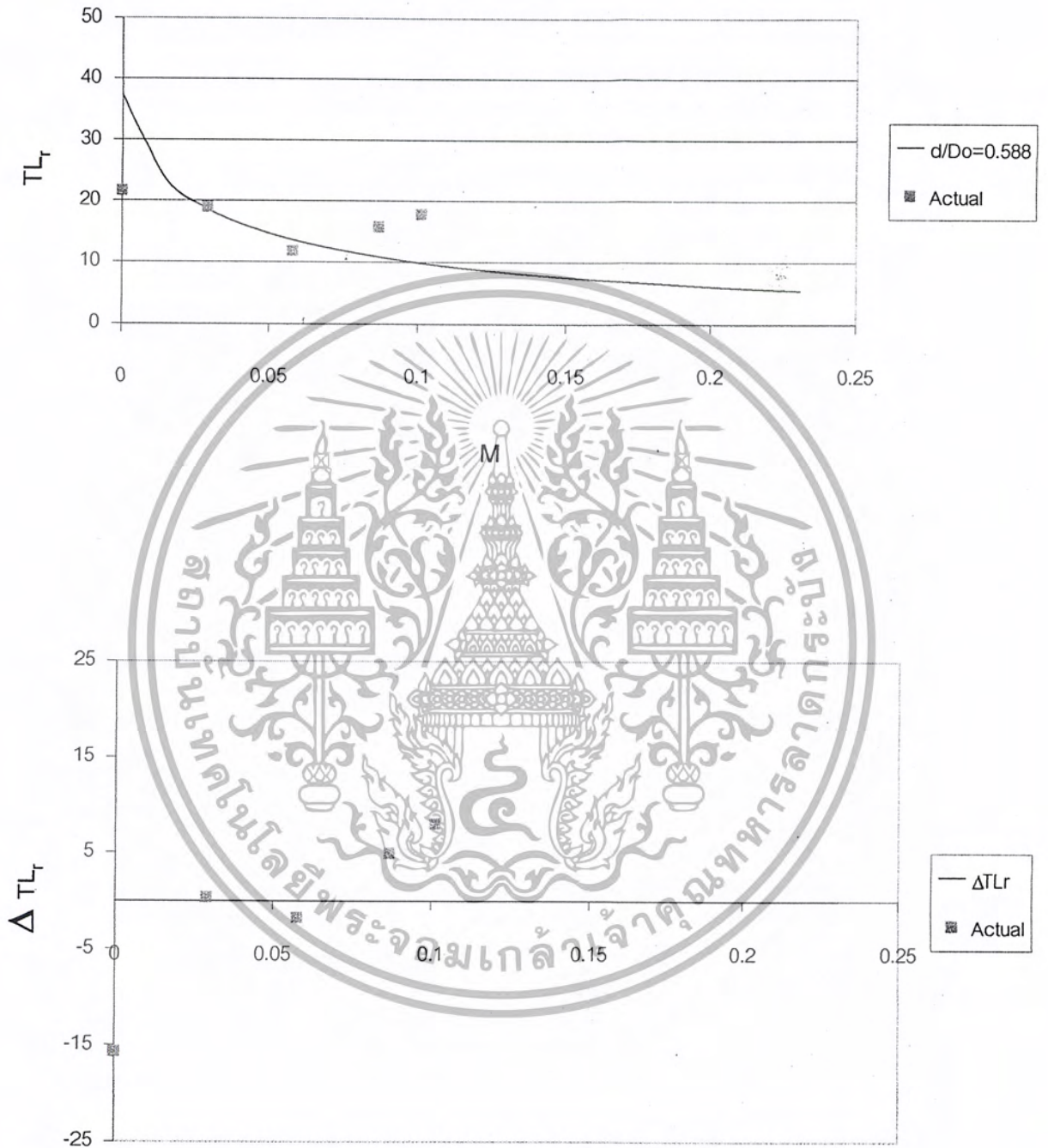


M

รูปที่ 4-172 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=4.842 \times 10^{-3} \quad fr_o=350 \text{ Hz}$$

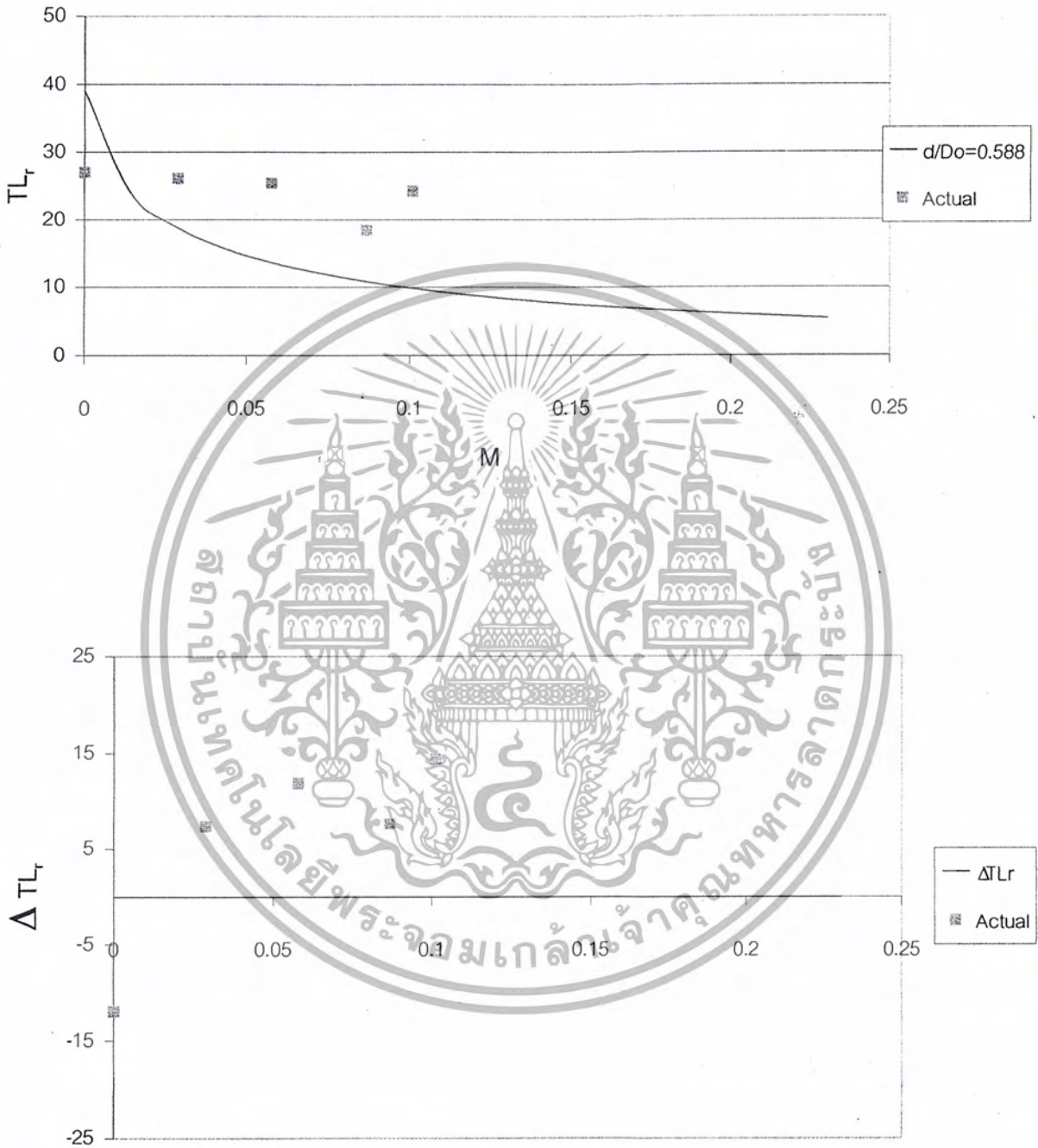


M

รูปที่ 4-173 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=4.010 \times 10^{-3} \quad fr_o=250 \text{ Hz}$$

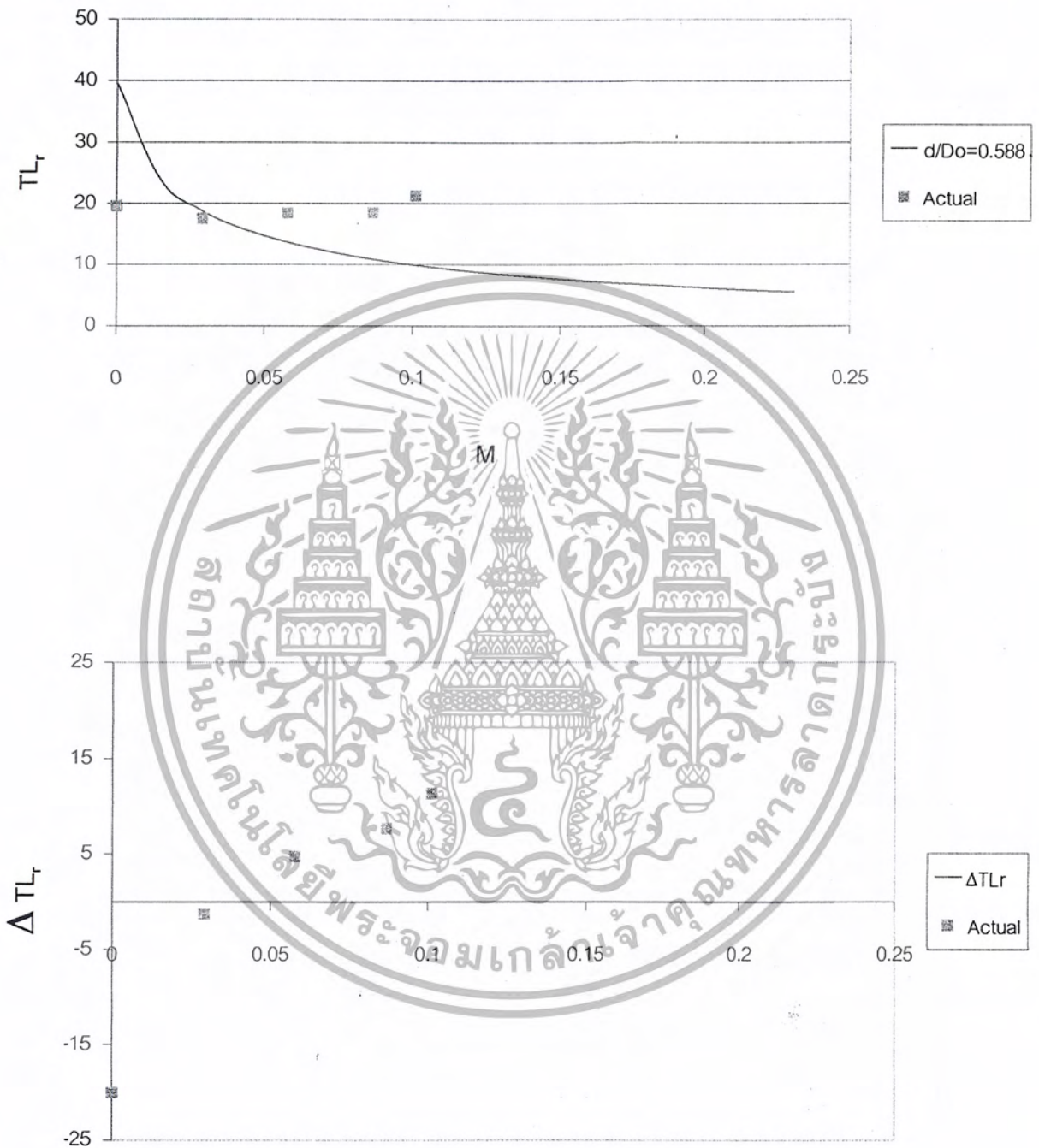


M

รูปที่ 4-174 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Z_0=3.737 \times 10^{-3} \quad fr_0=200 \text{ Hz}$$

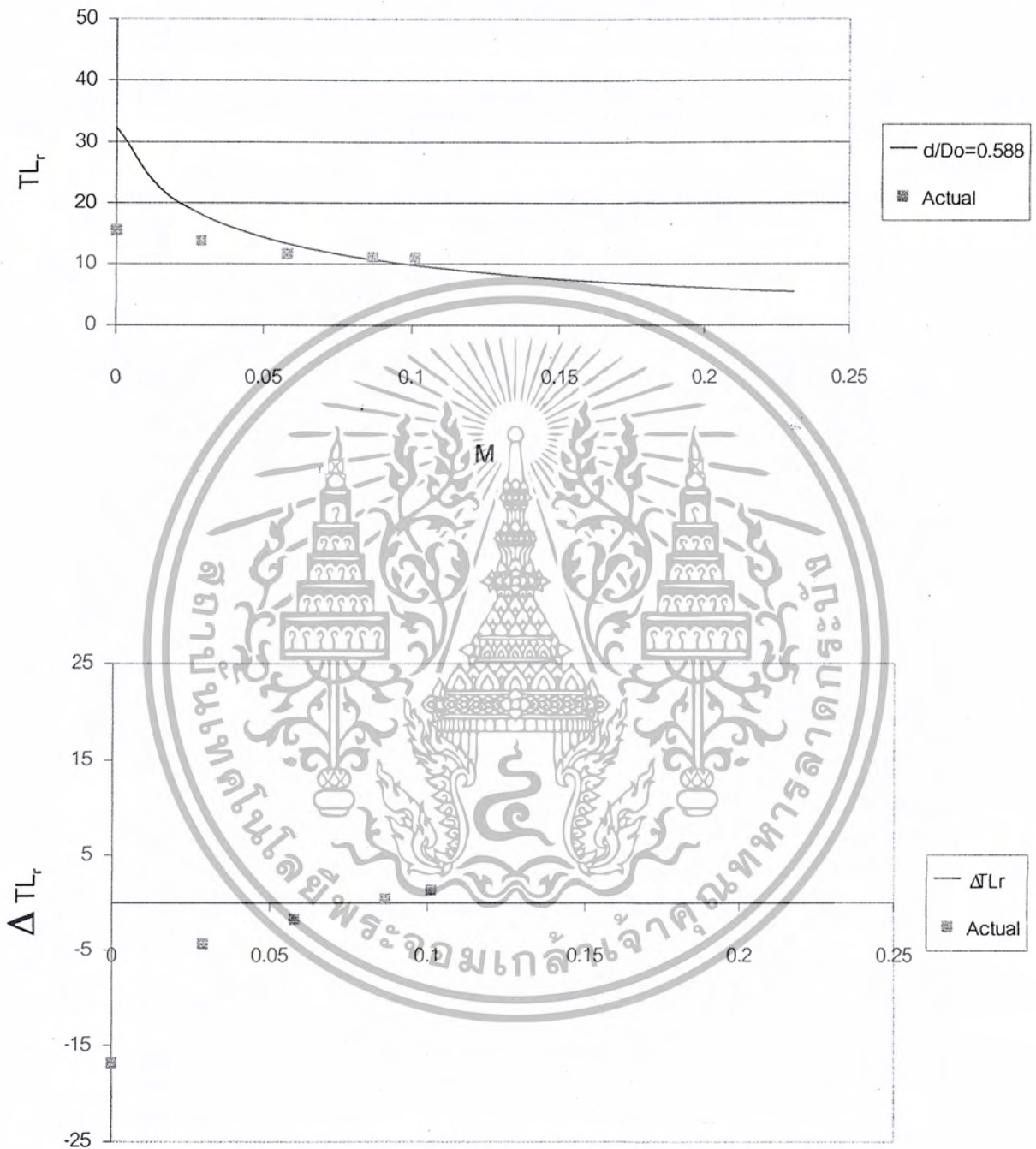


M

รูปที่ 4-175 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=8.492 \times 10^{-3} \quad fr_0=987.5 \text{ Hz}$$

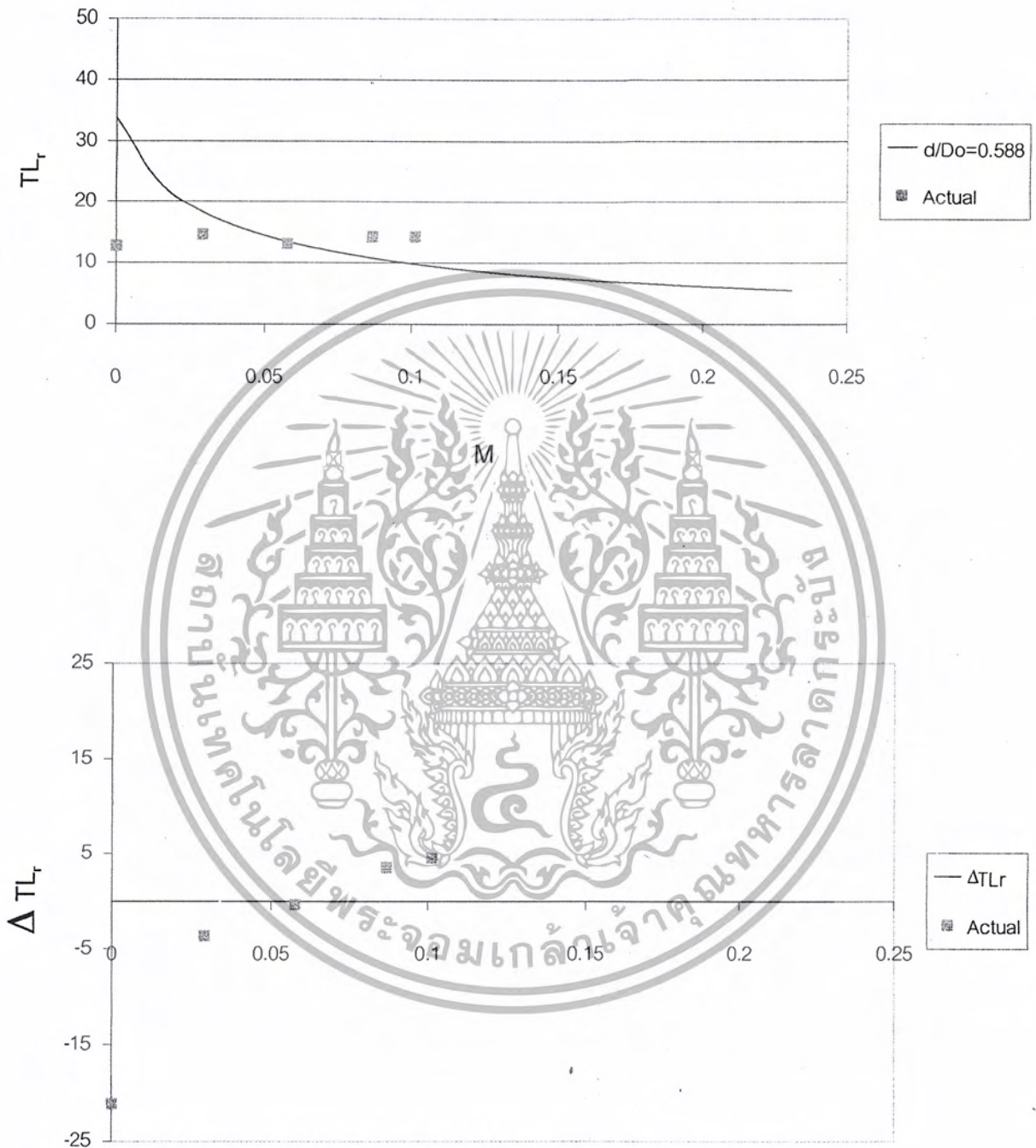


M

รูปที่ 4-176 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=7.250 \times 10^{-3} \quad fr_0=700 \text{ Hz}$$

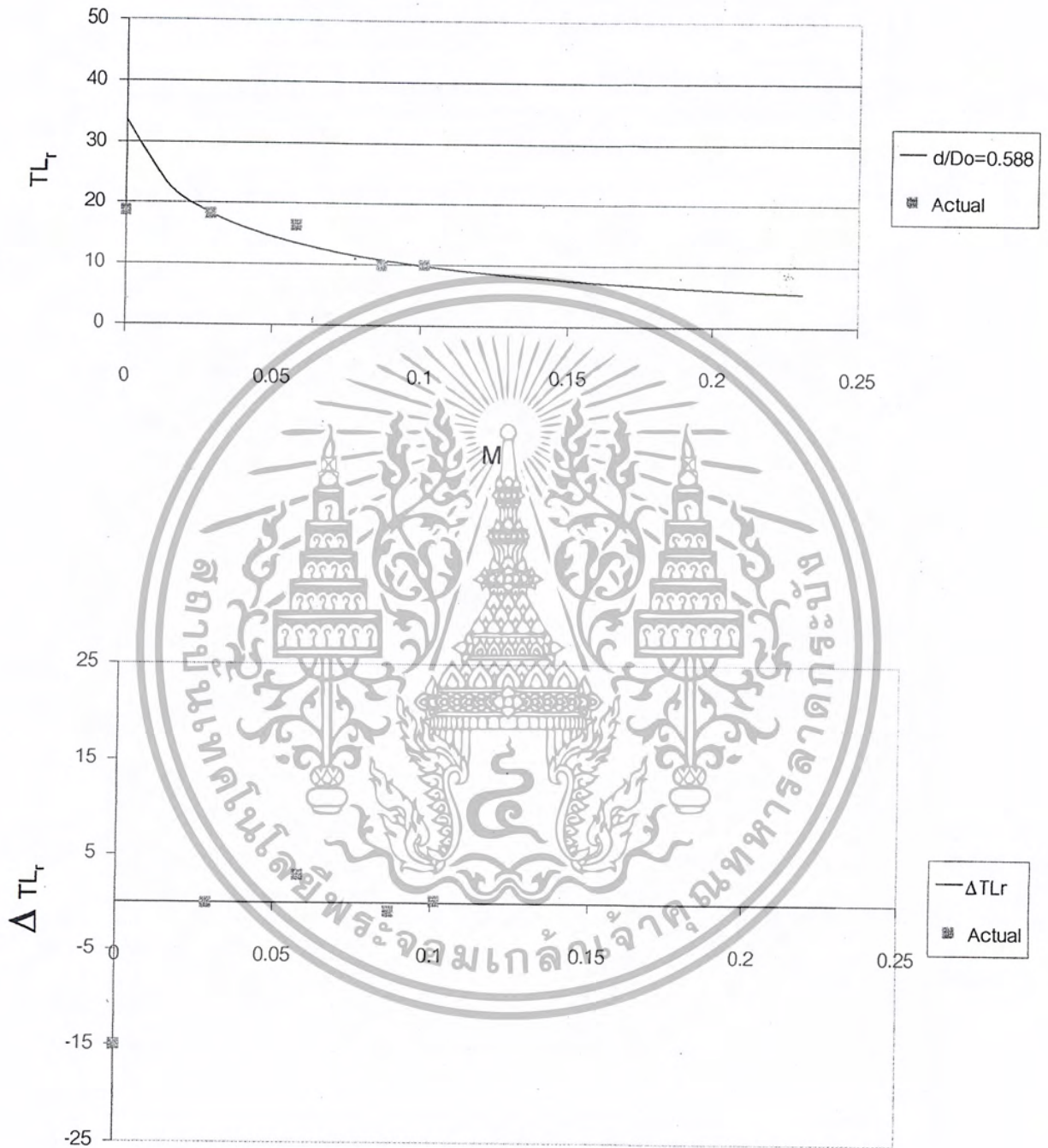


M

รูปที่ 4-177 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=7.441 \times 10^{-3} \quad f_{r_0}=525 \text{ Hz}$$

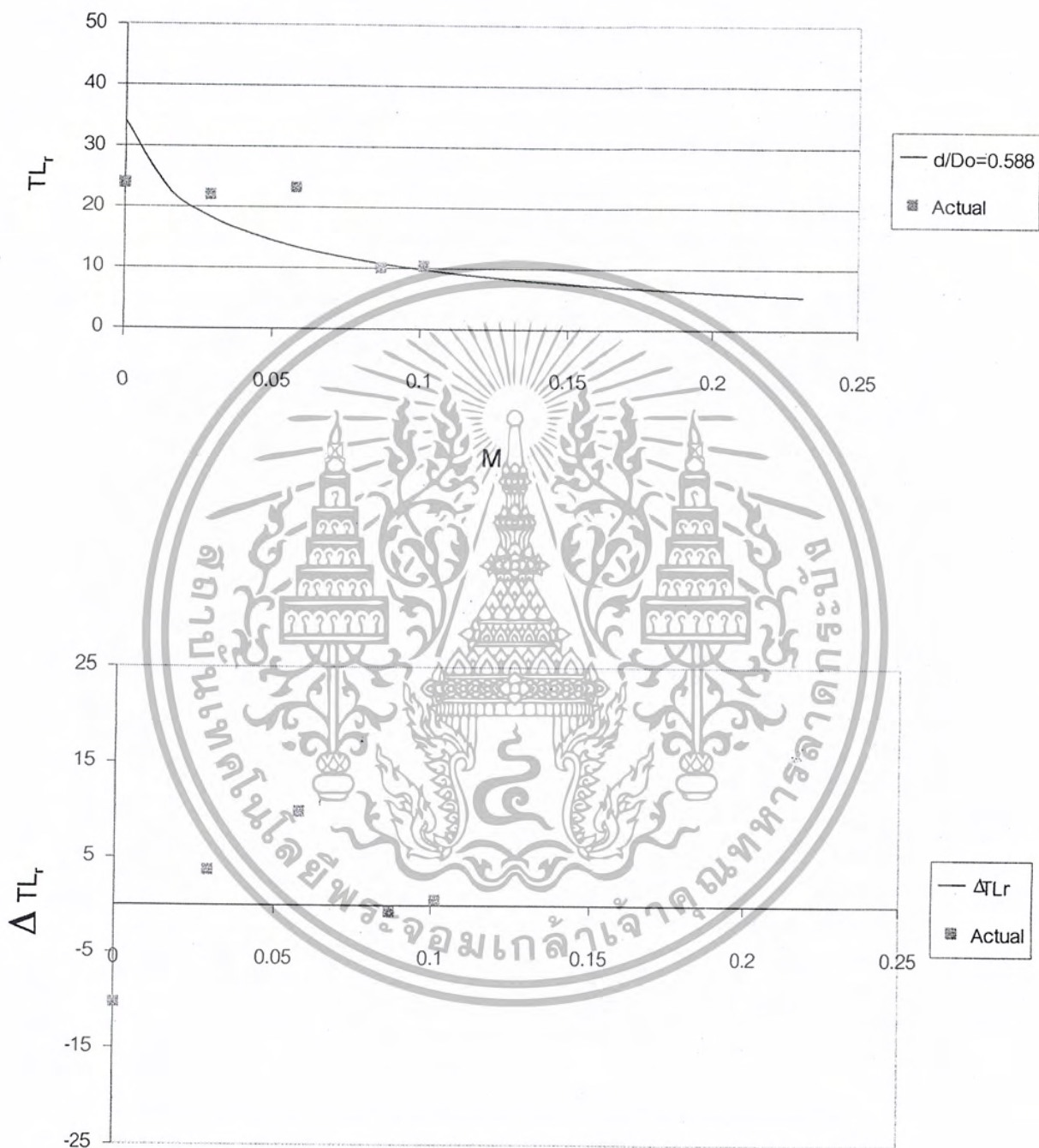


M

รูปที่ 4-178 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=7.022 \times 10^{-3} \quad fr_0=487.5 \text{ Hz}$$

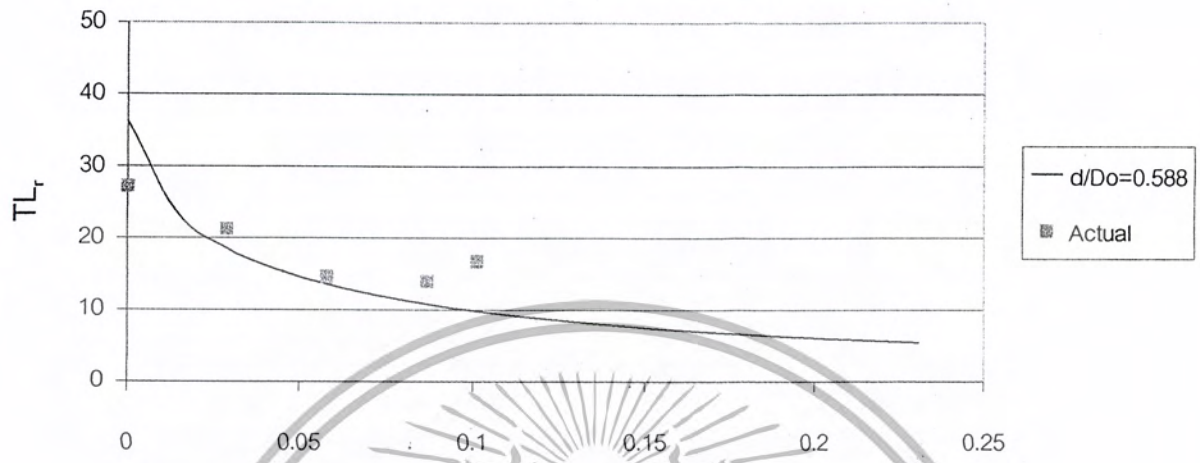


M

รูปที่ 4-179 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=5.475 \times 10^{-3} \quad fr_0=362.5 \text{ Hz}$$

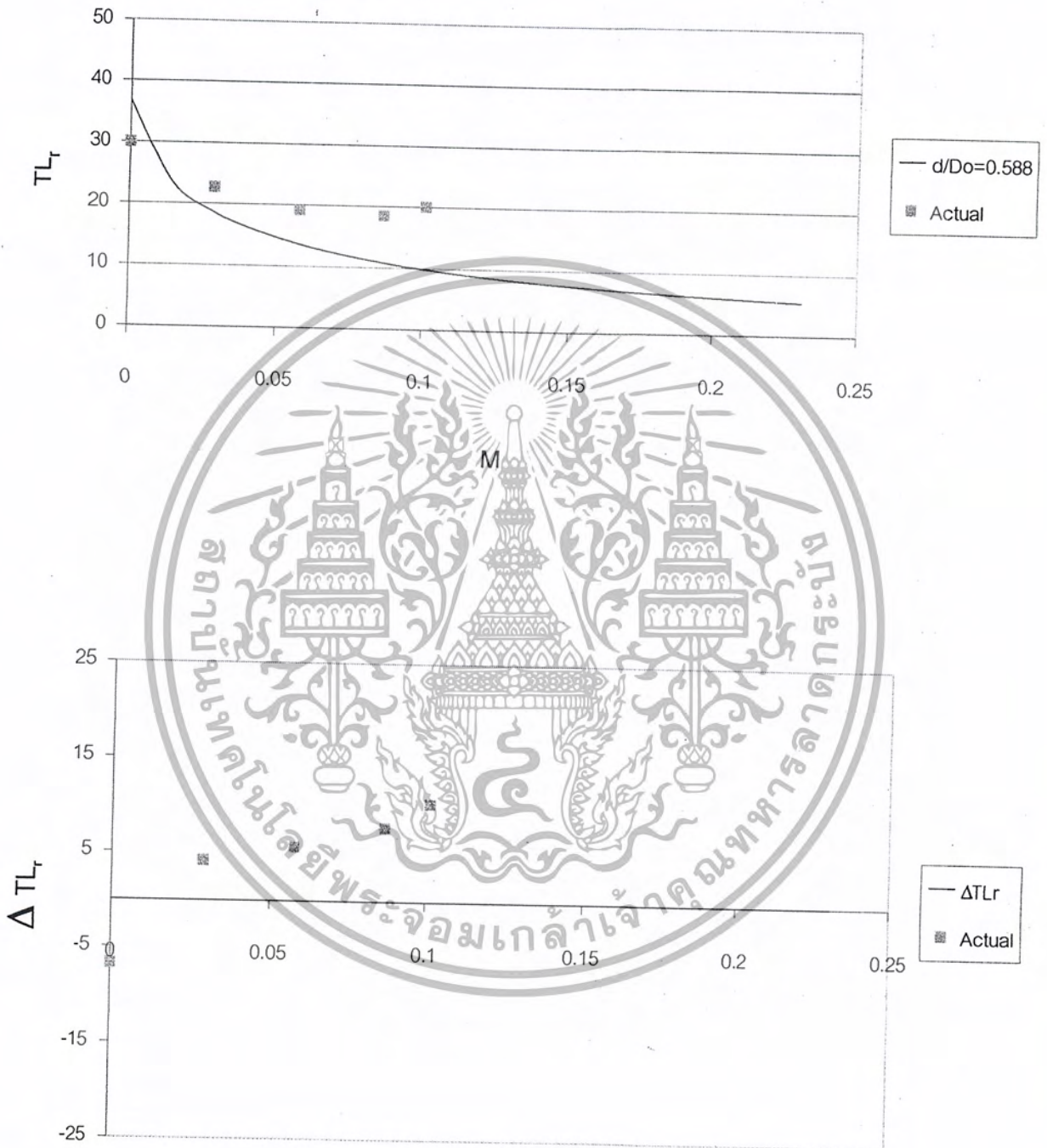


M

รูปที่ 4-180 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=5.168 \times 10^{-3} \quad fr_o=287.5 \text{ Hz}$$

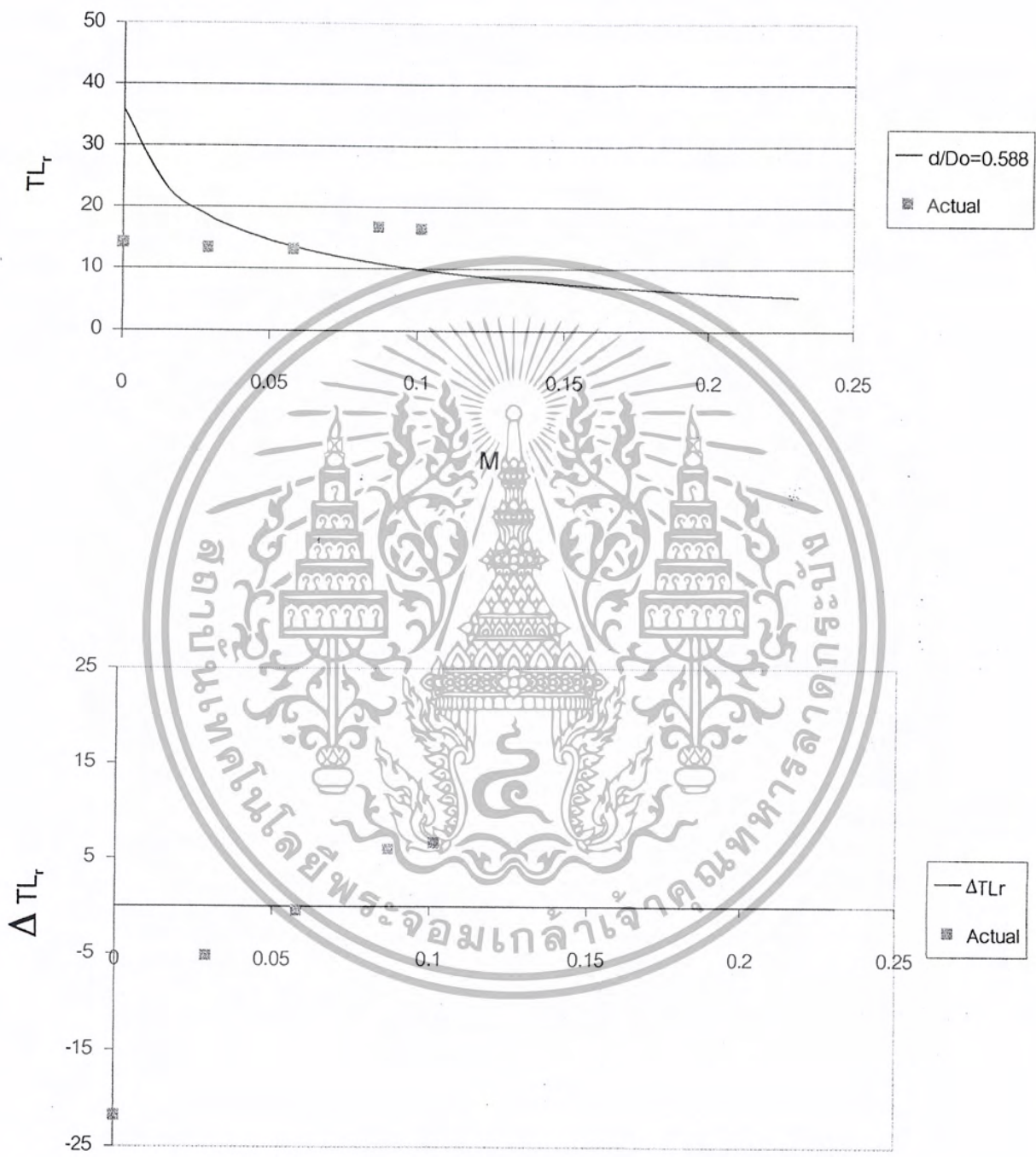


M

รูปที่ 4-181 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=5.739 \times 10^{-3} \quad fr_0=312.5 \text{ Hz}$

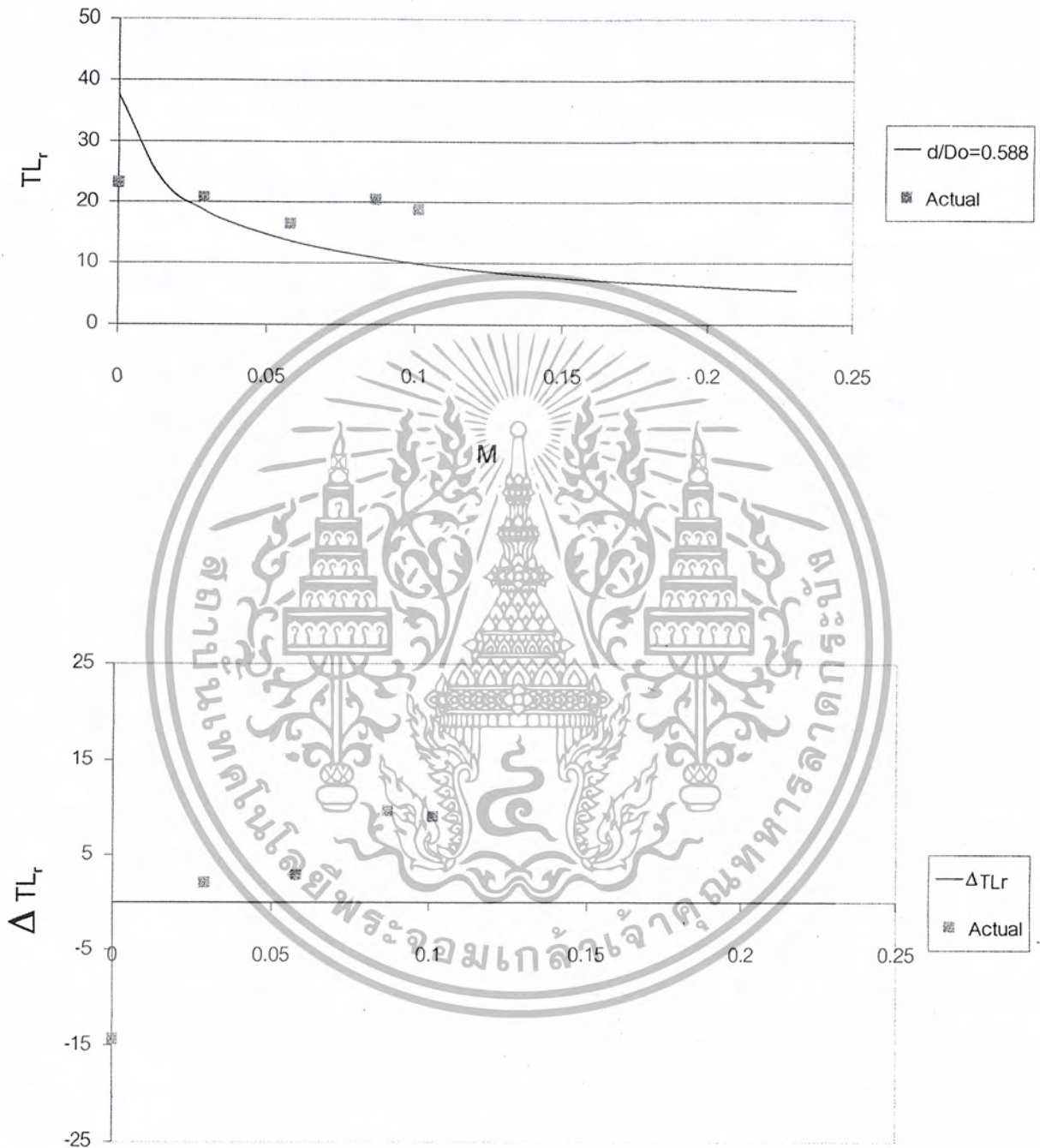


M

รูปที่ 4-182 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=4.697 \times 10^{-3} \quad fr_0=225 \text{ Hz}$$

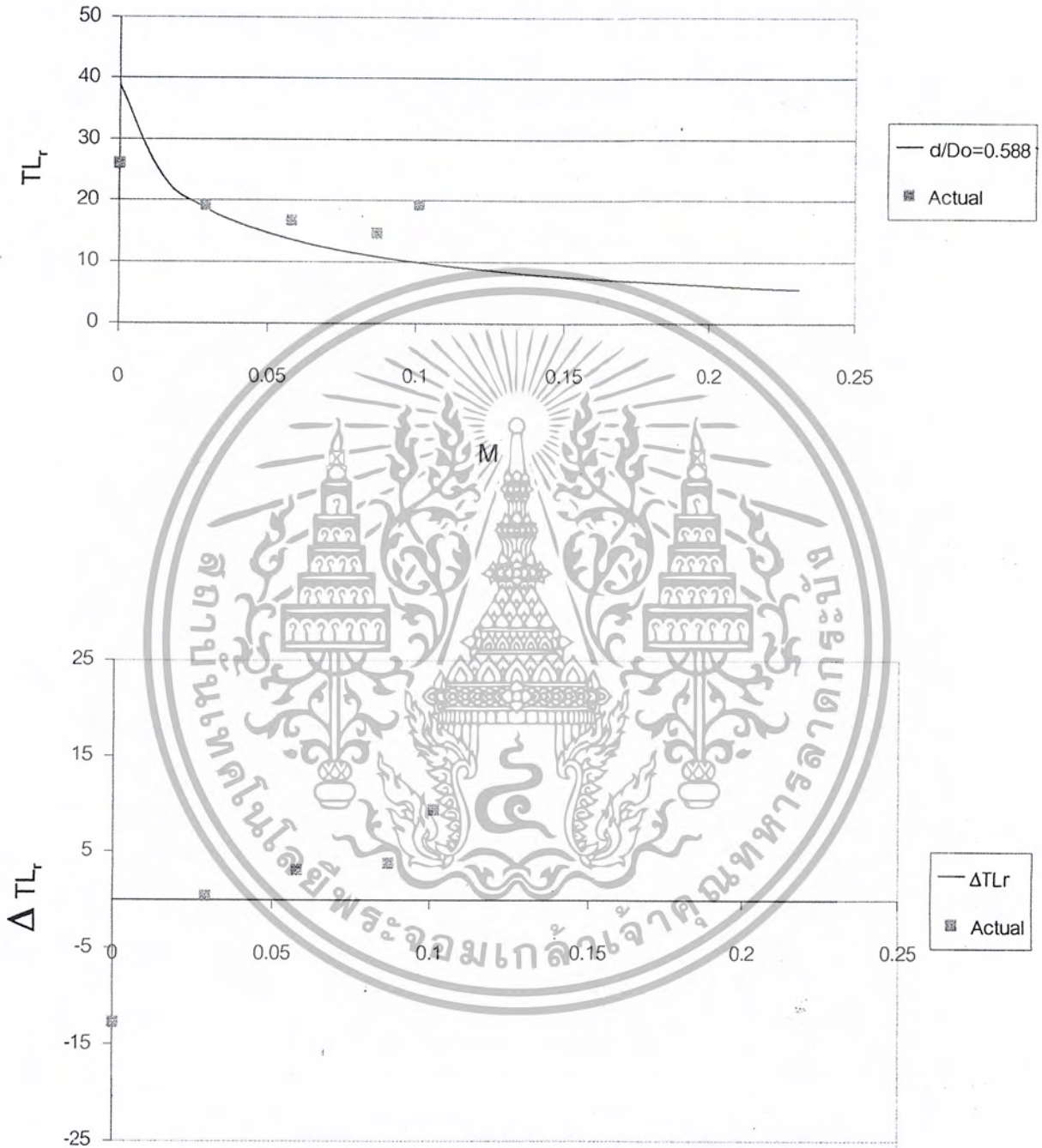


M

**รูปที่ 4-183 Resonance Performance (Circular duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=4.116 \times 10^{-3} \quad fr_o=187.5 \text{ Hz}$$

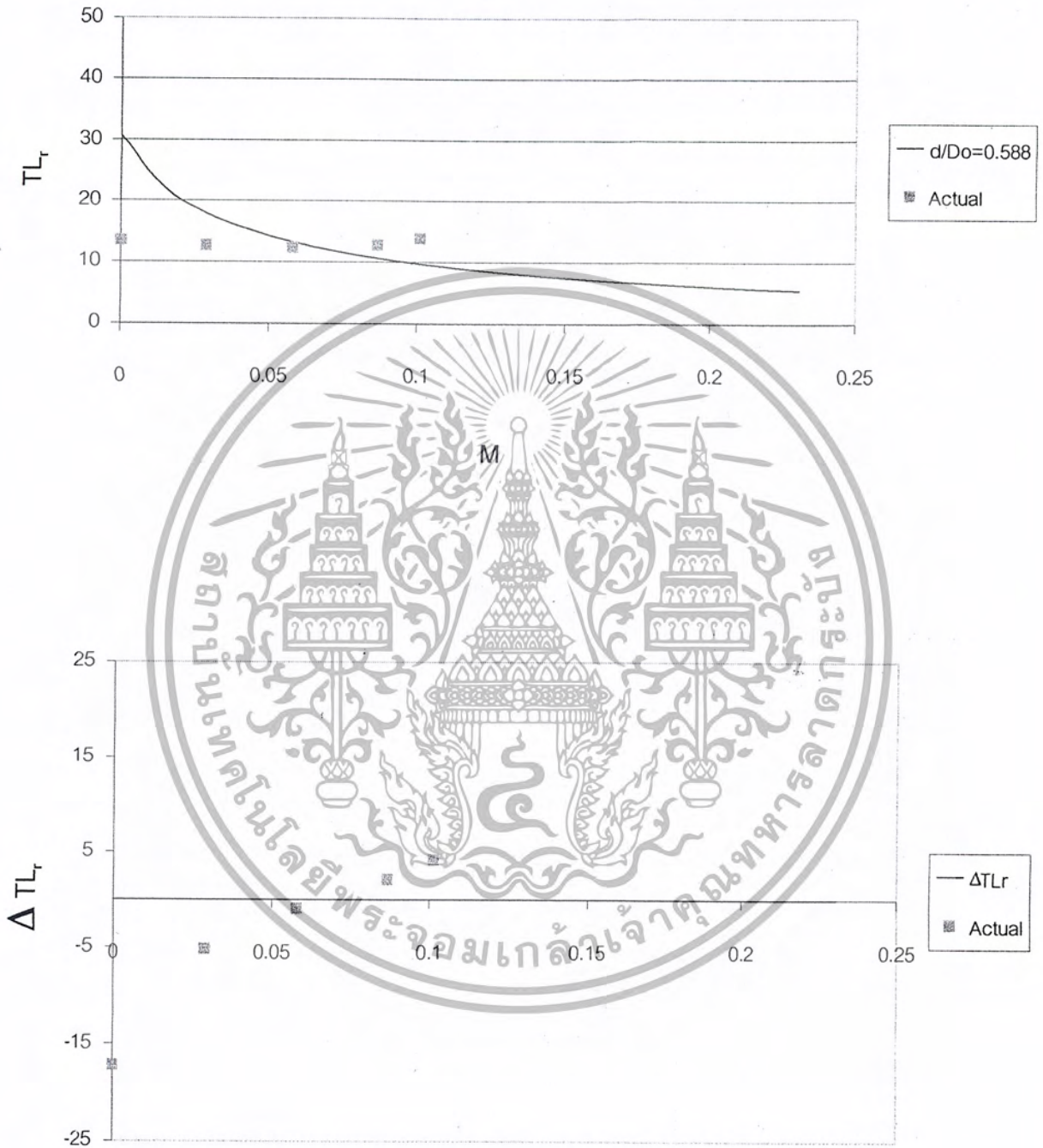


M

รูปที่ 4-184 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=10.602 \times 10^{-3} \quad fr_o=862.5 \text{ Hz}$$

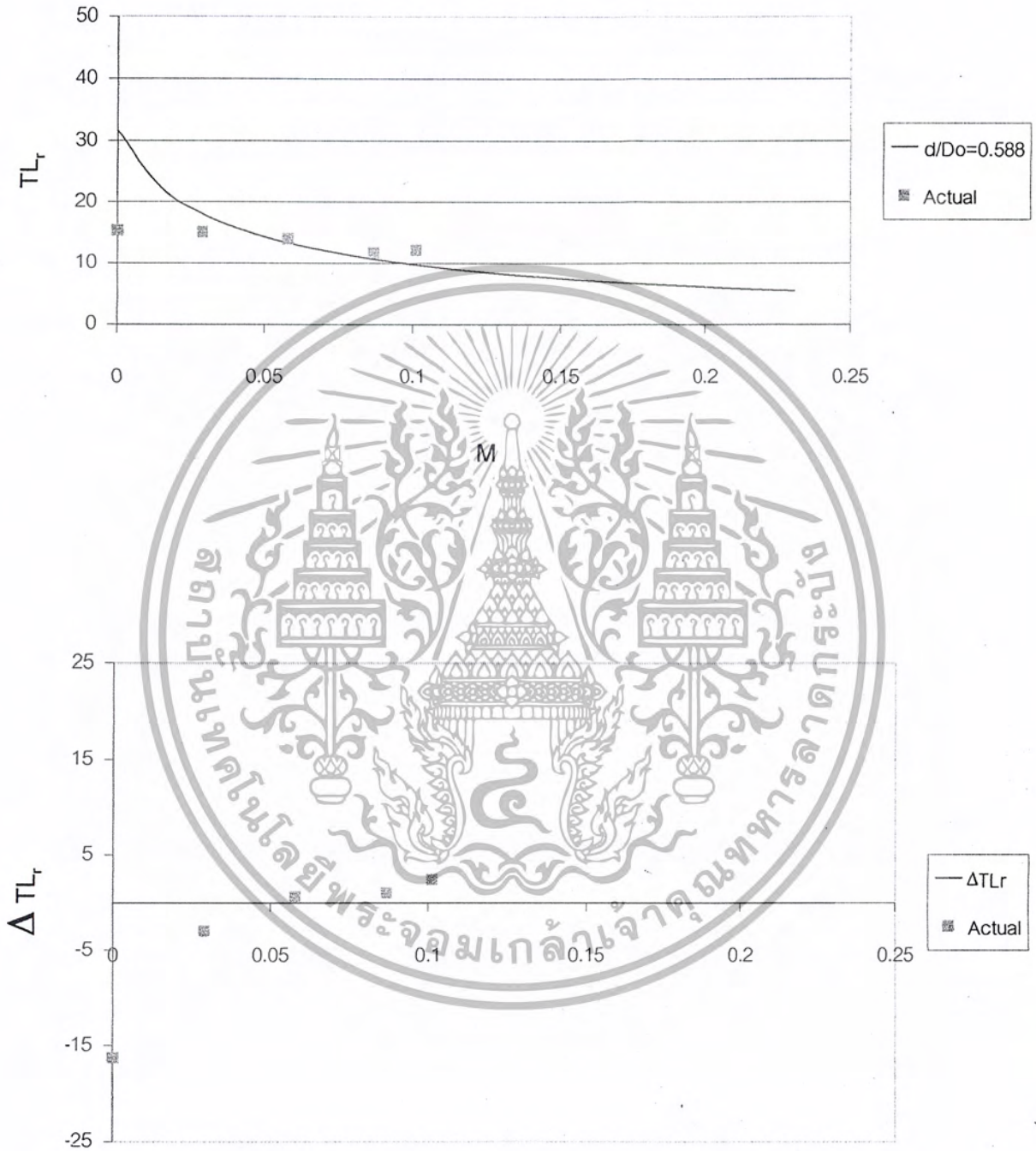


M

รูปที่ 4-185 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=9.429 \times 10^{-3} \quad fr_o=587.5 \text{ Hz}$$

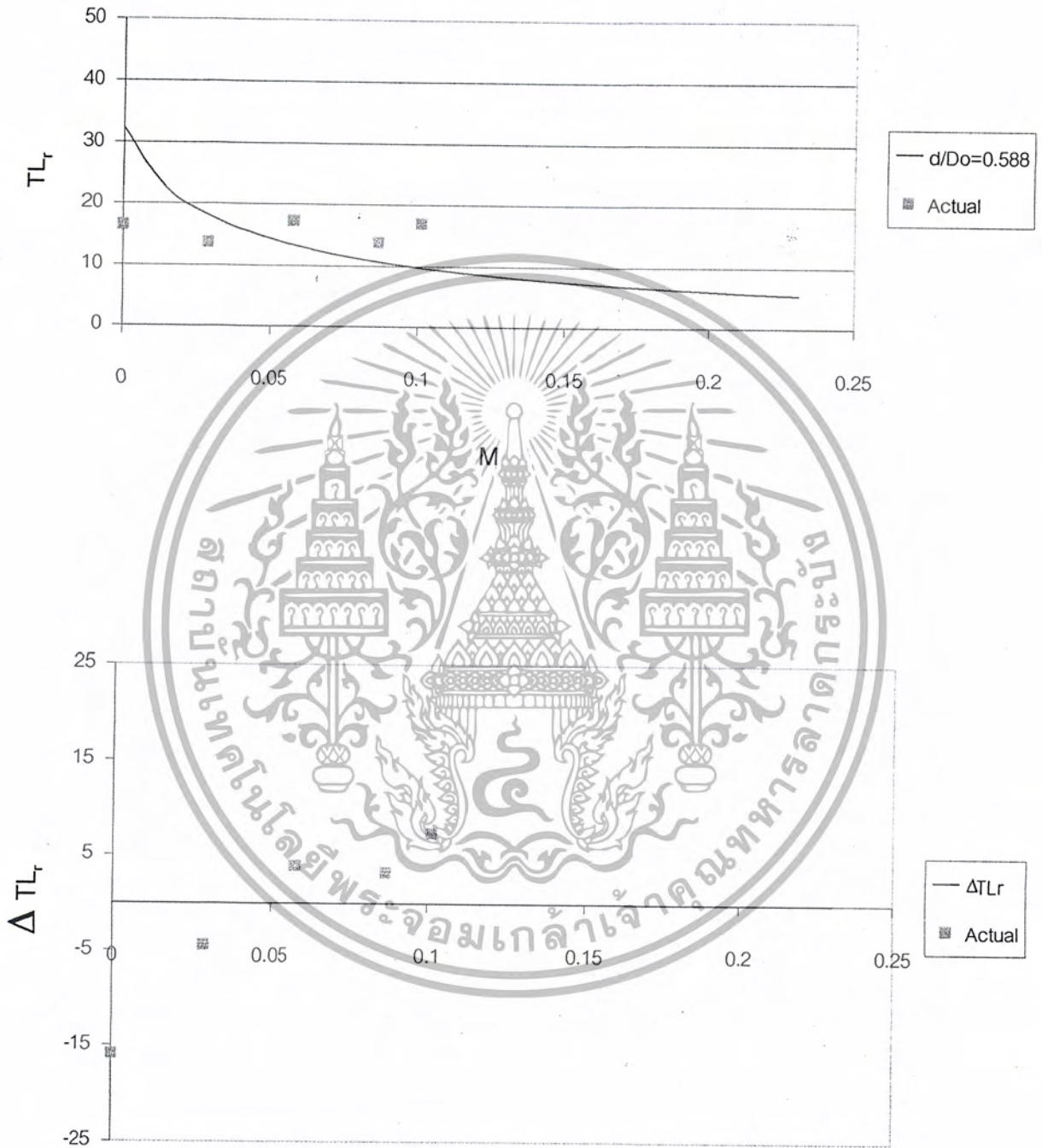


M

รูปที่ 4-186 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=8.647 \times 10^{-3} \quad fr_0=475 \text{ Hz}$$

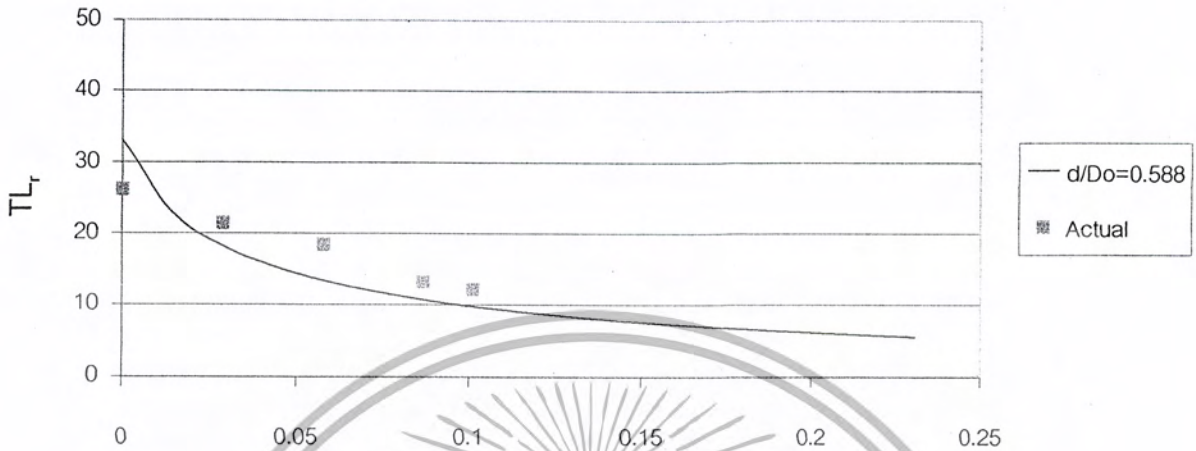


M

รูปที่ 4-187 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=7.917 \times 10^{-3} \quad fr_o=450 \text{ Hz}$$

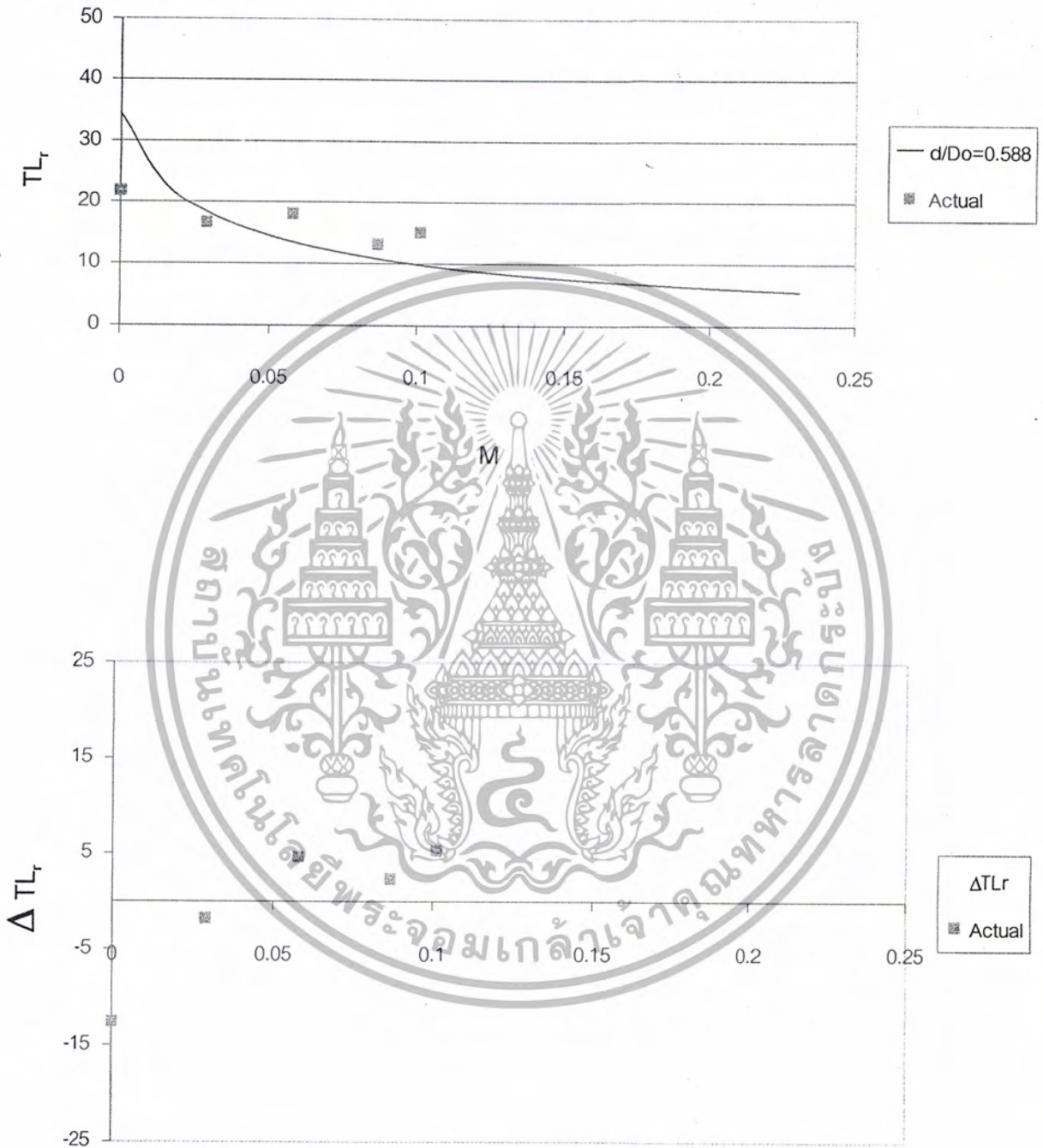


M

รูปที่ 4-188 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=6.841 \times 10^{-3} \quad fr_o=312.5 \text{ Hz}$$

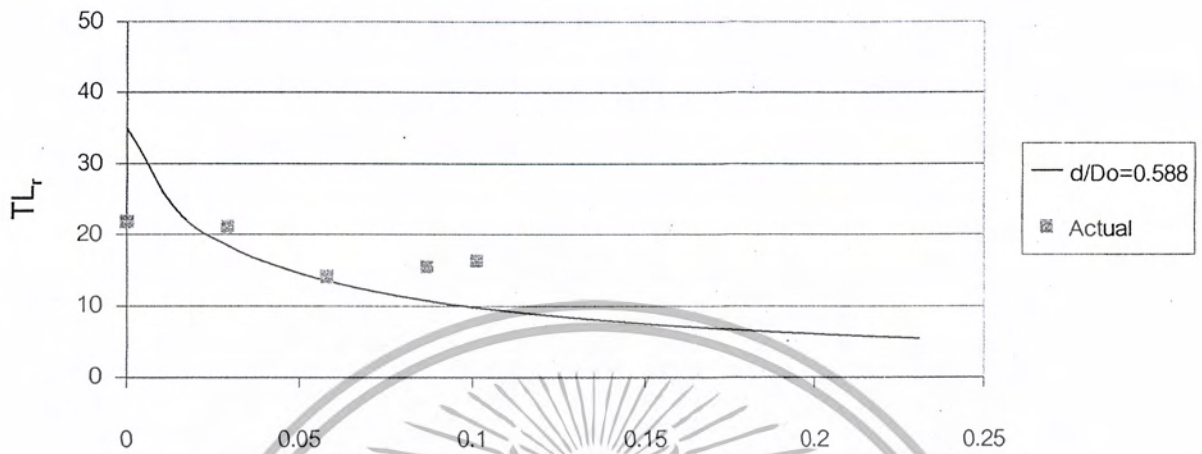


M

รูปที่ 4-189 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=6.373 \times 10^{-3} \quad fr_o=250 \text{ Hz}$$

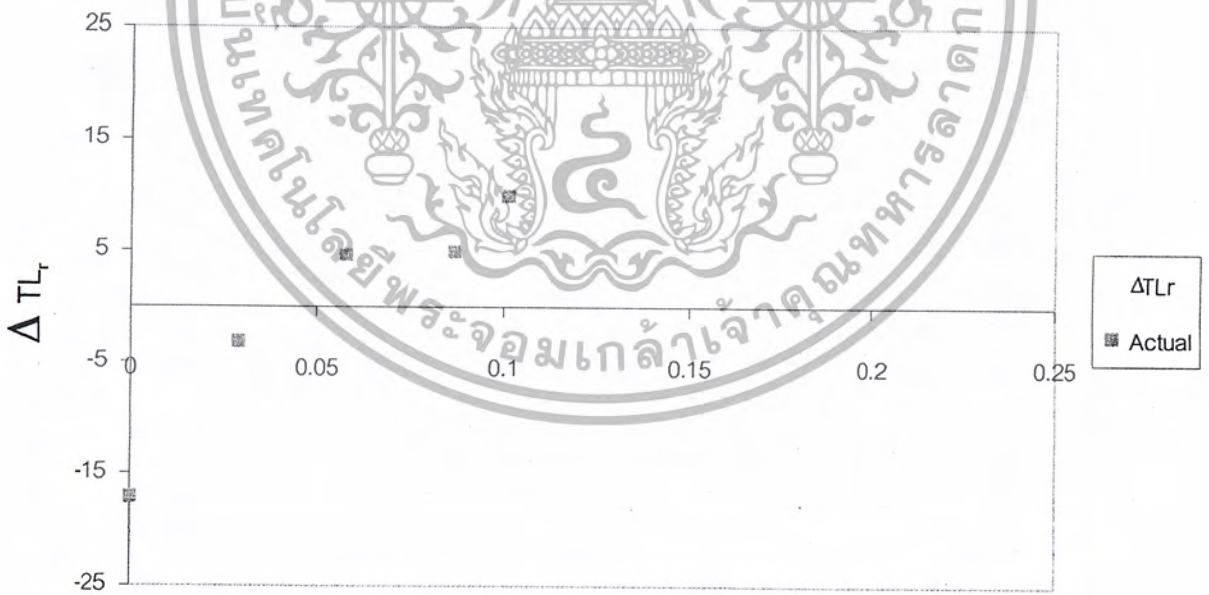
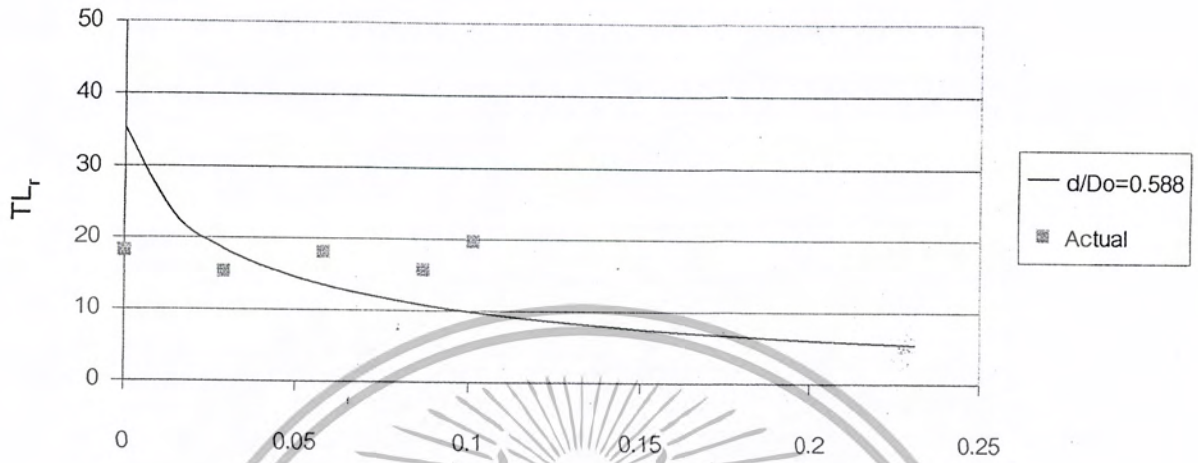


M

รูปที่ 4-190 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=6.102 \times 10^{-3} \quad fr_0=300 \text{ Hz}$$

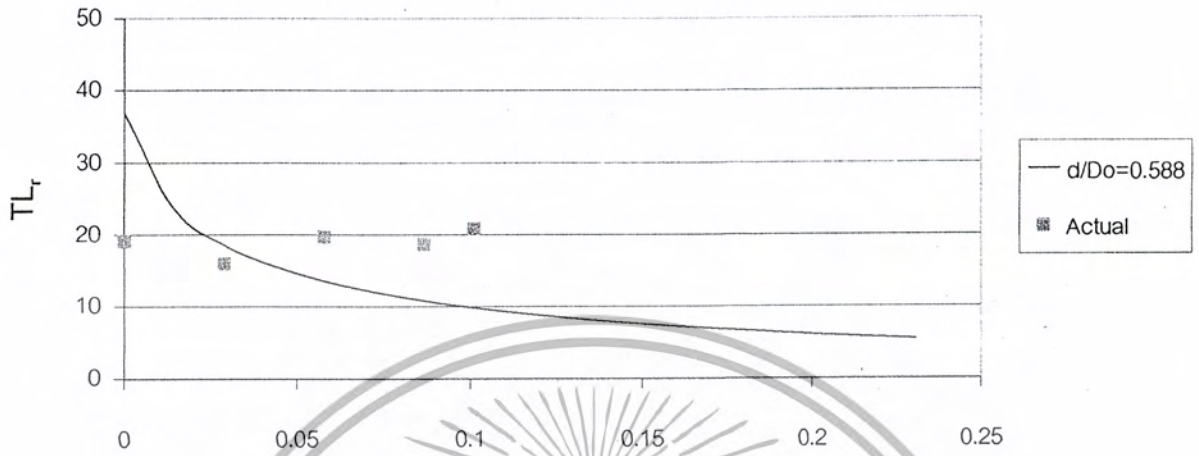


M

รูปที่ 4-191 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=5.118 \times 10^{-3} \quad fr_o=212.5 \text{ Hz}$$

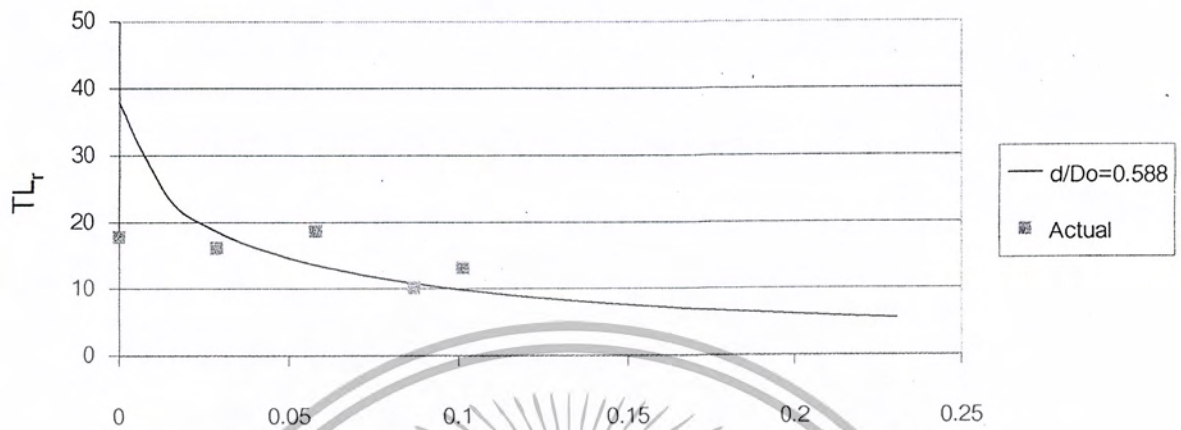


M

รูปที่ 4-192 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Z_0=4.565 \times 10^{-3} \quad f_{r_0}=175 \text{ Hz}$$



M

รูปที่ 4-193 Resonance Performance (Circular duct)

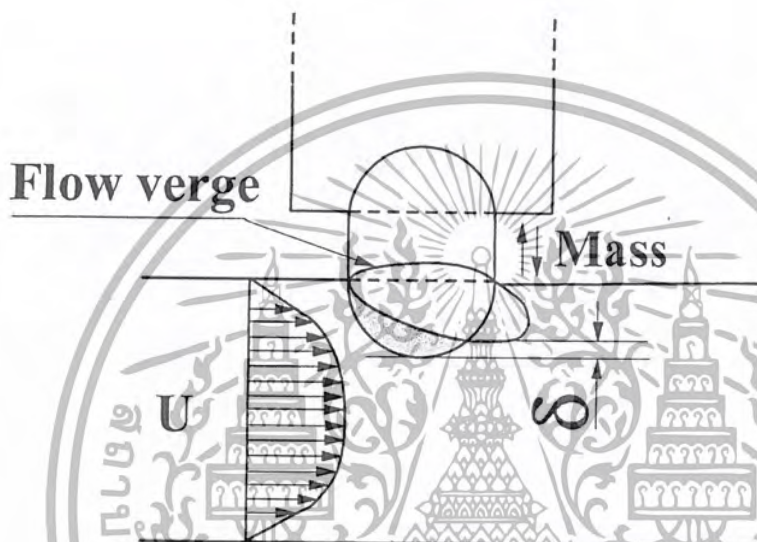
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลองพฤติกรรมการลดเสียงของ Helmholtz resonator

1. เมื่ออากาศที่ไหลภายในท่อนำเสียงมีความเร็วเพิ่มมากขึ้นพฤติกรรมของความถี่ที่เกิดการกำรจะเลื่อนไปในย่านความถี่ที่สูงขึ้น และ พฤติกรรมของค่า TL จะมีค่าลดลงจากผลการทดลองที่ได้สามารถ อธิบายแบบจำลองของพฤติกรรมการลดเสียงของ Helmholtz resonator ได้ดังรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 Diagram for consideration

จากรูปถ้ามวลของอากาศบริเวณคอ มีการสั่นที่  $f_0 = 130$  Hz คาบของการสั่นครบ 1 ครั้ง  $T = 1/f_0 = 1/130 = 0.007692$  s อากาศเคลื่อนจะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณเส้นผ่านศูนย์กลางของคอ จะใช้เวลา  $t = U/d$  ดังนั้นถ้าเวลาที่อากาศเคลื่อนที่ผ่านบริเวณคอกมีค่าน้อยกว่าคาบการสั่นของมวลก็คือ ผลที่ได้คือมวลของอากาศบริเวณคอบิดเบี้ยว ทำให้มีมวลอากาศที่จะใช้ในการดูดซับพลังงานน้อยลงดังนั้น ค่า TL จึงมีค่าลดลง และมวลอากาศบริเวณคอที่น้อยลงทำให้ความถี่ในการสั่นของมวลมีค่ามากขึ้นทำให้ความถี่ในการเกิดการกำรมีแนวโน้มขยับไปในย่านความถี่ที่สูงขึ้น

2. การที่ค่า TL ที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่าทางทฤษฎีเป็นเพราะ ไม่มี Resonator ในทางปฏิบัติ ตัวใดที่จะมีมิติที่สมบูรณ์ และไม่มีคลื่นมิติเดียวที่สมบูรณ์เคลื่อนที่เข้าไปบริเวณคอ ดังนั้นบริเวณคอ จะมีความต้านทานที่สูงมากหากพิจารณาบนพื้นฐานของทฤษฎีคลื่นมิติเดียว

#### 5.2 กระบวนการออกแบบ Helmholtz resonator สำหรับประยุกต์ใช้งาน

5.2.1 ต้องทราบความถี่ที่ทำให้เกิดการกำร และ ขนาดท่อที่จะนำมาลดเสียง

5.2.2 เลือกค่า  $d$   $l$  จะได้พื้นที่หน้าตัดของข้อต่อ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ใช้ตารางการจัดข้อมูลหาค่า  $f_r$

5.2.4 คำนวณหาค่า  $f_r$  จากมิติของ resonator ที่ออกแบบจากนั้นตรวจสอบว่าค่าที่ได้มากหรือน้อยเกินไปหรือไม่

5.2.5 ทำการเลือกใหม่หาค่าที่ได้ยังไม่สมบูรณ์

#### หมายเหตุ

1. สมการที่ (17) ใช้สำหรับคำนวณหาความถี่ที่เกิดการกำรสำหรับท่อที่ไม่มีอากาศไหลผ่านเท่านั้น หากมีอากาศไหลผ่านภายในท่อต้องใช้กราฟ Frequency characteristics ในการเปลี่ยนความถี่กำรของท่อที่มีอากาศไหลผ่าน ไปเป็นความถี่กำรของท่อที่ไม่มีอากาศไหลผ่าน
2. กราฟความสัมพันธ์ Resonance performance ใช้สำหรับตรวจสอบว่าค่า TL ที่ได้ในการออกแบบ Resonator นั้นมีค่าเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้งานจริงได้หรือไม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] M.L.Munjaj, "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
- [2] D.D.Davis "Theoretical and Measured Attenuation of Mufflers at Room Temperature without Flow, with Comment on Engine – Exhaust Muffler Design", NACA Rep, 1954
- [3] L.L.Beranek,"Acoustics", The Acoustical Society of America
- [4] M. Hotozuka, "Characteristics for the Helmholtz Type Silencer", Thesis for Master Degree of Engineering, Tokai University, 2000
- [5] E. Hotosuka," Characteristics for the Helmholtz Type Silencer", Thesis for Master Degree of Engineering, Tokai University, 1998
- [6] Ming Lokitsangtong, Pongsak Kummul," Estimation of Sound Transmission Loss for a Design of Single Helmholtz Resonator – Type Silencer", The 17<sup>th</sup> Conference of Mechanical Engineering NETwork of Thailand, 2003
- [7] R.C.Baker, "Flow Measurement Handbook", Cambridge University
- [8] J.P.Holeman, "Experimental Methods for Engineers", McGraw-Hill Book Company, Fifth Edition
- [9] Sound Research Laboratories Ltd. "Noise Control in Industry ", Third Edition, full revised and updated, Chapman and Hall, 1991
- [10] พงมาน ทำจิ้น," มลภาวะทางเสียงในสิ่งแวดล้อม ", บริษัท เมเทอร์ โทโรนิคส์ จำกัด และ Bruel & Kjaer, Denmark, 2545
- [11] พงศกร พุกศิริวงค์ชัย, เทอดไทย ปัดสำราญ, สุภธร ภูวิภาดาพรรณ," การศึกษาทางเสียงของตัวเก็บเสียงแบบเฮล์มโฮลทซ์", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545
- [12] บุญชัย ศิลปกิจวงษ์กุล, " การหาประสิทธิภาพของเครื่องลดเสียง ", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542

## Appendix A

### วิธี Set เครื่อง FFT Analyzer

#### Ms setting PORTABLE DUAL CHANNEL FFT ANALYZER

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

หลังการ Set FFT Analyzer ก็จะสามารถทำการสอบเทียบไมโครโฟนได้โดยนำไมโครโฟนไปประกอบกับ Calibrator โดย Calibrator นี้จะกำเนิดเสียงมีความดัง 124 dB

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

## Appendix B

### Venturi Calibration

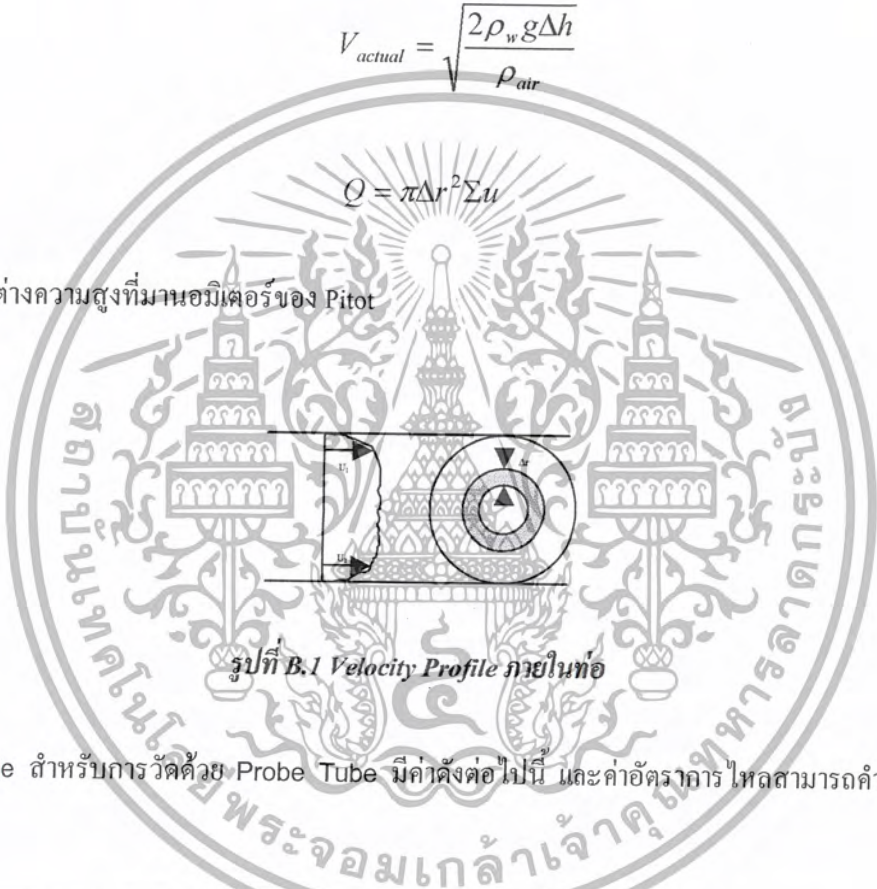
ในการสร้างเครื่องมือวัดใดๆนั้น ต้องมีการสอบเทียบ (Calibrate) เพื่อให้ได้มาตรฐานซึ่งในกรณีนี้ใช้ Pitot Static Tube ซึ่งผลิตมาจากบริษัท Tokyo Meter CO.,LTD มาเป็นมาตรฐานในการสอบเทียบ ซึ่งจากคำแนะนำของ Baker [7] ได้แนะนำให้ใช้ 6 รัศมีรัศมีละ 6 จุดในการหา Velocity Profile โดยคำนวณความเร็วจาก

$$V_{actual} = \sqrt{\frac{2\rho_w g \Delta h}{\rho_{air}}} \tag{B.1}$$

และ

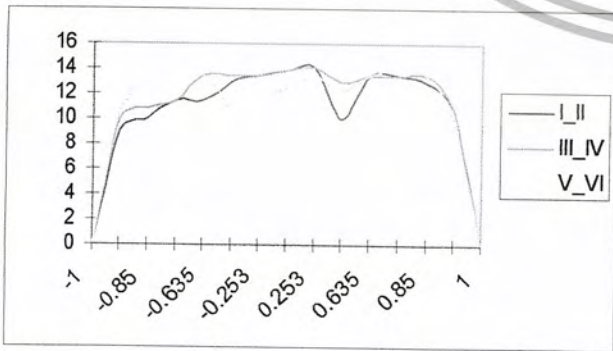
$$Q = \pi \Delta r^2 \Sigma u \tag{B.2}$$

โดยที่  $\Delta h$  = ผลต่างความสูงที่มานอมีเตอร์ของ Pitot

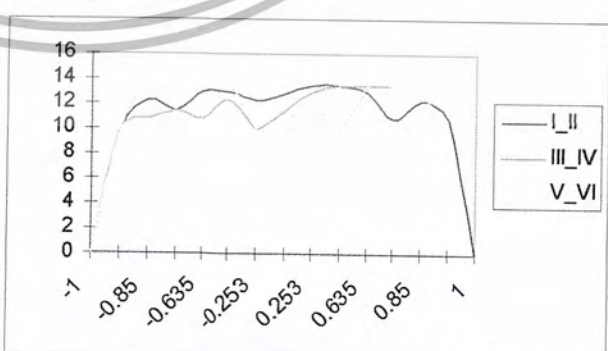


รูปที่ B.1 Velocity Profile ภายในท่อ

Velocity Profile สำหรับการวัดด้วย Probe Tube มีค่าดังต่อไปนี้ และค่าอัตราการไหลสามารถคำนวณได้จากสมการด้านบน

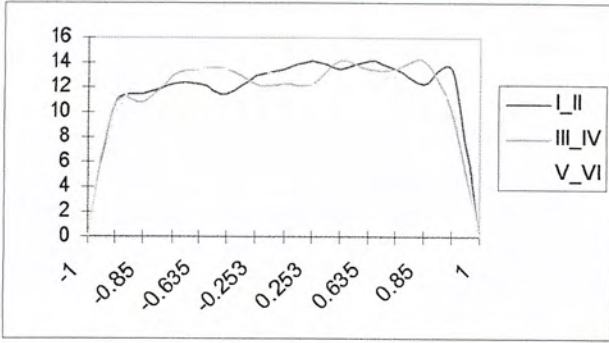


รูปที่ B.2  $Q_{actual} = 0.028678$

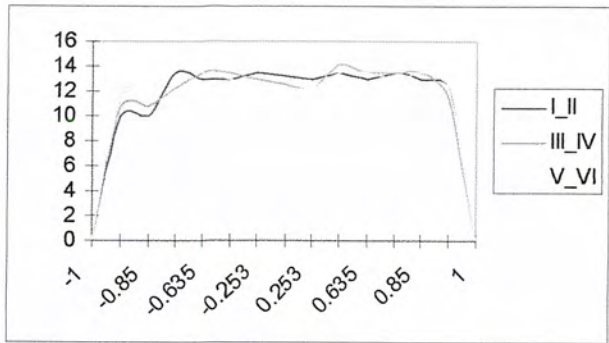


รูปที่ B.3  $Q_{actual} = 0.027785$

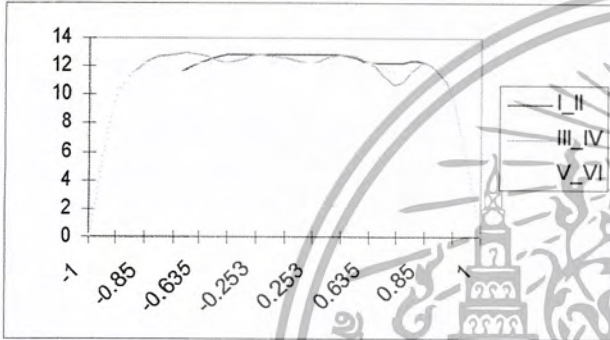
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



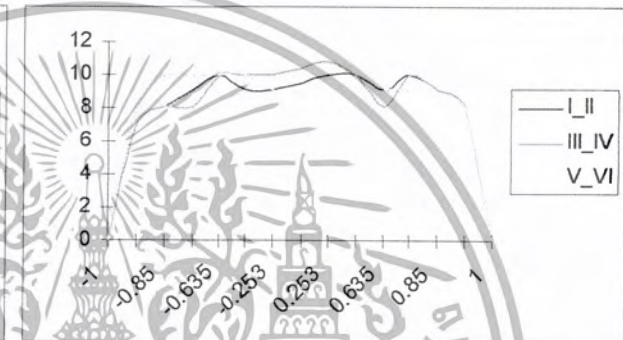
รูปที่ B.4  $Q_{actual} = 0.029119$



รูปที่ B.5  $Q_{actual} = 0.029328$



รูปที่ B.6  $Q_{actual} = 0.027773$



รูปที่ B.7  $Q_{actual} = 0.02106$

### Discharge coefficient

เมื่อได้อัตราการไหล 6 จุดจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน เทียบกับ Venturi ก็จะนำมา Plot กราฟ  $C_D$  และค่า  $Re$  เพื่อที่จะนำมาใช้ในการ Calibrate Venturi ตอนใช้งานจริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ref. No.	C (m/s)	U (m/s)	M	Dh (m)	So (m <sup>-1</sup> )	De (m)	d (m)	S (m <sup>2</sup> )	l (m)	d/Ds	l/D	D (m)	L (m)	d/D	LD	LD	V (10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s)	F (kg/s)	Δ (m)	1/√Δ	M (m)	Δl (m)	hd	Δl/d, β	β/1/D	1/√(Δ/V)	[R/2Δ] <sup>1/2</sup> 10 <sup>-3</sup>	Γl <sub>hc</sub>	Γl <sub>hm</sub>	ΔΓl
1	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.160	0.381	1.524	1.3974	308.75	1.673	0.1112	0.0044	0.0204	1.609	0.609	0.478	1.888	3.0913	41.220	32.50	-8.720	
2	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.148	0.381	1.333	1.2116	226.00	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.549	0.583	0.457	1.885	3.1571	41.028	32.50	-7.138	
3	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.118	0.381	1.133	1.0289	246.00	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	1.745	3.2668	40.738	28.10	-12.858	
4	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.078	0.381	0.932	0.8912	302.50	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	1.430	3.5891	38.932	25.50	-14.432	
5	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.058	0.381	0.737	0.6466	362.50	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	1.205	3.9022	38.530	24.40	-16.130	
6	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.038	0.381	0.581	0.3911	423.50	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	1.000	4.2559	38.120	24.80	-18.520	
7	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.018	0.381	0.416	0.2584	485.00	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.800	4.6092	37.709	24.90	-20.700	
8	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.008	0.381	0.281	0.1644	546.50	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.600	4.9727	37.299	24.90	-22.870	
9	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.003	0.381	0.187	0.1056	608.00	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.400	5.3461	36.889	24.90	-24.940	
10	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.001	0.381	0.110	0.0678	669.50	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.200	5.7200	36.479	24.90	-26.910	
11	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.000	0.381	0.080	0.0433	731.00	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.100	6.1039	36.069	24.90	-28.880	
12	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.000	0.381	0.060	0.0294	792.50	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.050	6.4888	35.659	24.90	-30.850	
13	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.000	0.381	0.040	0.0192	854.00	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.025	6.8737	35.249	24.90	-32.820	
14	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.000	0.381	0.020	0.0126	915.50	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.012	7.2586	34.839	24.90	-34.790	
15	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.000	0.381	0.010	0.0078	977.00	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.006	7.6435	34.429	24.90	-36.760	
16	348.2	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	1.000	0.105	0.000	0.381	0.005	0.0049	1038.50	1.425	0.1121	0.0033	0.0233	1.570	0.570	0.447	0.003	8.0284	34.019	24.90	-38.730	
17	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.148	0.160	0.274	1.233	3.01185	110.00	2.318	0.0982	0.1655	0.0224	2.587	2.637	0.430	3.693	38.878	21.20	-18.478		
18	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.148	0.130	0.274	0.665	1.67331	150.00	2.318	0.0982	0.1024	0.0224	2.581	2.561	0.440	1.741	4.069	28.00	-12.00	-10.607	
19	348.0	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.148	0.080	0.274	0.548	1.32064	171.25	2.032	0.0900	0.0982	0.0192	2.456	2.456	0.456	1.581	4.2888	38.307	28.10	-18.287	
20	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.105	0.190	0.381	1.554	4.3812	161.25	2.032	0.0982	0.1007	0.0207	2.668	2.668	0.609	1.532	4.5288	37.826	32.80	-5.126	
21	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.105	0.120	0.381	1.149	3.0856	181.50	1.887	0.1053	0.0728	0.0234	2.545	2.545	0.623	1.328	4.8189	37.347	32.80	-4.126	
22	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.105	0.098	0.381	0.843	2.2427	202.75	1.887	0.1053	0.0582	0.0234	2.464	2.464	0.635	1.228	5.0686	36.859	30.70	-4.268	
23	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.105	0.078	0.381	0.787	1.98372	220.00	1.512	0.0982	0.1095	0.0234	2.390	2.390	0.647	1.128	5.3182	36.431	30.50	-5.831	
24	348.0	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.083	0.150	0.482	0.9520	200.00	1.740	0.0945	0.1114	0.0302	0.1314	2.786	2.786	0.788	1.201	5.2972	36.446	33.80	-2.645	
25	348.0	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	0.887	1.87910	210.00	1.818	0.0950	0.1022	0.0302	2.725	2.725	0.755	1.128	5.3896	36.446	31.60	-2.645	
26	348.0	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.083	0.100	0.482	0.822	1.80624	220.00	1.896	0.0955	0.1030	0.0302	2.749	2.749	0.748	1.047	5.5825	36.114	30.10	-4.014	
27	347.8	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.083	0.080	0.482	0.757	1.73330	230.00	1.974	0.0960	0.1038	0.0302	2.773	2.773	0.741	0.966	5.7751	35.716	28.80	-4.916	
28	347.7	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.083	0.060	0.482	0.692	1.66036	240.00	2.052	0.0965	0.1046	0.0302	2.797	2.797	0.734	0.885	5.9676	35.320	27.80	-5.818	
29	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.083	0.050	0.482	0.627	1.58742	250.00	2.130	0.0970	0.1054	0.0302	2.821	2.821	0.727	0.804	6.1600	34.923	27.20	-6.720	
30	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.083	0.040	0.482	0.562	1.51448	260.00	2.208	0.0975	0.1062	0.0302	2.845	2.845	0.720	0.723	6.3524	34.526	26.20	-7.623	
31	348.0	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.105	0.130	0.585	0.952	0.9546	146.25	2.378	0.0978	0.1072	0.0314	2.694	2.694	0.661	0.641	6.5448	34.129	15.00	-11.718	
32	348.0	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.105	0.100	0.585	0.887	0.88727	160.00	2.456	0.0983	0.1080	0.0314	2.720	2.720	0.654	0.563	6.7372	33.732	14.20	-12.622	
33	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.105	0.080	0.585	0.822	0.82239	180.00	2.534	0.0988	0.1088	0.0314	2.744	2.744	0.647	0.485	6.9296	33.335	13.40	-13.526	
34	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.105	0.060	0.585	0.757	0.75751	200.00	2.612	0.0993	0.1096	0.0314	2.768	2.768	0.630	0.407	7.1220	32.928	12.60	-14.430	
35	347.7	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.100	0.150	0.688	0.952	0.95200	220.00	2.690	0.0998	0.1104	0.0314	2.792	2.792	0.613	0.329	7.3144	32.521	11.80	-15.334	
36	347.7	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.100	0.120	0.688	0.887	0.88724	240.00	2.768	0.1003	0.1112	0.0314	2.816	2.816	0.596	0.251	7.5068	32.114	11.00	-16.238	
37	347.7	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.100	0.100	0.688	0.822	0.82228	260.00	2.846	0.1008	0.1120	0.0314	2.840	2.840	0.579	0.173	7.6992	31.707	10.20	-17.142	
38	347.7	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.100	0.080	0.688	0.757	0.75732	280.00	2.924	0.1013	0.1128	0.0314	2.864	2.864	0.562	0.095	7.8916	31.300	9.40	-18.046	
39	347.7	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126	0.040	0.784	2.000	0.100	0.060	0.688	0.692	0.69236	300.00	3.002	0.1018	0.1136	0.0314	2.888	2.888	0.545	0.017	8.0840	30.893	8.60	-18.950	
40	347.4	0	0	0.051	0.0026	0.051	0.040	0.00126																						









Res. Ts	C (m/s)	U(m/s)	V(m/s)	M	Da (m)	n	Sa (m <sup>2</sup> )	Ds (m)	d (m)	S (m <sup>2</sup> )	l (m)	dl/Ds	l/d	D (m)	L (m)	dl/D	UD	V (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /s)	θ (rad)	λ (m)	1/√λ	h (m)	Δh (m)	h/d	Δh/d	β	M/D <sub>s</sub>	M/D <sub>s</sub> √(S/V)	l/z <sub>1</sub>	TL <sub>jc</sub>	TL <sub>fm</sub>	ΔTL
62	345.5	10	8	0.023155	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	262.00	1.322	0.0065	0.0065	0.0258	2.145	0.645	0.506	1.185	4.828	37.677	27.90	-0.777	
63	345.5	15	12	0.034721	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	309.00	1.118	0.0070	0.0070	0.0247	2.117	0.617	0.484	1.180	4.831	20.304	26.50	0.195	
64	345.5	20	16	0.046311	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	356.00	0.954	0.0075	0.0075	0.0236	2.091	0.581	0.444	1.183	4.815	15.196	22.70	0.750	
65	345.5	25	20	0.057923	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	403.00	0.821	0.0080	0.0080	0.0225	2.065	0.545	0.398	1.203	4.578	12.311	22.60	1.078	
66	345.5	30	24	0.069545	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	450.00	0.726	0.0085	0.0085	0.0214	2.039	0.509	0.355	1.224	4.178	9.400	14.00	1.617	
67	345.5	35	28	0.081177	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	497.00	0.651	0.0090	0.0090	0.0203	2.013	0.473	0.312	1.245	3.783	6.488	11.00	2.157	
68	345.5	40	32	0.092819	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	544.00	0.574	0.0095	0.0095	0.0192	1.987	0.437	0.270	1.266	3.398	4.488	13.00	2.702	
69	345.5	45	36	0.104471	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	591.00	0.511	0.0100	0.0100	0.0181	1.961	0.401	0.228	1.287	3.013	3.586	15.00	3.247	
70	345.5	50	40	0.116133	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	638.00	0.458	0.0105	0.0105	0.0170	1.935	0.365	0.186	1.308	2.628	2.777	17.00	3.792	
71	345.5	55	44	0.127805	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	685.00	0.415	0.0110	0.0110	0.0160	1.909	0.329	0.144	1.329	2.243	2.332	19.00	4.337	
72	345.5	60	48	0.139477	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	732.00	0.381	0.0115	0.0115	0.0150	1.883	0.293	0.102	1.350	1.858	1.887	21.00	4.882	
73	345.5	65	52	0.151149	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	779.00	0.347	0.0120	0.0120	0.0140	1.857	0.257	0.060	1.371	1.473	1.442	23.00	5.427	
74	345.5	70	56	0.162821	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	826.00	0.321	0.0125	0.0125	0.0130	1.831	0.221	0.018	1.392	1.088	1.027	25.00	5.972	
75	345.5	75	60	0.174493	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	873.00	0.295	0.0130	0.0130	0.0120	1.805	0.185	0.000	1.412	0.703	0.582	27.00	6.517	
76	345.6	0	0	0	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	920.00	0.279	0.0135	0.0135	0.0110	1.779	0.149	0.000	1.432	0.318	0.132	29.00	7.062	
77	345.6	0	0	0	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	967.00	0.263	0.0140	0.0140	0.0090	1.753	0.113	0.000	1.452	0.053	0.000	31.00	7.607	
78	345.5	40	32	0.092819	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	262.00	1.322	0.0065	0.0065	0.0258	2.145	0.645	0.506	1.185	4.828	37.677	27.90	-0.777	
79	345.5	48	40	0.138229	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	282.00	1.226	0.0070	0.0070	0.0247	2.117	0.617	0.484	1.183	4.815	20.304	26.50	0.195	
80	345.6	64	64	0.193195	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00126	0.000	0.784	2.000	0.083	0.120	0.482	1.446	0.64984	282.00	1.226	0.0070	0.0070	0.0247	2.117	0.617	0.484	1.183	4.815	20.304	26.50	0.195	
81	345.4	0	0	0	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.524	34.787	22.70	-12.097	
82	345.2	0	0	0.023155	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
83	345.5	0	0	0.046311	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
84	345.6	25	20	0.057923	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
85	345.3	40	32	0.092819	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
86	345.1	0	0	0	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
87	345.1	10	8	0.023155	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
88	345.1	20	16	0.046311	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
89	345.8	40	32	0.092819	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
90	346.0	50	40	0.116133	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
91	346.0	60	48	0.151149	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	
92	346.2	60	48	0.151149	0.051	1	0.003	0.051	0.040	0.00071	0.020	0.588	0.667	0.083	0.040	0.381	0.482	0.71931	526.00	0.666	0.1281	0.0258	0.0158	1.195	0.528	0.311	0.784	6.488	20.003	21.00	0.987	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ts-Ks  $d/D=0.59, 0.42$   $l/d=0.67$



รูปที่ C1 Open-end correction (Square duct)

Hs-Ks  $d/D=0.784, 0.424$   $l/d=1.0$



รูปที่ C2 Open-end correction (Square duct) L/D

Hs p19  $d/D_o=0.784, l/d=1$



รูปที่ C3 Open-end correction (Square duct)

Ts p74 d/Do=0.941, l/d=0.417



รูปที่ C4 Open-end correction (Square duct)

$d/D_o=0.784 \quad l/d=0.5$



รูปที่ C5 Open-end correction (Square duct)

Ts p76-77  $d/D_o=0.588$   $l/d=0.667$



รูปที่ C6 Open-end correction (Square duct)

$K_s d/Do=0.424 \quad l/d=0.842$



รูปที่ C7 Open-end correction (Square duct)

Has p53  $d/D_o=0.784, l/d=2$



รูปที่ C8 Open-end correction (Square)

Has p53  $d/D_o=0.392$   $l/d=2$



รูปที่ C9 Open-end correction (Square duct)

Ts-Ks  $d/D=0.59, 0.42$   $l/d=0.67$



รูปที่ C10 Open-end correction (Square duct)

Hs-Ks  $d/Do=0.784, 0.424$   $l/d=1.0$



รูปที่ C11 Open-end correction (Square duct)

Ts p74  $d/Do=0.941, l/d=0.417$



รูปที่ C12 Open-end correction (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ts p74-76  $d/Do=0.784$   $l/d=0.5$



รูปที่ C13 Open-end correction (Square duct)

$K_s d/Do=0.424 \quad l/d=0.842$



รูปที่ C14 Open-end correction (Square duct)

Open - end correction  $\beta_1$  (Square)



รูปที่ C15 Open-end correction Region 1 (Square duct) /d

Open - end correction  $\beta_2$   $l/d=0.5-1.0$



รูปที่ C16 Open-end correction Region 2 (Square duct)

f<sub>ro</sub>=170 Hz



รูปที่ C17 Frequency Characteristics (Square duct)  
M

f<sub>ro</sub>=217.5 Hz



รูปที่ C18 Frequency Characteristics (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fr<sub>0</sub>=232 Hz



รูปที่ C19 Frequency Characteristics (Square duct)

f<sub>ro</sub>=250 Hz



◆ l/d=1.33

รูปที่ C20 Frequency Characteristics (Square duct)  
M

$f_{ro}=265 \text{ Hz}$



รูปที่ C21 Frequency Characteristics (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f_{ro}=295 \text{ Hz}$



รูปที่ C22 Frequency Characteristics (Square duct)  
M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f_{ro} = 325 \text{ Hz}$



รูปที่ C23 Frequency Characteristics (Square duct)  
M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f_{ro}=347.5 \text{ Hz}$



รูปที่ C24 Frequency Characteristics (Square duct)  
M

f<sub>ro</sub>=362.5 Hz



รูปที่ C25 Frequency Characteristics (Square duct)  
M

fro=525 Hz



รูปที่ C26 Frequency Characteristics (Square duct)

$l/d=0.5$



รูปที่ C27 Frequency Characteristics (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=0.667$



◆  $f_{ro}=525$

รูปที่ C28 Frequency Characteristics (Square duct)  
M

$l/d=1.0$



รูปที่ C29 Frequency Characteristics (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=1.333$



◆ fro=250

รูปที่ C30 Frequency Characteristics (Square duct)  
M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=1.5$



รูปที่ C31 Frequency Characteristics (Square duct)  
M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

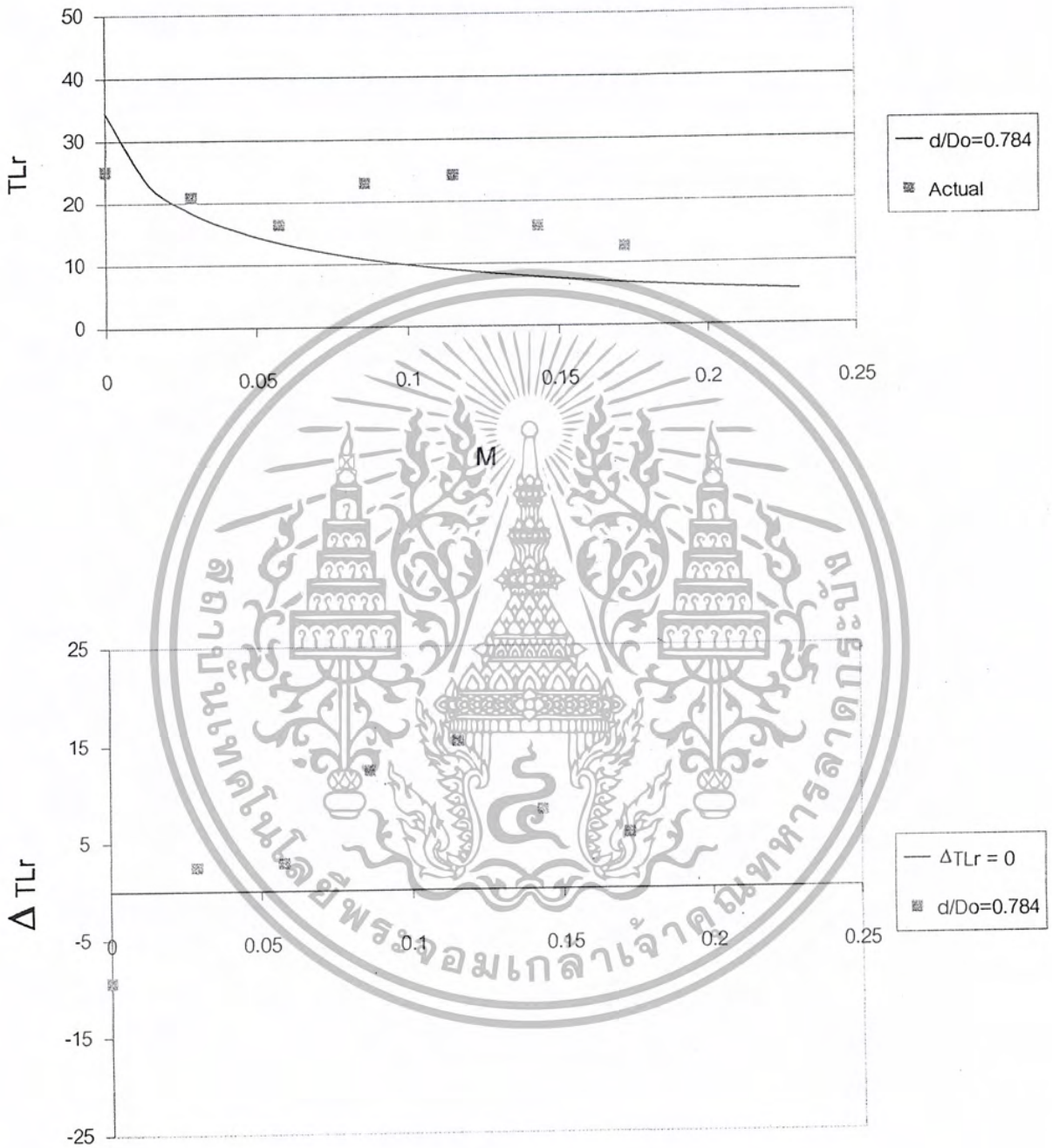
$l/d=2.0$



รูปที่ C32 Frequency Characteristics (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=2.0 \quad Rr/Zo=6.7853 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=325 \text{ Hz}$$

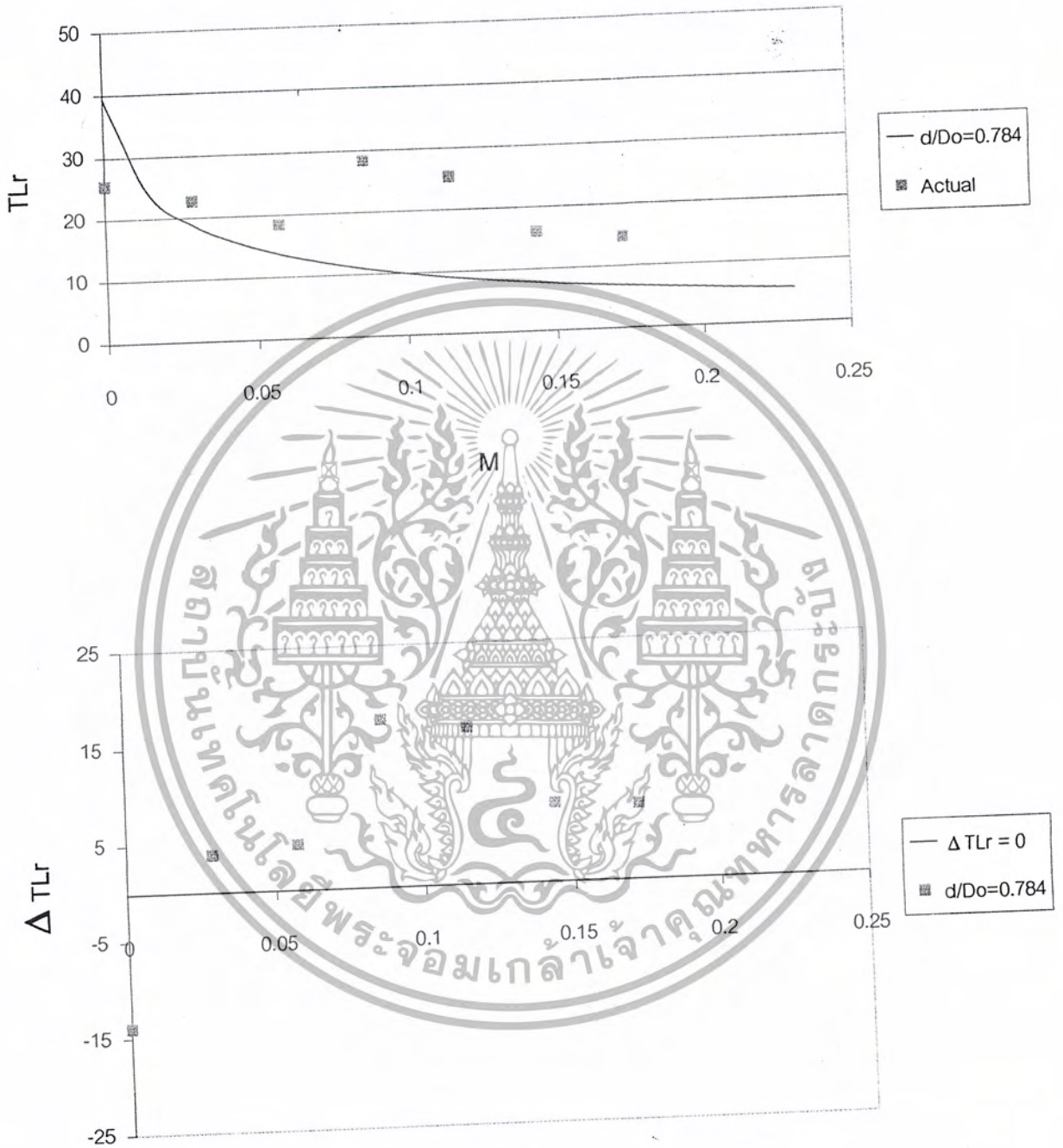


M

รูปที่ C33 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=3.8329 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=298.75 \text{ Hz}$

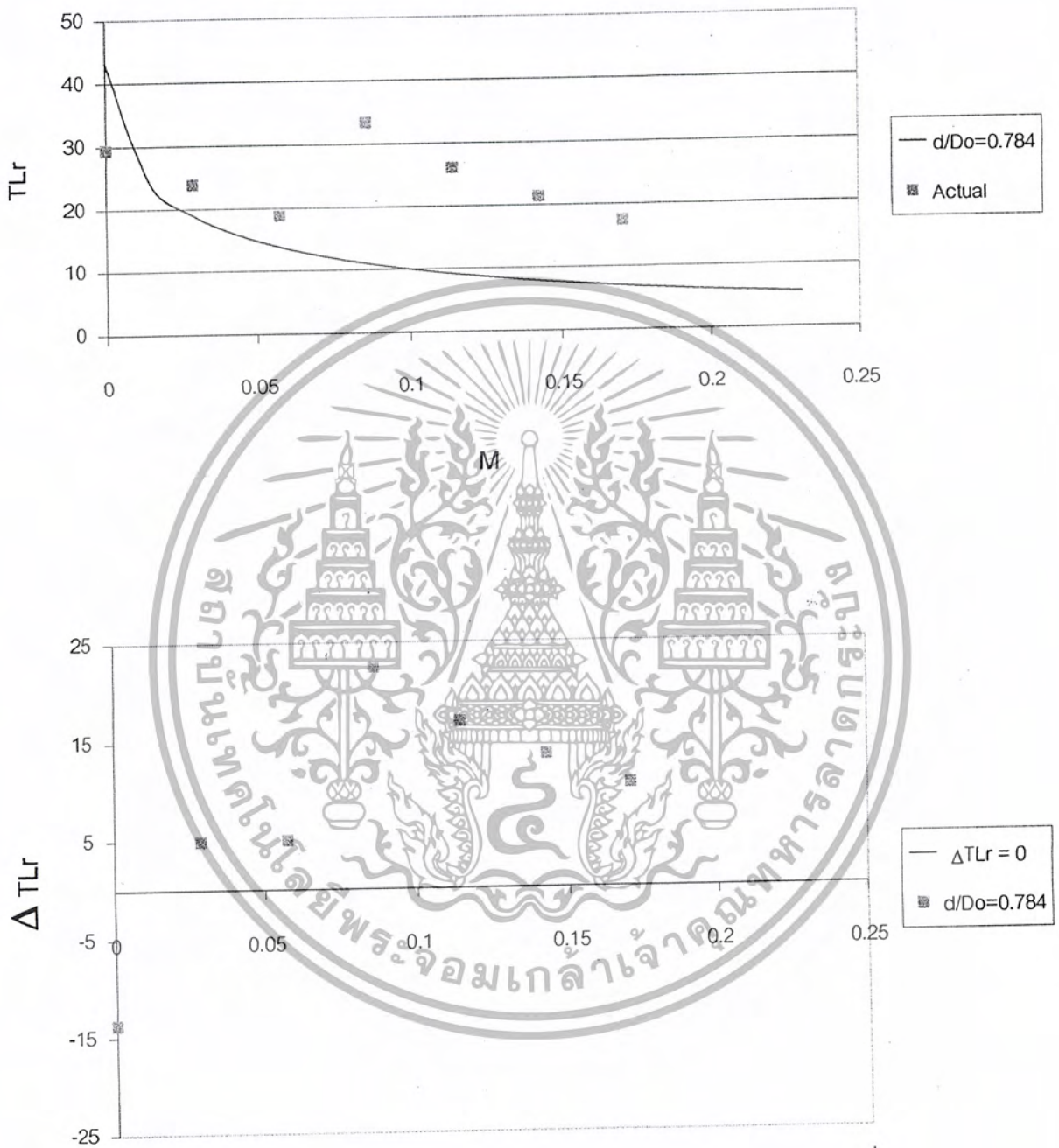


M

**รูปที่ C34 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=2.4850 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=292.50 \text{ Hz}$

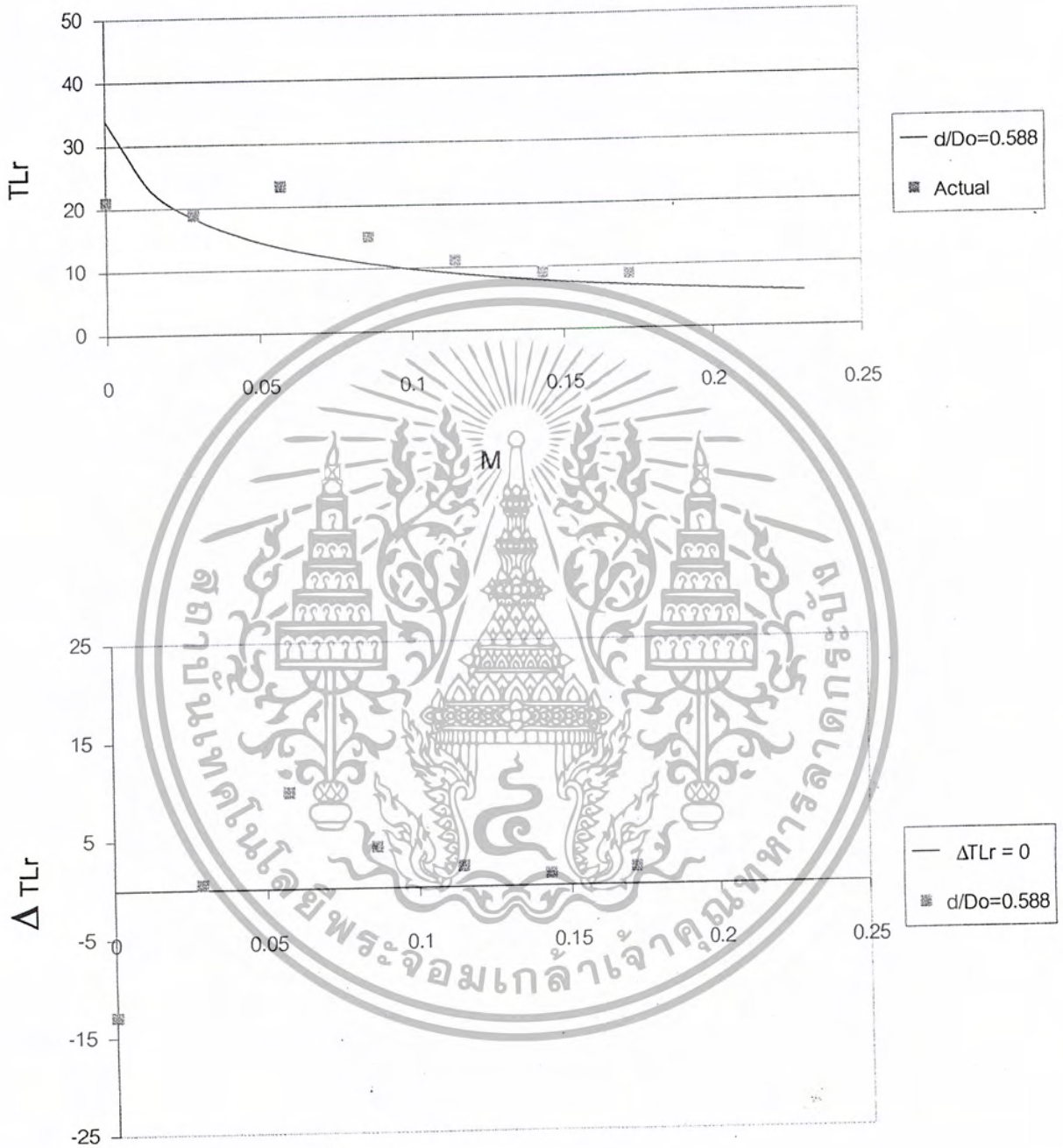


M

**รูปที่ C35 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=1.333 \quad Rr/Zo=7.1759 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=250 \text{ Hz}$

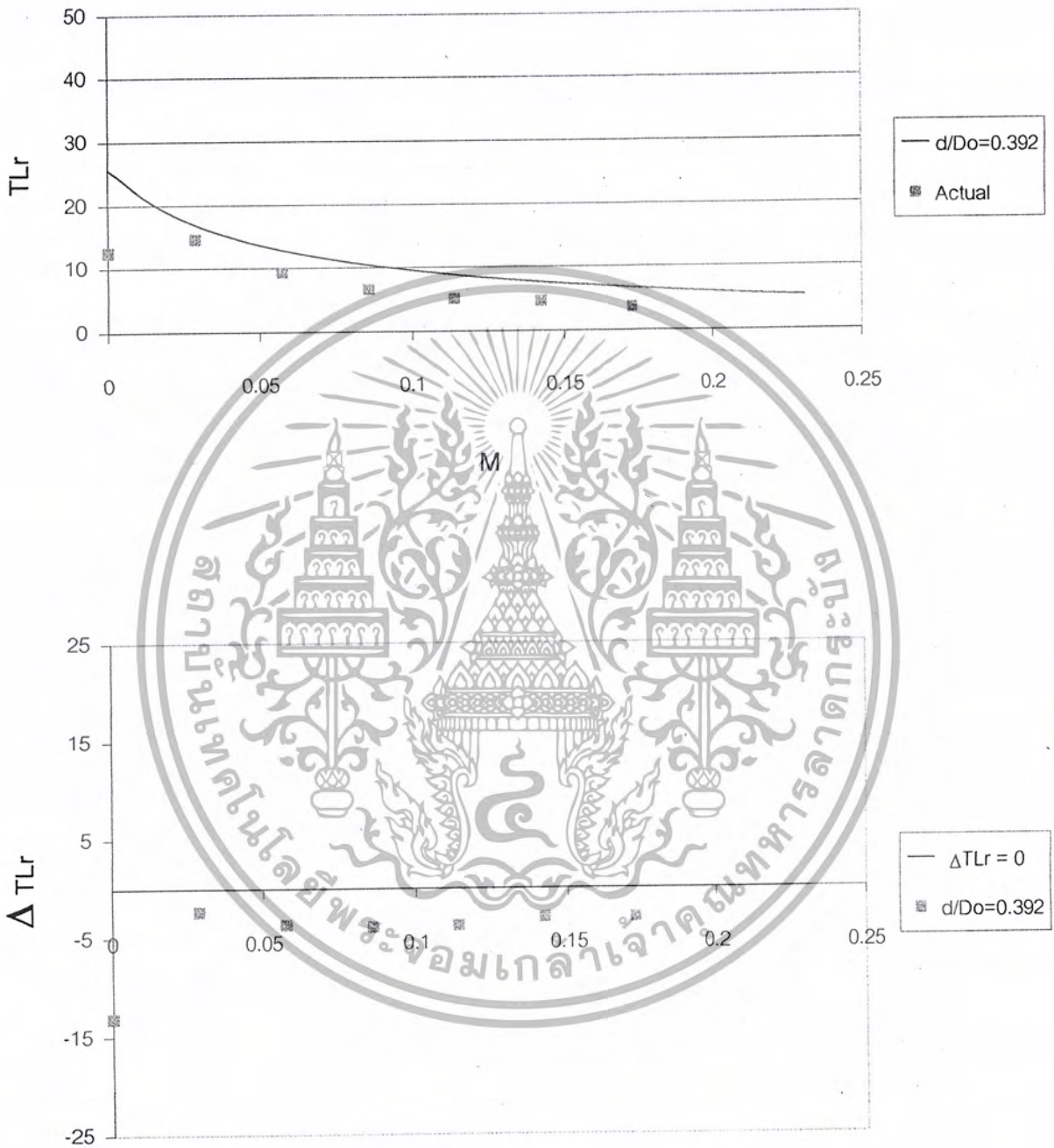


M

รูปที่ C36 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=2.0 \quad Rr/Zo=19.1958 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=170 \text{ Hz}$$

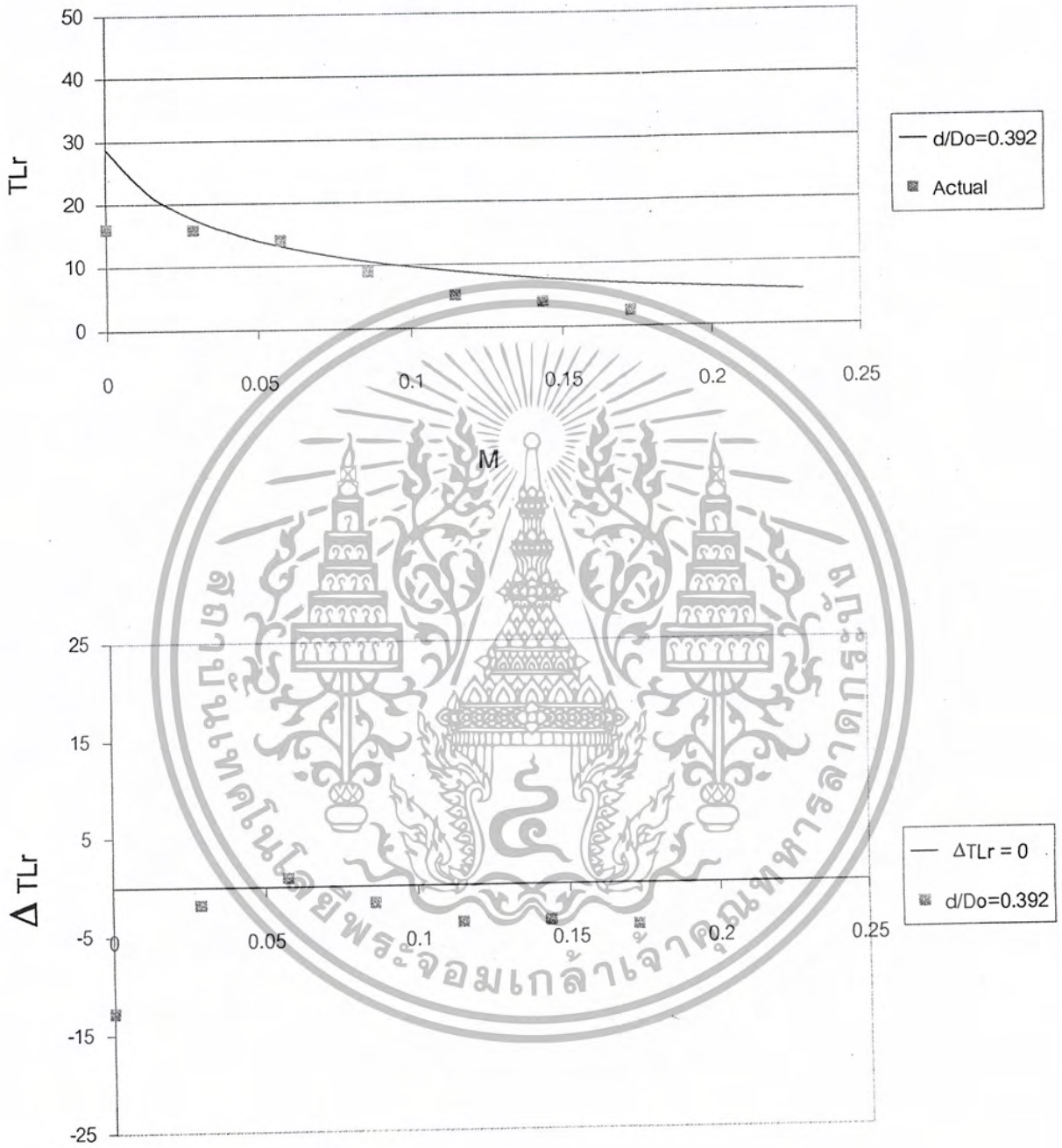


M

**รูปที่ C37 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=1.0$   $Rr/Zo=13.2417 \times 10^{-3}$   $f_{ro}=217.5$  Hz

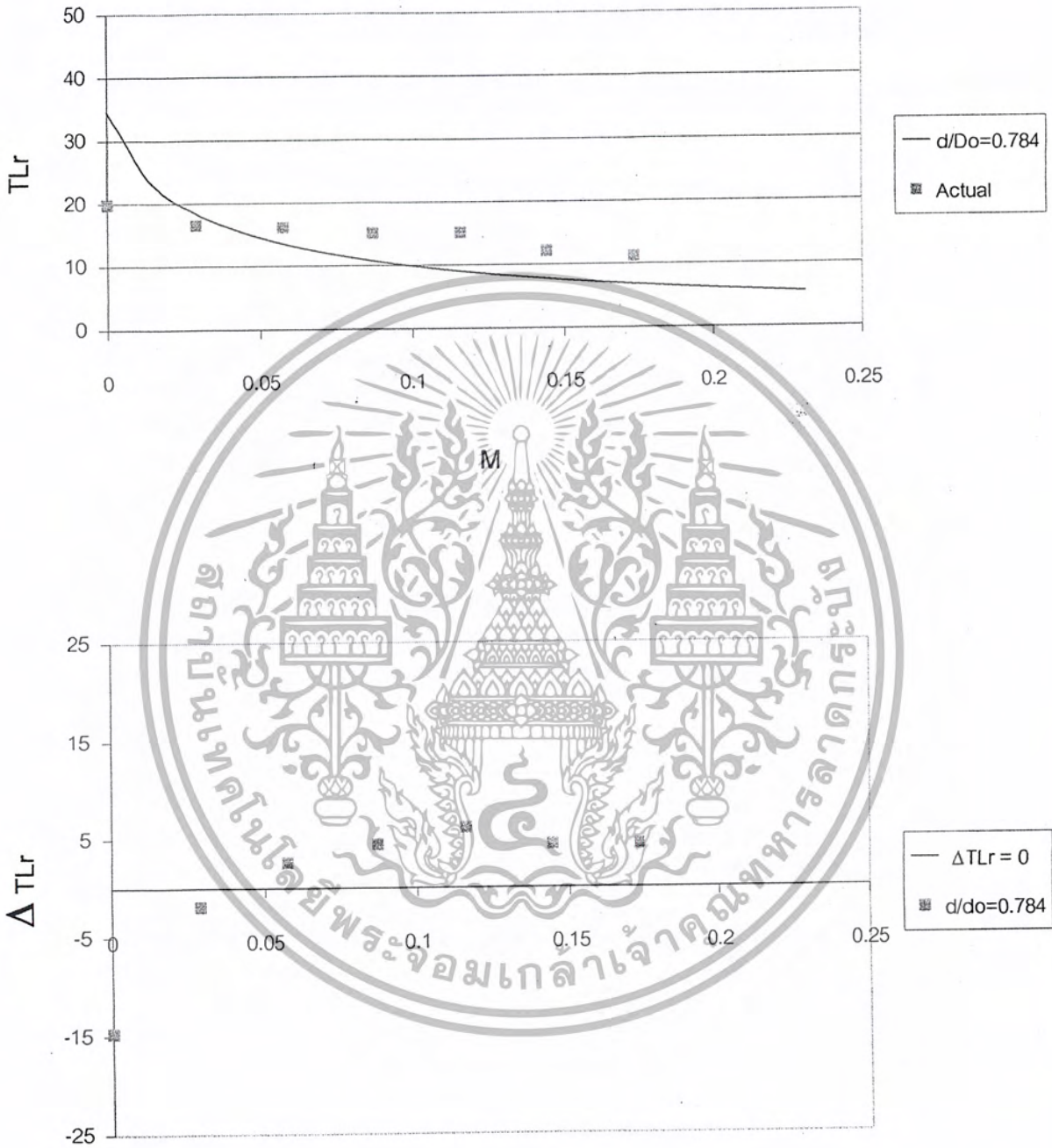


M

รูปที่ C38 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=2.0 \quad Rr/Zo=6.7135 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=327.5 \text{ Hz}$$

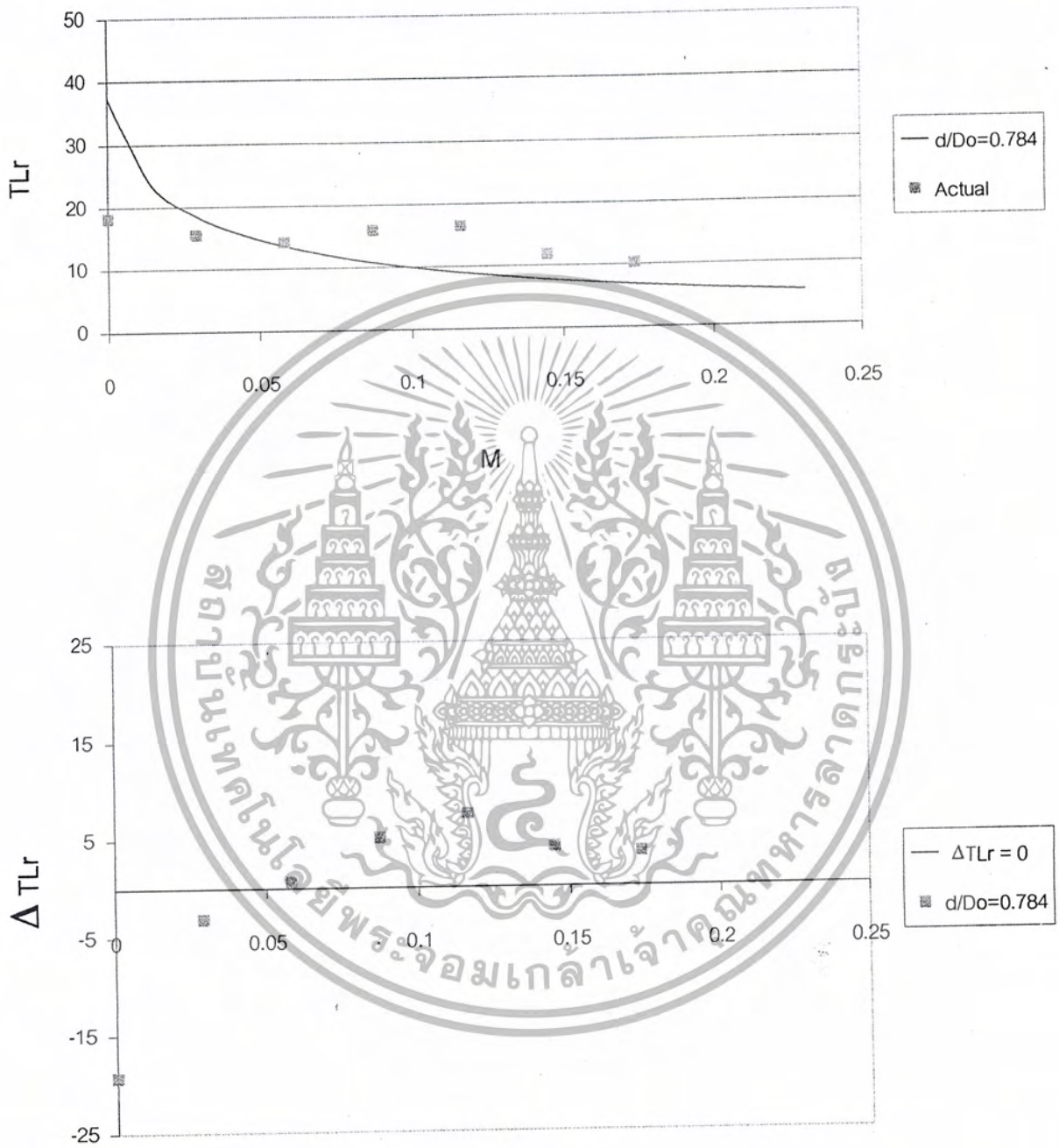


M

**รูปที่ C39 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.5 \quad Rr/Zo=4.7613 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=265 \text{ Hz}$$

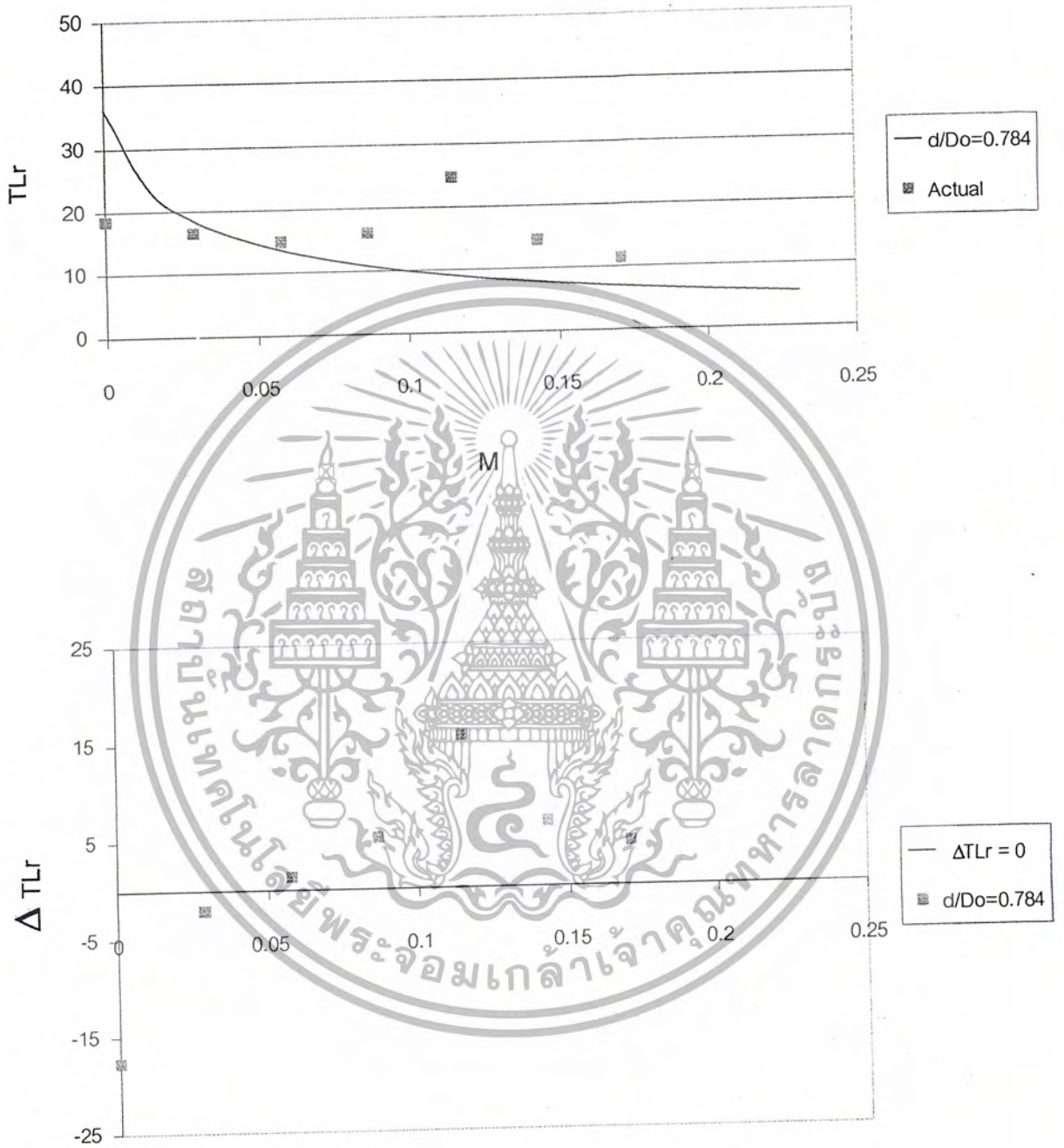


M

รูปที่ C40 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.5 \quad Rr/Zo=5.5410 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=370 \text{ Hz}$$

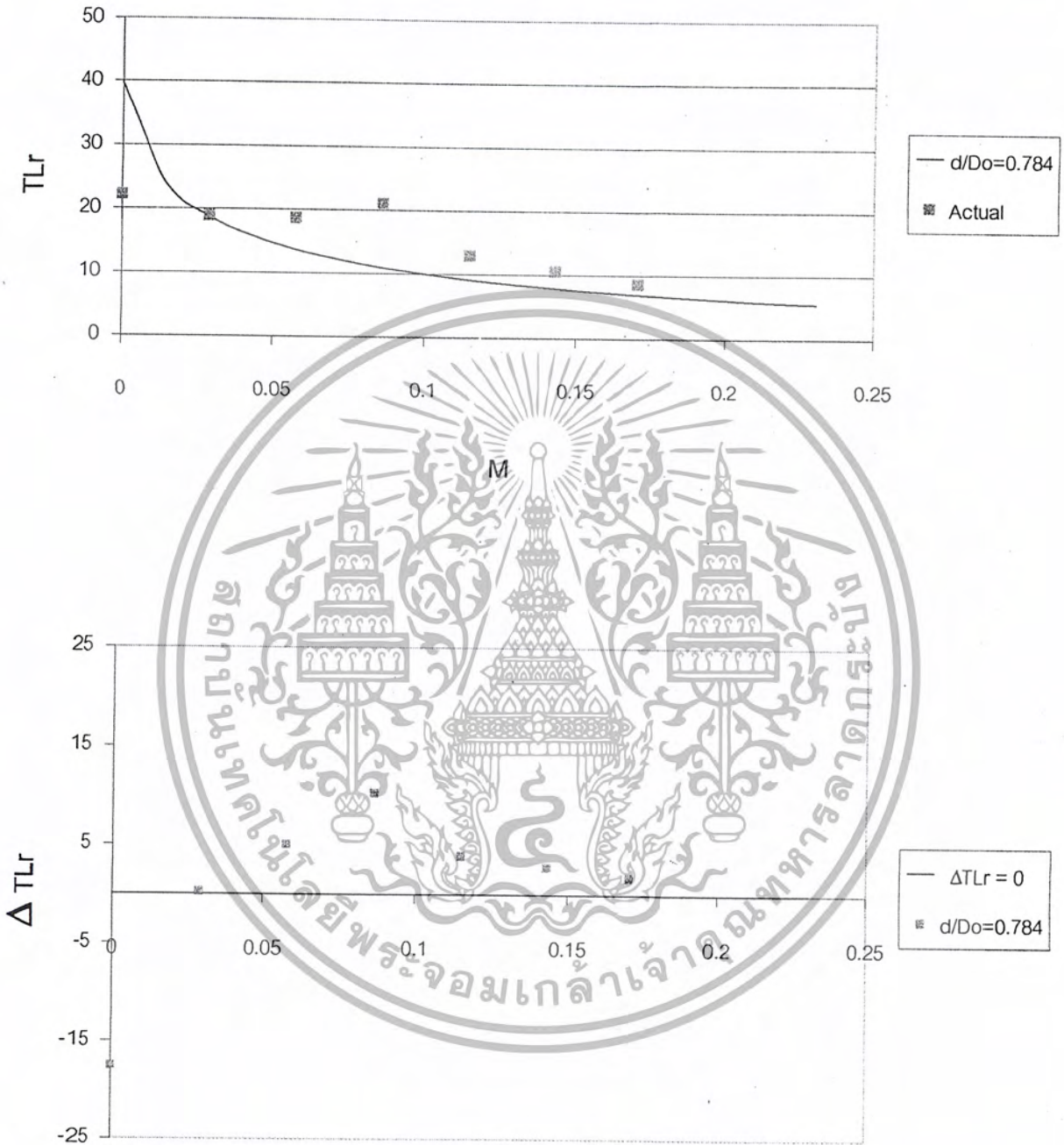


M

**รูปที่ C41 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=3.6783 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=233.75 \text{ Hz}$

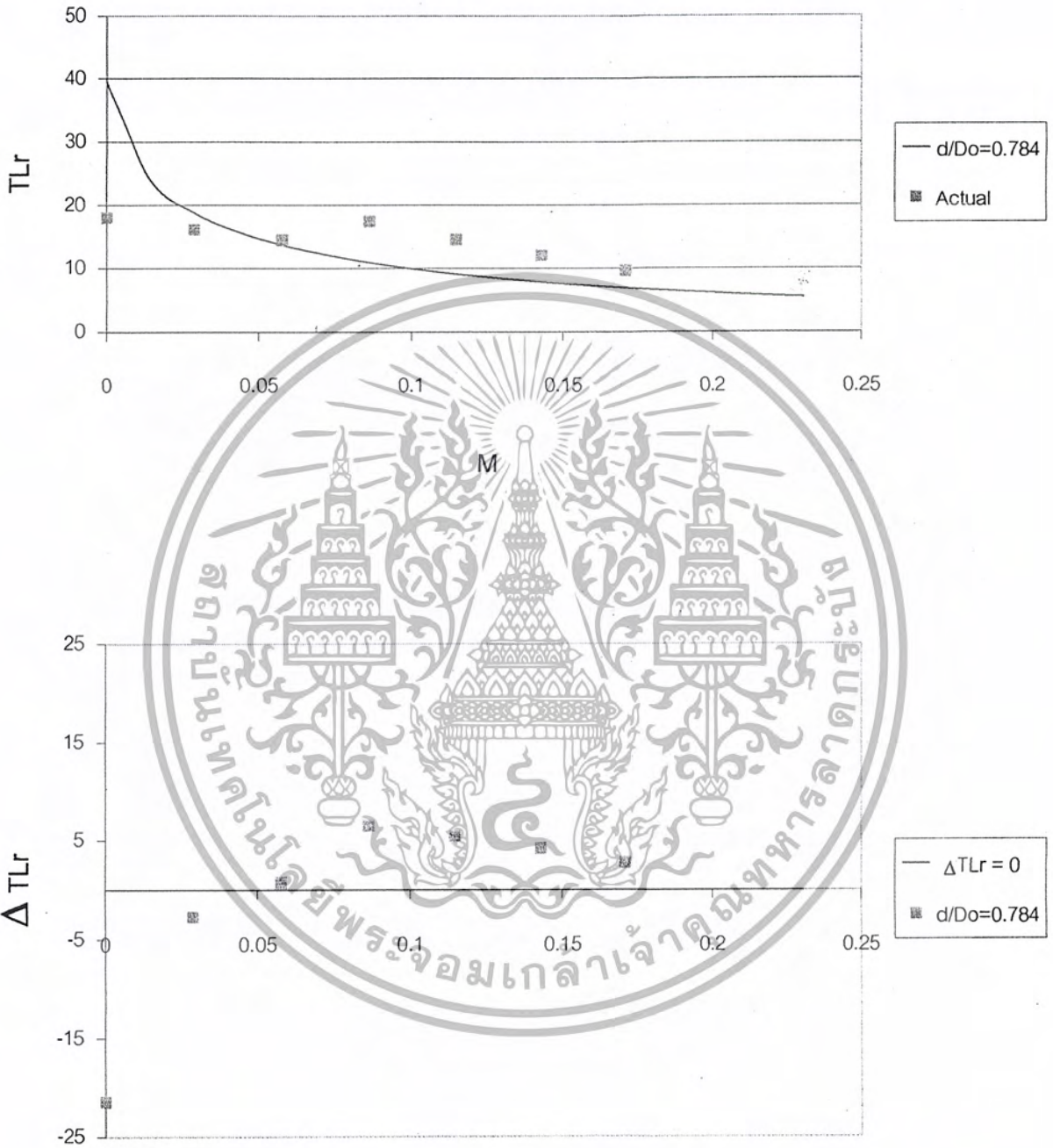


M

รูปที่ C42 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=3.7937 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=265 \text{ Hz}$$

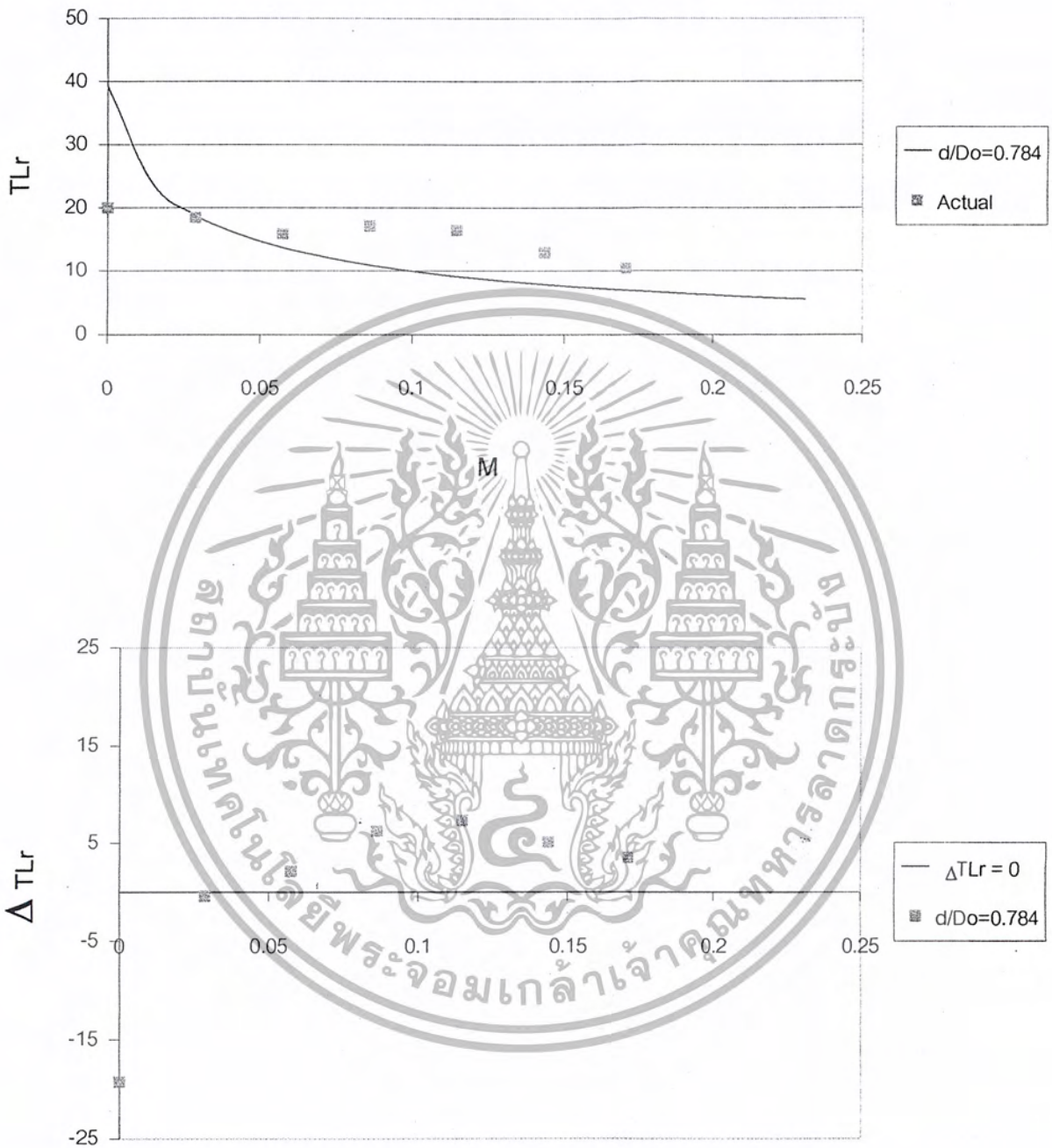


M

**รูปที่ C43 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=3.8748 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=296.25 \text{ Hz}$$

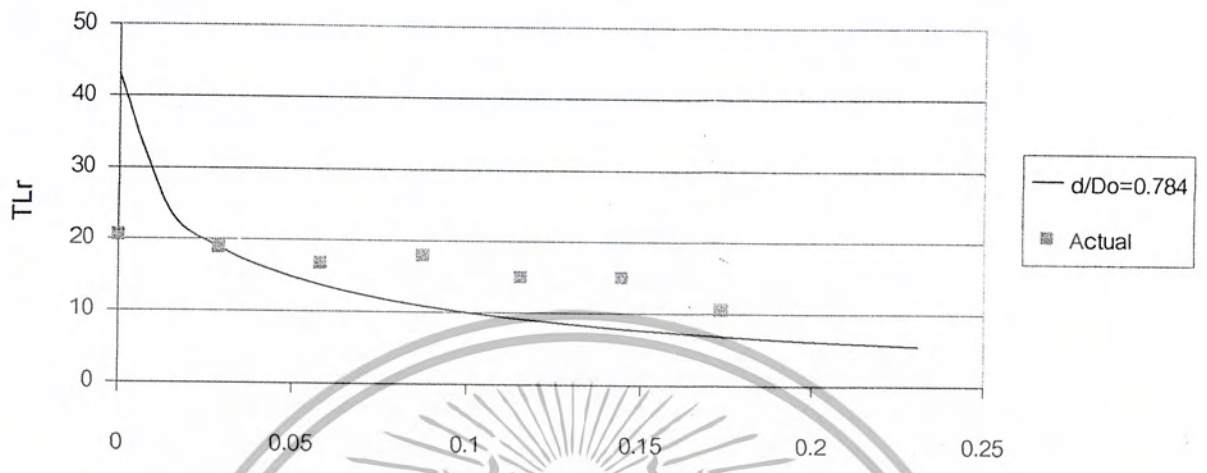


M

รูปที่ C44 Resonance Performance (Square duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=1.2104 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=291.25 \text{ Hz}$

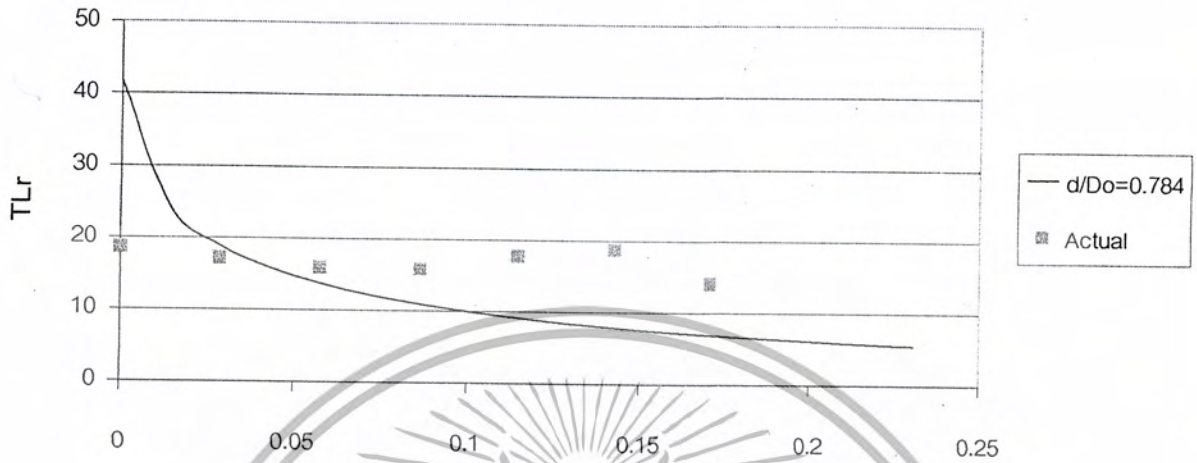


M

**รูปที่ C45 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=2.8681 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=326.25 \text{ Hz}$

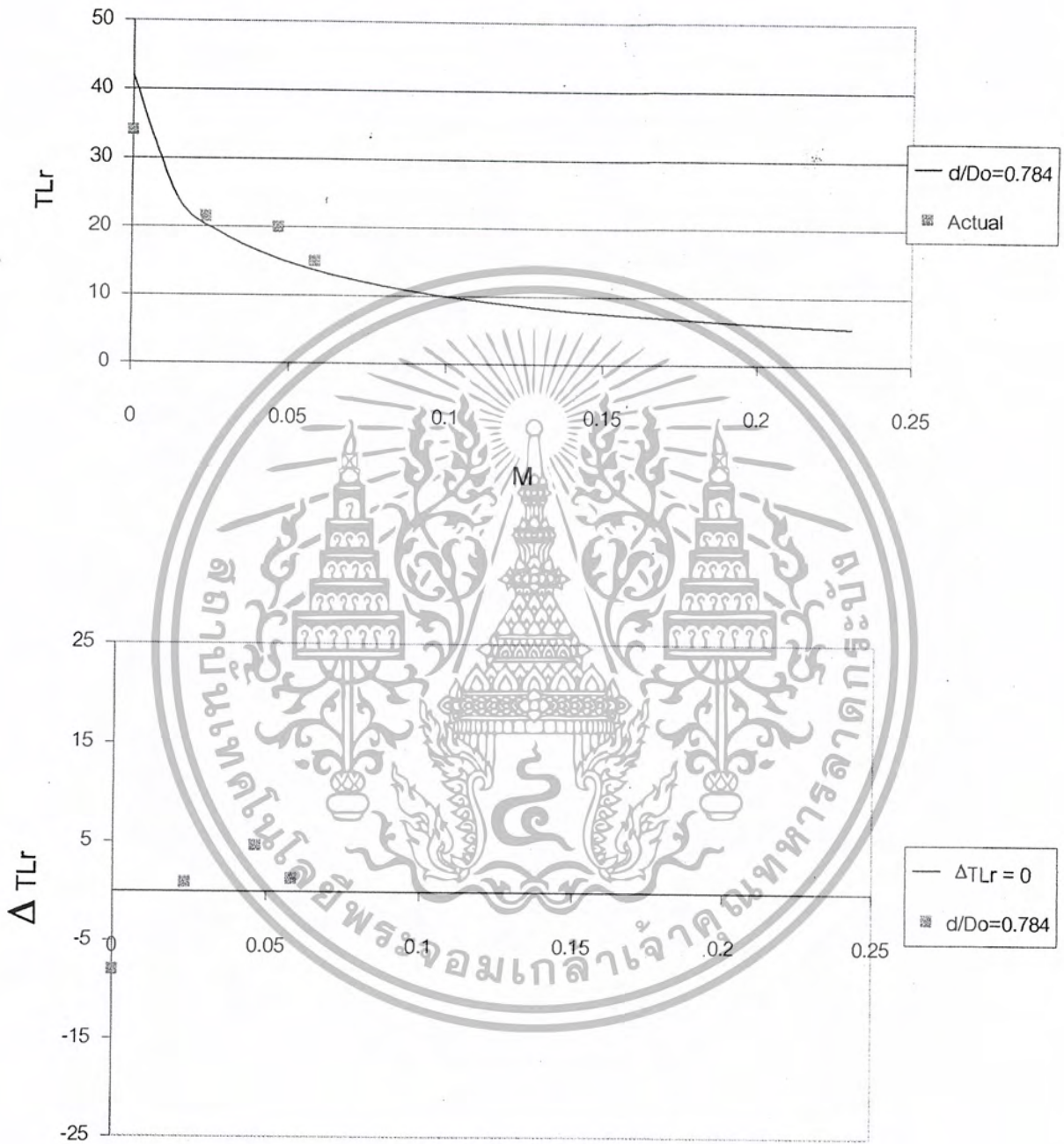


M

**รูปที่ C46. Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=2.8355 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=362.5 \text{ Hz}$$

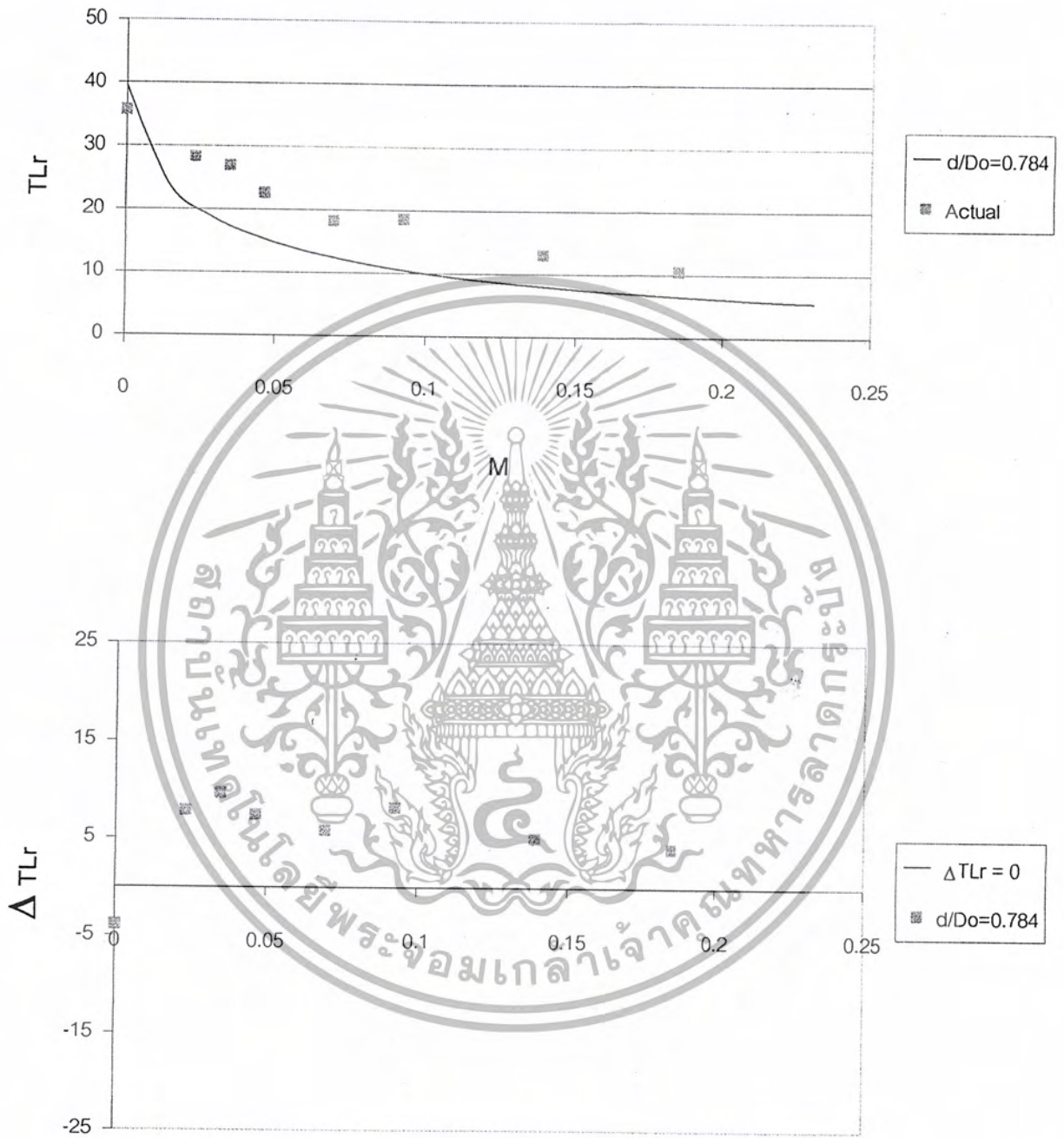


M

**รูปที่ C47 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=3.7549 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=302 \text{ Hz}$

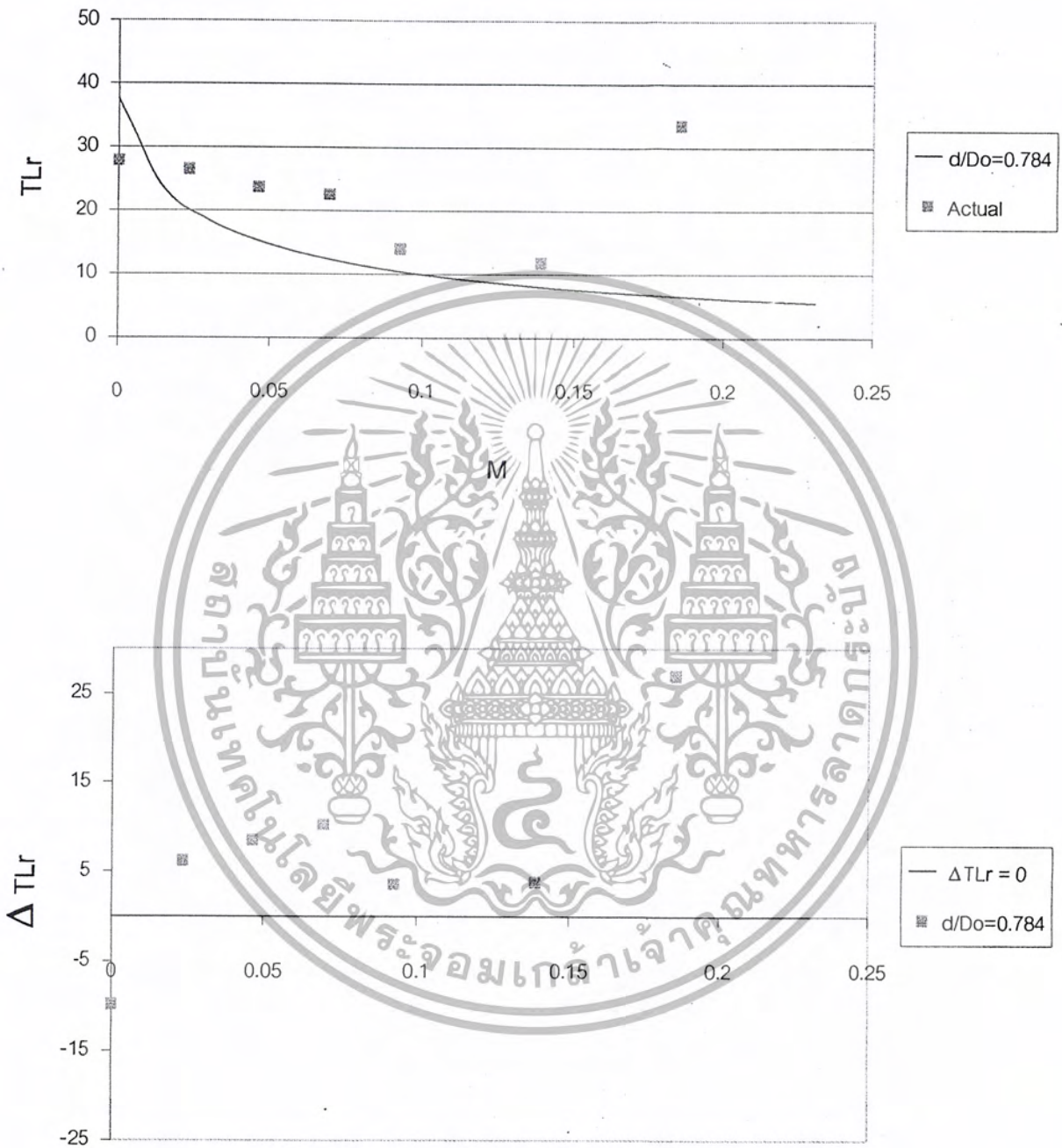


M

**รูปที่ C48 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.5 \quad Rr/Zo=4.6628 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=261 \text{ Hz}$$

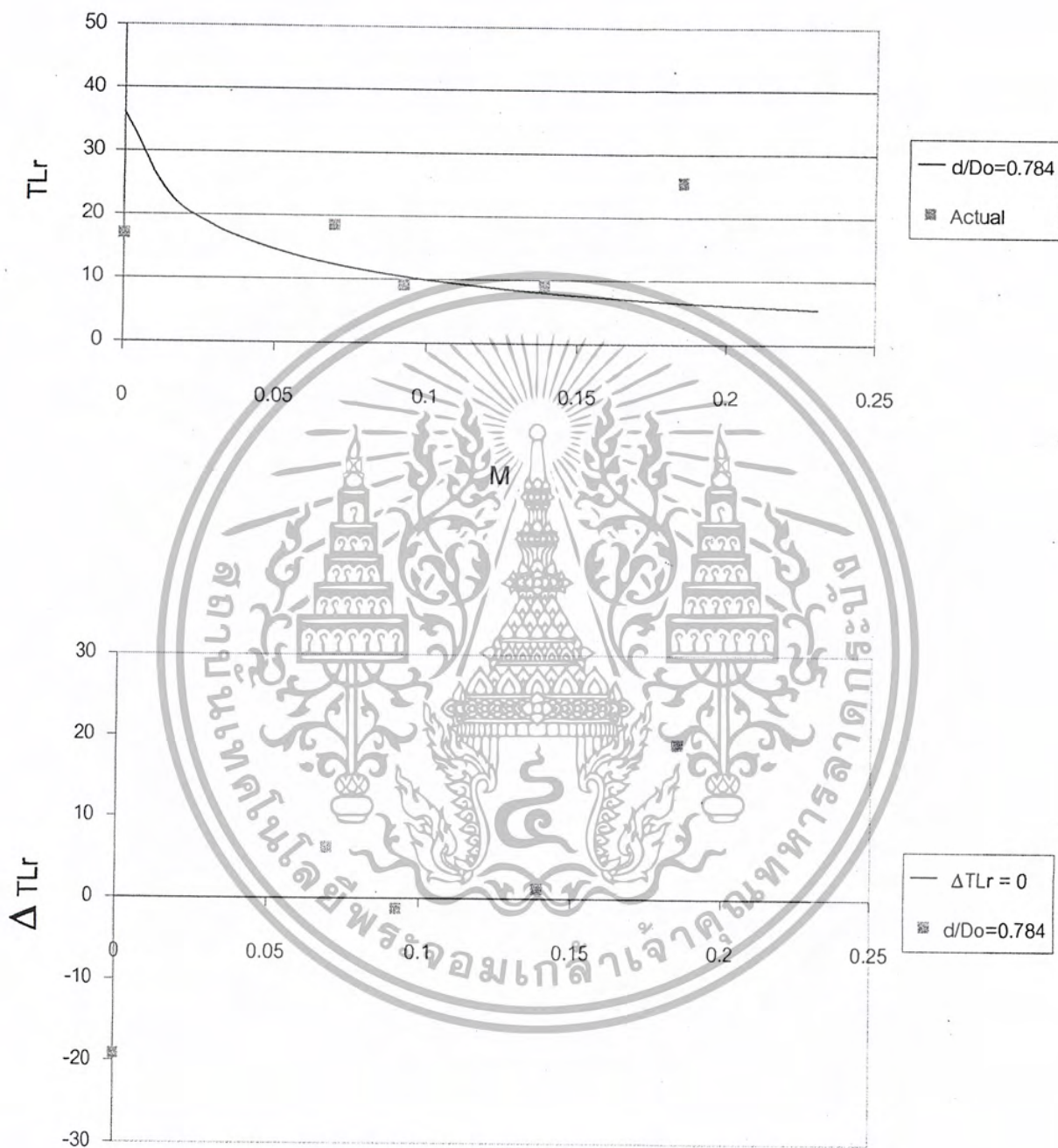


M

**รูปที่ C49 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

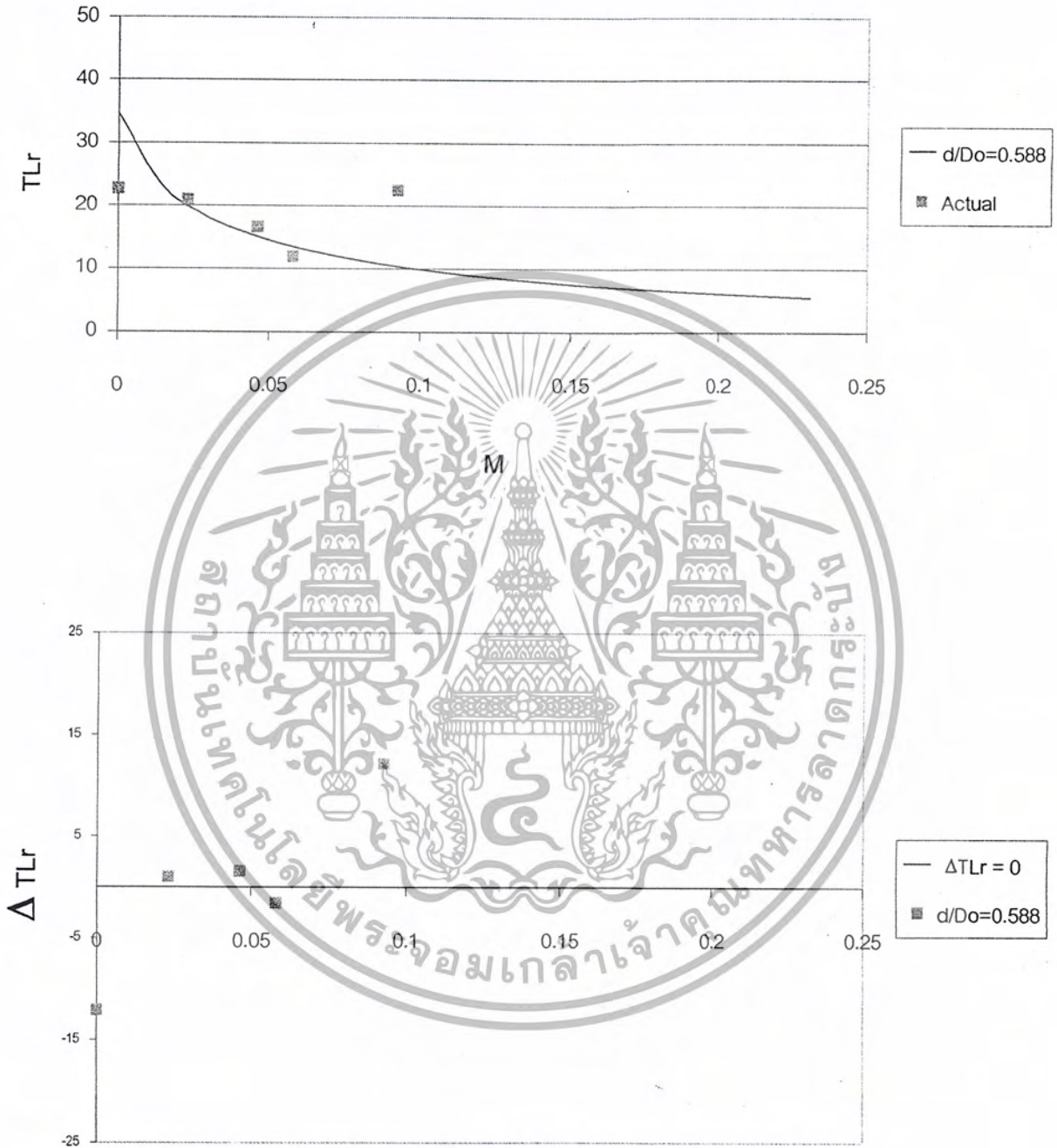
$$l/d=2.0 \quad Rr/Zo=5.5719 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=232 \text{ Hz}$$



M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ CS0 Resonance Performance (Square duct)  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=0.667 \quad Rr/Zo=6.5434 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=525 \text{ Hz}$$

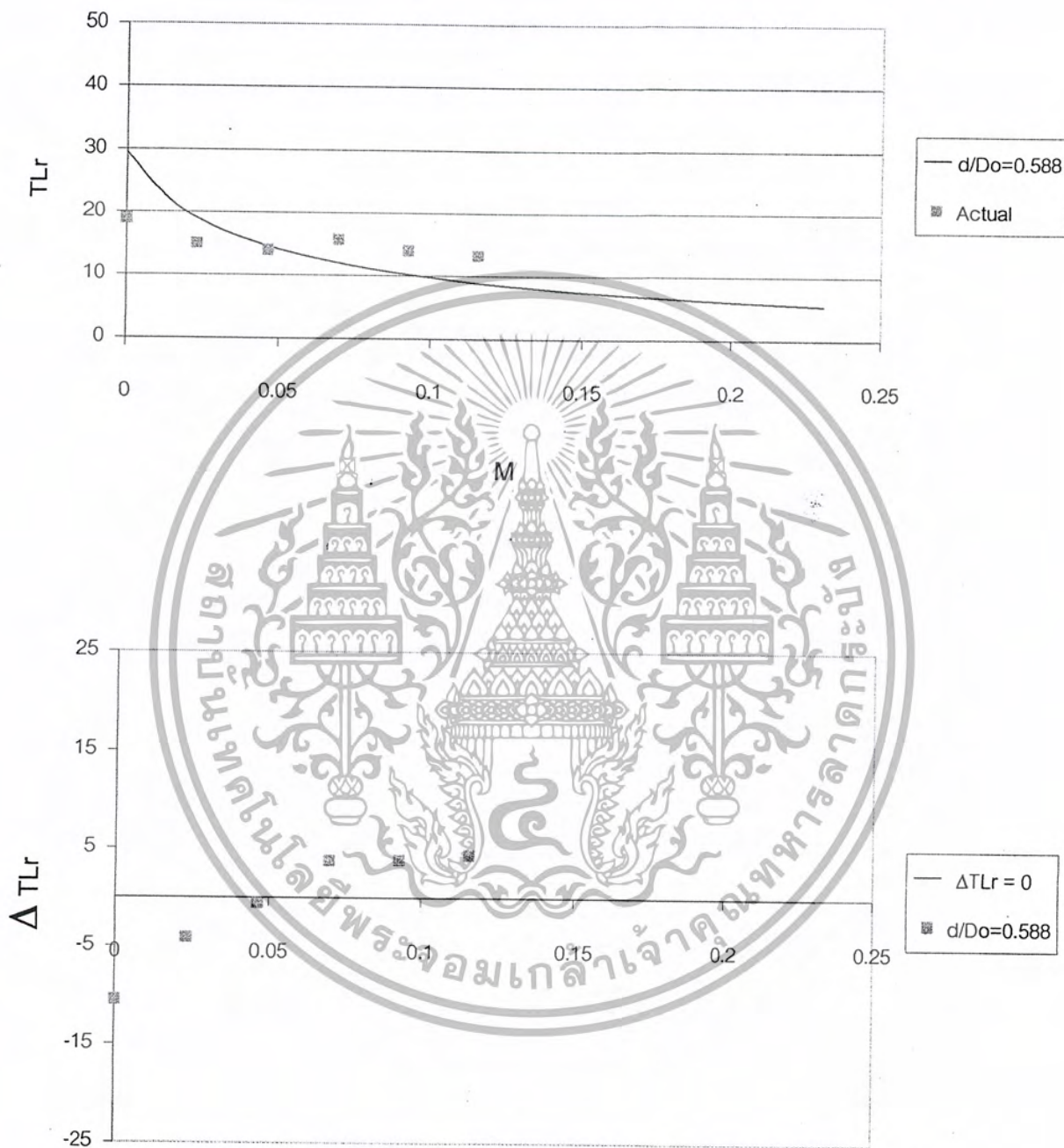


M

**รูปที่ C51 Resonance Performance (Square duct)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=2.0 \quad Rr/Zo=12.1405 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=347.5 \text{ Hz}$$



M

**รูปที่ C52 Resonance Performance (Square duct)**

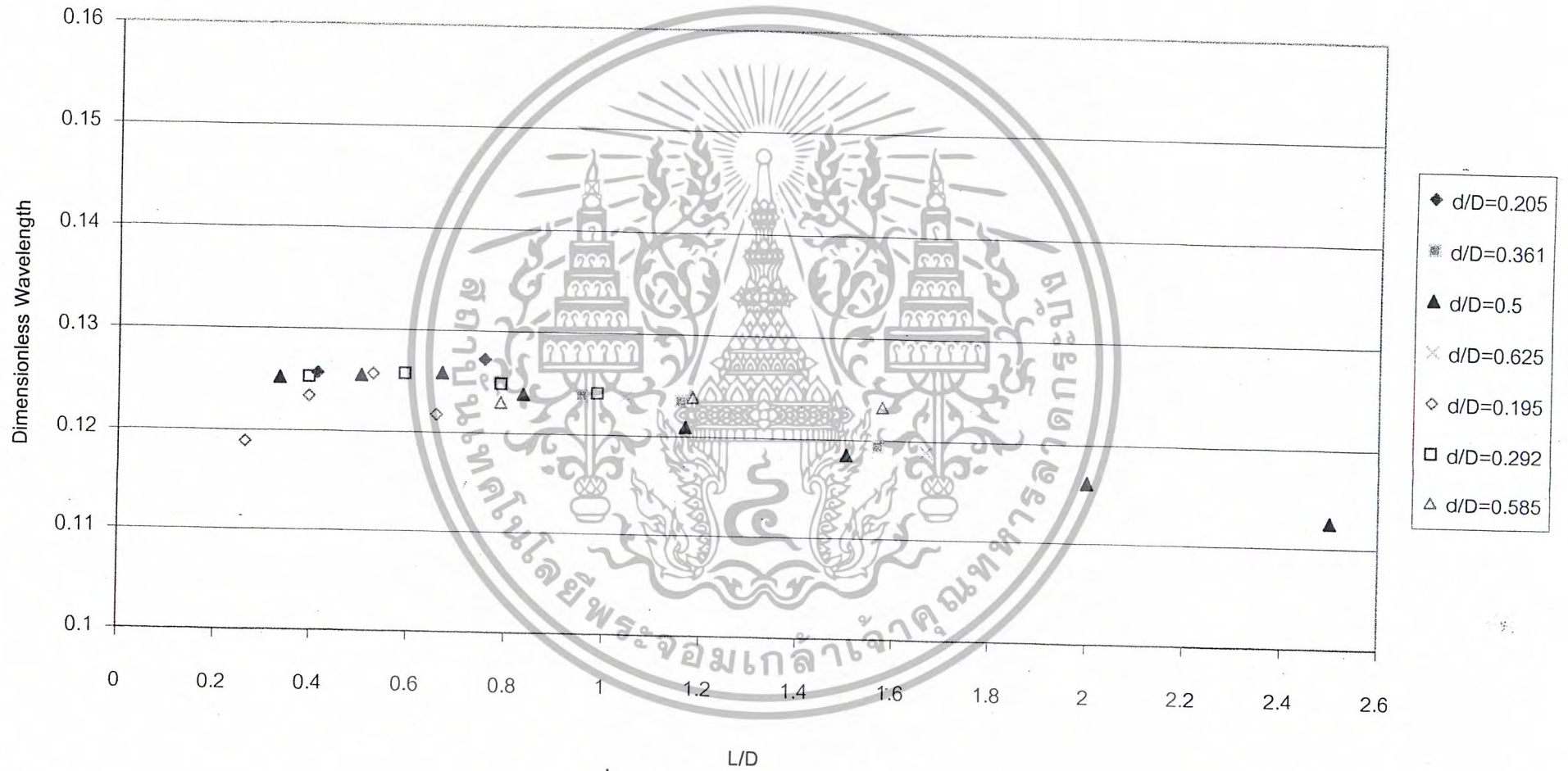
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Res. Tc	C (m/s)	U (m/s)	M	Dd (m)	m	So (m <sup>2</sup> )	Do (m)	d (m)	S (m <sup>2</sup> )	l (m)	dDo	I/d	D (m)	L (m)	dD	LD	V (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	f (Hz)	$\lambda_c$ (m)	$\frac{1}{\lambda_c} \sqrt{\frac{P}{2}}$	h (m)	$\Delta h$ (m)	hd	M/d, $\beta$	$\frac{M/D_0}{\beta \sqrt{I D_0}}$	$\frac{1}{\sqrt{S}} \sqrt{\frac{P}{I D_0}}$	$\frac{ R/Z _L}{10^3}$	$\Gamma_{LHC}$	$\Gamma_{LHM}$	$\Delta \Gamma_L$
1	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.160	0.381	1.524	1.38474	247.5	1.400	0.133	0.0451	0.0251	1.127	0.622	0.522	3.434	2.057	44.741	36.80	-7.941
2	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.115	0.381	1.056	0.98528	300.0	1.466	0.137	0.0427	0.0222	1.086	0.627	0.473	2.991	2.057	44.741	36.80	-9.704
3	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.117	0.381	1.059	0.93040	310.0	1.117	0.137	0.0423	0.0223	1.082	0.626	0.473	2.991	2.146	44.741	36.80	-9.778
4	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.109	0.381	1.059	0.93040	330.0	1.151	0.137	0.0424	0.0224	1.059	0.629	0.468	2.991	2.232	44.746	35.40	-10.301
5	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.084	0.381	0.860	0.72899	352.5	0.924	0.140	0.0408	0.0208	1.021	0.631	0.468	2.867	2.307	43.706	31.30	-12.446
6	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.071	0.381	0.656	0.54448	380.0	0.808	0.140	0.0408	0.0208	1.021	0.631	0.424	2.404	2.339	43.629	33.20	-8.429
7	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.062	0.381	0.550	0.55529	420.0	0.766	0.139	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	2.204	2.339	43.629	36.50	-8.633
8	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.052	0.381	0.467	0.46199	470.0	0.706	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.988	2.339	43.629	38.50	-8.833
9	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.045	0.381	0.381	0.38199	530.0	0.636	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.798	2.339	43.629	40.50	-9.033
10	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.034	0.381	0.324	0.32499	600.0	0.569	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.638	2.339	43.629	42.50	-9.233
11	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	700.0	0.494	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.504	2.339	43.629	44.50	-9.433
12	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	800.0	0.433	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.392	2.339	43.629	46.50	-9.633
13	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	900.0	0.381	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.304	2.339	43.629	48.50	-9.833
14	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1000.0	0.324	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.232	2.339	43.629	50.50	-10.033
15	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1100.0	0.267	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.176	2.339	43.629	52.50	-10.233
16	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1200.0	0.219	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.130	2.339	43.629	54.50	-10.433
17	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1300.0	0.176	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.091	2.339	43.629	56.50	-10.633
18	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1400.0	0.138	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.058	2.339	43.629	58.50	-10.833
19	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1500.0	0.105	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.030	2.339	43.629	60.50	-11.033
20	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1600.0	0.076	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	1.007	2.339	43.629	62.50	-11.233
21	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1700.0	0.050	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.988	2.339	43.629	64.50	-11.433
22	346.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1800.0	0.033	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.971	2.339	43.629	66.50	-11.633
23	347.0	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	1900.0	0.020	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.956	2.339	43.629	68.50	-11.833
24	347.2	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2000.0	0.012	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.942	2.339	43.629	70.50	-12.033
25	347.5	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2100.0	0.008	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.929	2.339	43.629	72.50	-12.233
26	347.0	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2200.0	0.005	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.917	2.339	43.629	74.50	-12.433
27	347.0	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2300.0	0.003	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.906	2.339	43.629	76.50	-12.633
28	347.0	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2400.0	0.002	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.896	2.339	43.629	78.50	-12.833
29	347.0	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2500.0	0.001	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.887	2.339	43.629	80.50	-13.033
30	346.1	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2600.0	0.001	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.879	2.339	43.629	82.50	-13.233
31	346.9	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2700.0	0.001	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.872	2.339	43.629	84.50	-13.433
32	346.8	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2800.0	0.001	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.866	2.339	43.629	86.50	-13.633
33	345.7	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	2900.0	0.001	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.861	2.339	43.629	88.50	-13.833
34	345.8	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	3000.0	0.001	0.138	0.0411	0.0211	1.012	0.632	0.424	0.857	2.339	43.629	90.50	-14.033
35	345.8	0	0	0.048	1	0.00181	0.048	0.040	0.00126	0.020	0.833	0.500	0.105	0.022	0.381	0.267	0.26799	3100.0	0.001	0.138	0.0411									

Res. No	C (m/s)	U (m/s)	M	Dd (m)	m	So (m <sup>2</sup> )	De (m)	d (m)	S (m <sup>2</sup> )	(m)	dDo	l/d	D (m)	L (m)	dD	LD	V (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	t (hr)	z <sub>0</sub> (m)	$\frac{1}{\sqrt{z_0}}$	h (m)	Δ(h)	h/d	Δl/d	β	M/D <sub>0</sub>	$\frac{1}{S_0 \sqrt{L}}$	$\frac{\sqrt{S_0}}{10^3}$	TL <sub>hc</sub>	TL <sub>hm</sub>	ΔTL
1	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	0.787	0.08103	8150	0.428	1.123	0.0391	0.0191	1315	0.641	0.230	0.222	23.617	23.914	16.46	-7.44	
2	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	1.181	0.12165	6710	0.316	1.124	0.0389	0.0185	1297	0.624	0.223	0.213	23.617	23.914	20.85	-3.90	
3	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	1.375	0.10720	5770	0.269	1.123	0.0385	0.0185	1287	0.624	0.228	0.213	23.617	23.914	17.78	-6.90	
4	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	1.575	0.09240	5000	0.234	1.122	0.0384	0.0177	1268	0.594	0.233	0.213	23.617	23.914	14.23	-12.80	
5	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	1.785	0.08110	4400	0.204	1.121	0.0383	0.0174	1239	0.556	0.238	0.213	23.617	23.914	20.90	-7.03	
6	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	1.995	0.07220	3800	0.183	1.120	0.0382	0.0179	1226	0.603	0.241	0.216	23.617	23.914	16.18	-12.27	
7	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	2.205	0.06530	3200	0.163	1.119	0.0381	0.0184	1208	0.633	0.244	0.221	23.617	23.914	18.21	-9.51	
8	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	2.415	0.06020	2600	0.148	1.118	0.0380	0.0192	1188	0.663	0.247	0.226	23.617	23.914	14.16	-13.83	
9	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	2.625	0.05610	2000	0.136	1.117	0.0379	0.0204	1168	0.693	0.250	0.231	23.617	23.914	10.77	-16.08	
10	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	2.835	0.05290	1500	0.126	1.116	0.0378	0.0219	1148	0.723	0.253	0.236	23.617	23.914	7.22	-18.25	
11	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	3.045	0.05060	1000	0.118	1.115	0.0377	0.0237	1128	0.753	0.256	0.241	23.617	23.914	4.54	-20.42	
12	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	3.255	0.04910	750	0.112	1.114	0.0376	0.0258	1108	0.783	0.259	0.246	23.617	23.914	2.72	-22.59	
13	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	3.465	0.04820	500	0.107	1.113	0.0375	0.0282	1088	0.813	0.262	0.251	23.617	23.914	1.52	-24.76	
14	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	3.675	0.04780	250	0.103	1.112	0.0374	0.0309	1068	0.843	0.265	0.256	23.617	23.914	0.71	-26.93	
15	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	3.885	0.04750	100	0.100	1.111	0.0373	0.0340	1048	0.873	0.268	0.261	23.617	23.914	0.30	-29.10	
16	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	4.095	0.04730	50	0.097	1.110	0.0372	0.0375	1028	0.903	0.271	0.266	23.617	23.914	0.09	-31.27	
17	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	4.305	0.04720	25	0.095	1.109	0.0371	0.0415	1008	0.933	0.274	0.271	23.617	23.914	0.02	-33.44	
18	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	4.515	0.04720	12.5	0.094	1.108	0.0370	0.0460	988	0.963	0.277	0.276	23.617	23.914	0.00	-35.61	
19	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	4.725	0.04730	6.25	0.093	1.107	0.0369	0.0510	968	0.993	0.280	0.281	23.617	23.914	0.00	-37.78	
20	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	4.935	0.04750	3.125	0.092	1.106	0.0368	0.0565	948	1.023	0.283	0.286	23.617	23.914	0.00	-39.95	
21	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	5.145	0.04780	1.5625	0.091	1.105	0.0367	0.0625	928	1.053	0.286	0.289	23.617	23.914	0.00	-42.12	
22	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	5.355	0.04820	0.78125	0.090	1.104	0.0366	0.0690	908	1.083	0.289	0.292	23.617	23.914	0.00	-44.29	
23	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	5.565	0.04870	0.390625	0.089	1.103	0.0365	0.0760	888	1.113	0.292	0.295	23.617	23.914	0.00	-46.46	
24	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	5.775	0.04930	0.1953125	0.088	1.102	0.0364	0.0835	868	1.143	0.295	0.298	23.617	23.914	0.00	-48.63	
25	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	5.985	0.04990	0.09765625	0.087	1.101	0.0363	0.0915	848	1.173	0.298	0.301	23.617	23.914	0.00	-50.80	
26	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	6.195	0.05060	0.0490625	0.086	1.100	0.0362	0.0995	828	1.203	0.301	0.304	23.617	23.914	0.00	-52.97	
27	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	6.405	0.05140	0.02453125	0.085	1.099	0.0361	0.1080	808	1.233	0.304	0.307	23.617	23.914	0.00	-55.14	
28	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	6.615	0.05220	0.012265625	0.084	1.098	0.0360	0.1170	788	1.263	0.307	0.310	23.617	23.914	0.00	-57.31	
29	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	6.825	0.05310	0.00613125	0.083	1.097	0.0359	0.1265	768	1.293	0.310	0.313	23.617	23.914	0.00	-59.48	
30	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	7.035	0.05400	0.003065625	0.082	1.096	0.0358	0.1365	748	1.323	0.313	0.316	23.617	23.914	0.00	-61.65	
31	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	7.245	0.05490	0.00153125	0.081	1.095	0.0357	0.1470	728	1.353	0.316	0.319	23.617	23.914	0.00	-63.82	
32	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	7.455	0.05580	0.000765625	0.080	1.094	0.0356	0.1580	708	1.383	0.319	0.322	23.617	23.914	0.00	-65.99	
33	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	7.665	0.05670	0.0003828125	0.079	1.093	0.0355	0.1695	688	1.413	0.322	0.325	23.617	23.914	0.00	-68.16	
34	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	7.875	0.05760	0.00019140625	0.078	1.092	0.0354	0.1815	668	1.443	0.325	0.328	23.617	23.914	0.00	-70.33	
35	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	8.085	0.05850	0.000095703125	0.077	1.091	0.0353	0.1940	648	1.473	0.328	0.331	23.617	23.914	0.00	-72.50	
36	346.0	0	0	0.083	1	0.00541	0.083	0.0297	0.00069	0.020	0.358	0.673	0.0508	0.040	0.886	8.295	0.05940	0.0000478515625	0.076	1.090	0.0352	0.2070	628	1.503	0.331	0.334	23.617	23.914	0.00	-74.67	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญ่ขาดไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tc-Kc  $d/D_o=0.625, 0.358$   $l/d=0.67$



รูปที่ C53 Open-end correction (Circular duct)

Tc-Kc  $d/Do=0.417, 0.358$   $l/d=1.0$



รูปที่ C54 Open-end correction (Circular duct)

Tc p72 d/Do=0.833, l/d=0.5



รูปที่ C55 Open-end correction (Circular duct)

$d/D=0.625, l/d=0.667$



รูปที่ C56 Open-end correction (Circular duct)

Tc p73  $d/D_o=0.417, l/d=1$



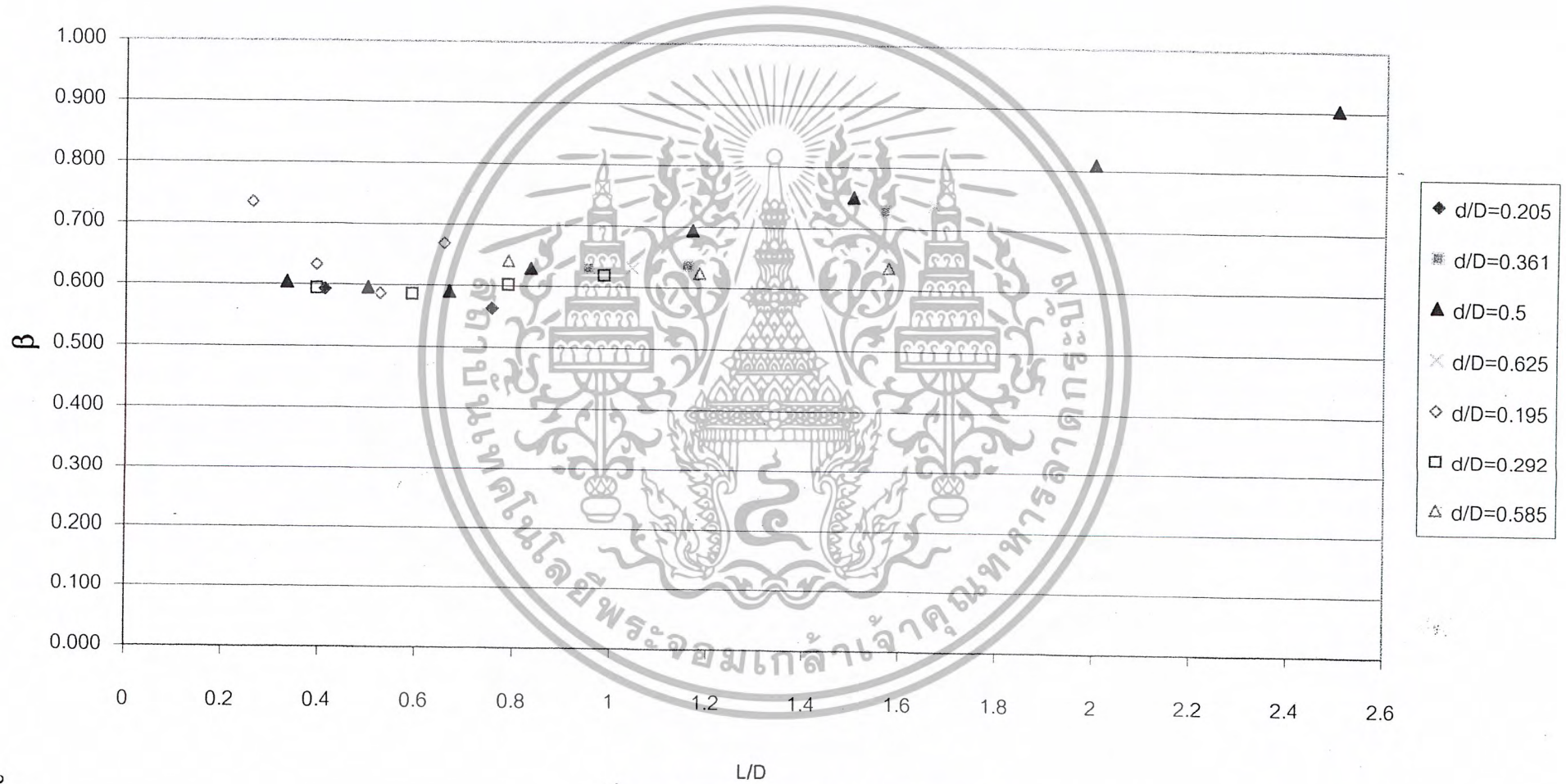
รูปที่ C57 Open-end correction (Circular duct)

$K_c \ d/D_o=0.358 \ l/d=0.842$



รูปที่ C58 Open-end correction (Circular duct)

Tc-Kc  $d/Do=0.625, 0.358$   $l/d=0.67$



รูปที่ C59 Open-end correction (Circular duct)

Tc-Kc d/Do=0.417,0.358 l/d=1.0



รูปที่ C60 Open-end correction (Circular duct)

Tc p72 d/Do=0.833, l/d=0.5



รูปที่ C61 Open-end correction (Circular duct)

$d/D_o=0.625, l/d=0.667$



รูปที่ C62 Open-end correction (Circular duct)

Tc p73 d/Do=0.417,l/d=1



รูปที่ C63 Open-end correction (Circular duct)

$K_c d/Do=0.358$   $l/d=0.842$



รูปที่ C64 Open-end correction (Circular duct)

Open - end correction  $\beta_1$  (Circular Duct)



รูปที่ C65 Open-end correction Region 1 (Circular duct)

Open - end correction  $\beta_2$  (Circular Duct)  $l/d=0.5-0.667$



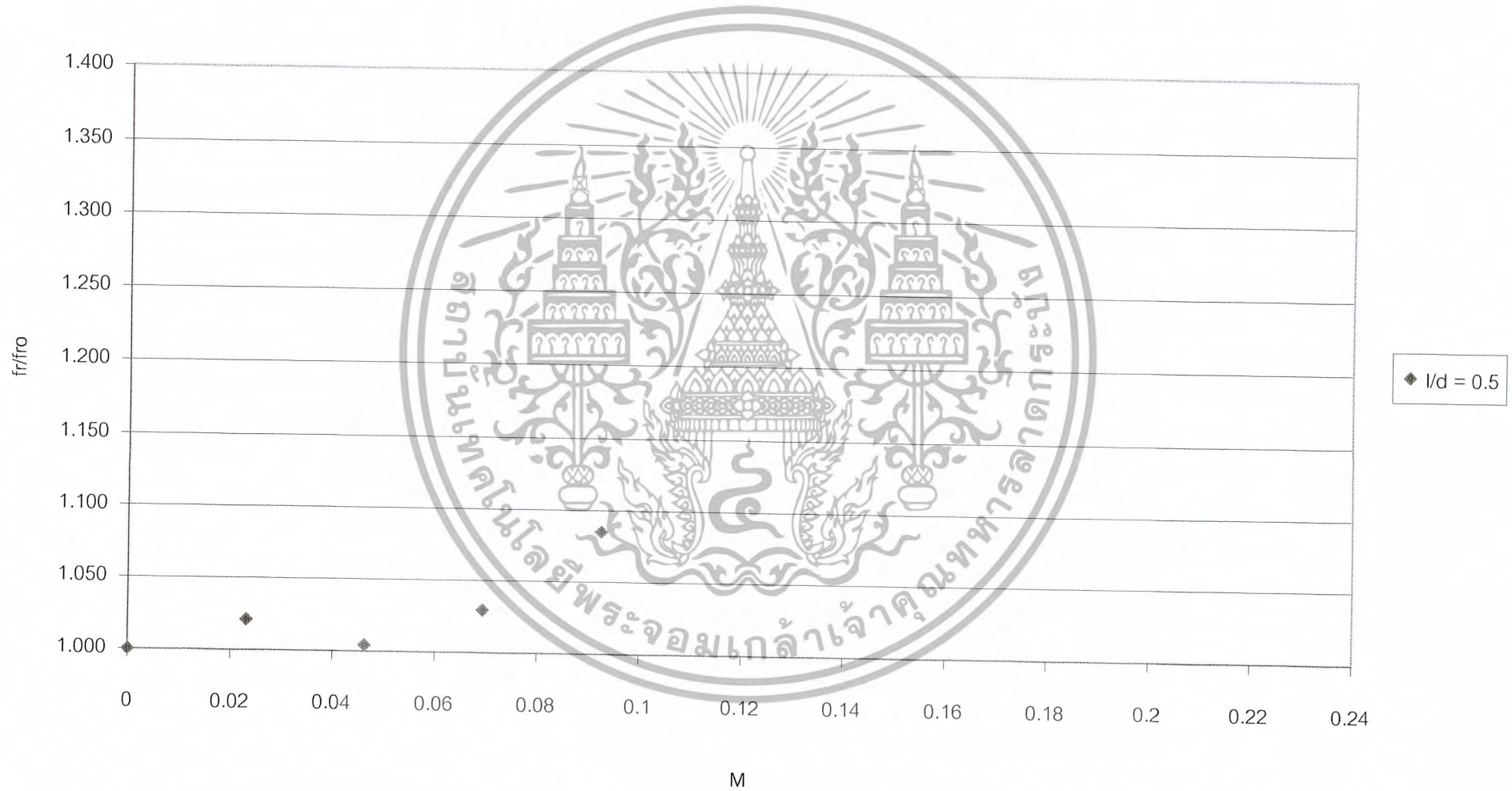
รูปที่ C66 Open-end correction Region 2 (Circular duct)

fro=317.5 Hz



รูปที่ C67 Frequency Characteristics (Circular duct)

fro = 590 Hz



รูปที่ C68 Frequency Characteristics (Circular duct)

$l/d=0.5$



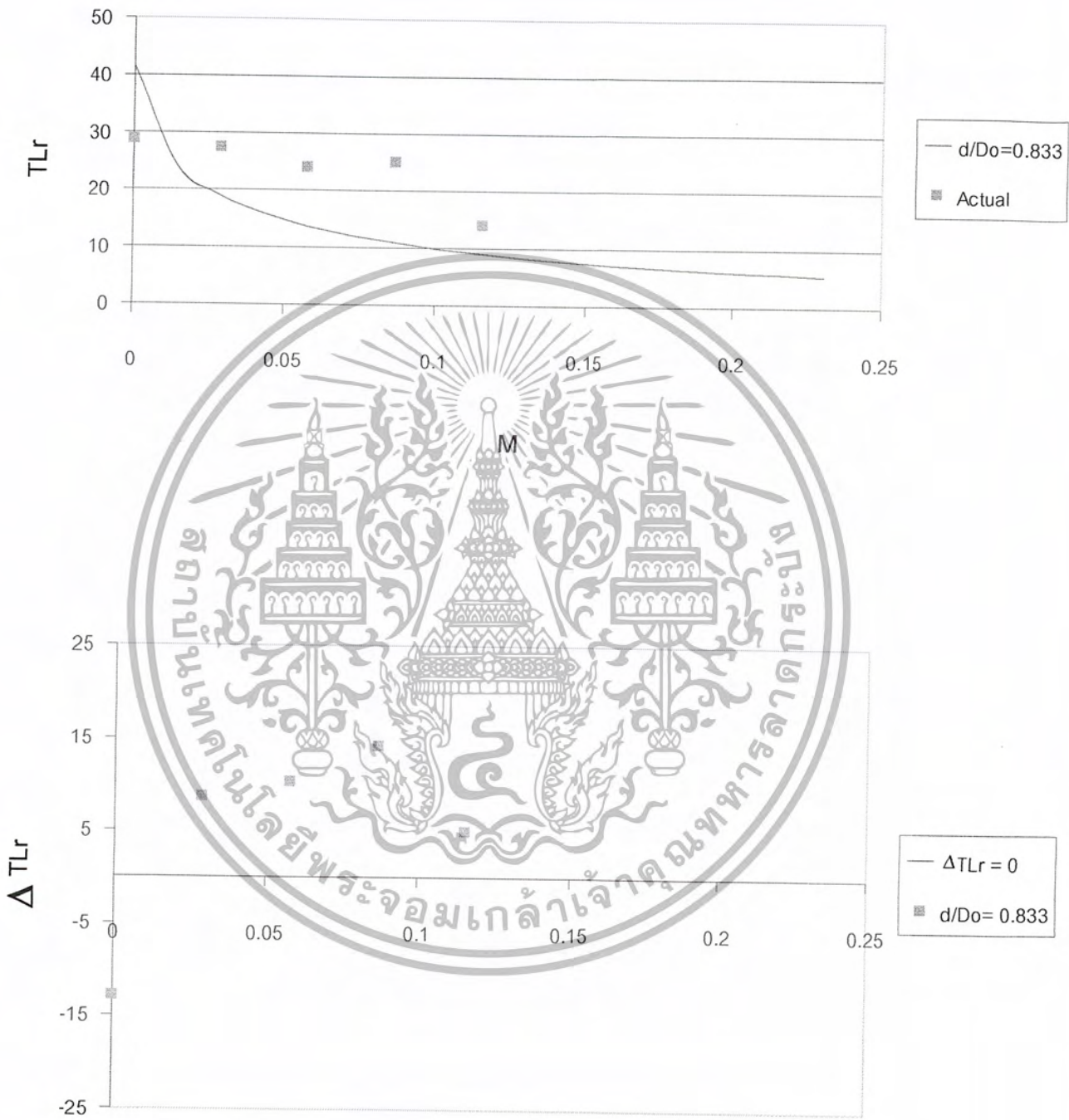
รูปที่ C69 Frequency Characteristics (Circular duct)

$l/d = 1.0$



รูปที่ C70 Frequency Characteristics (Circular duct)

$l/d=0.5 \quad Rr/Zo=2.972 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=590 \text{ Hz}$

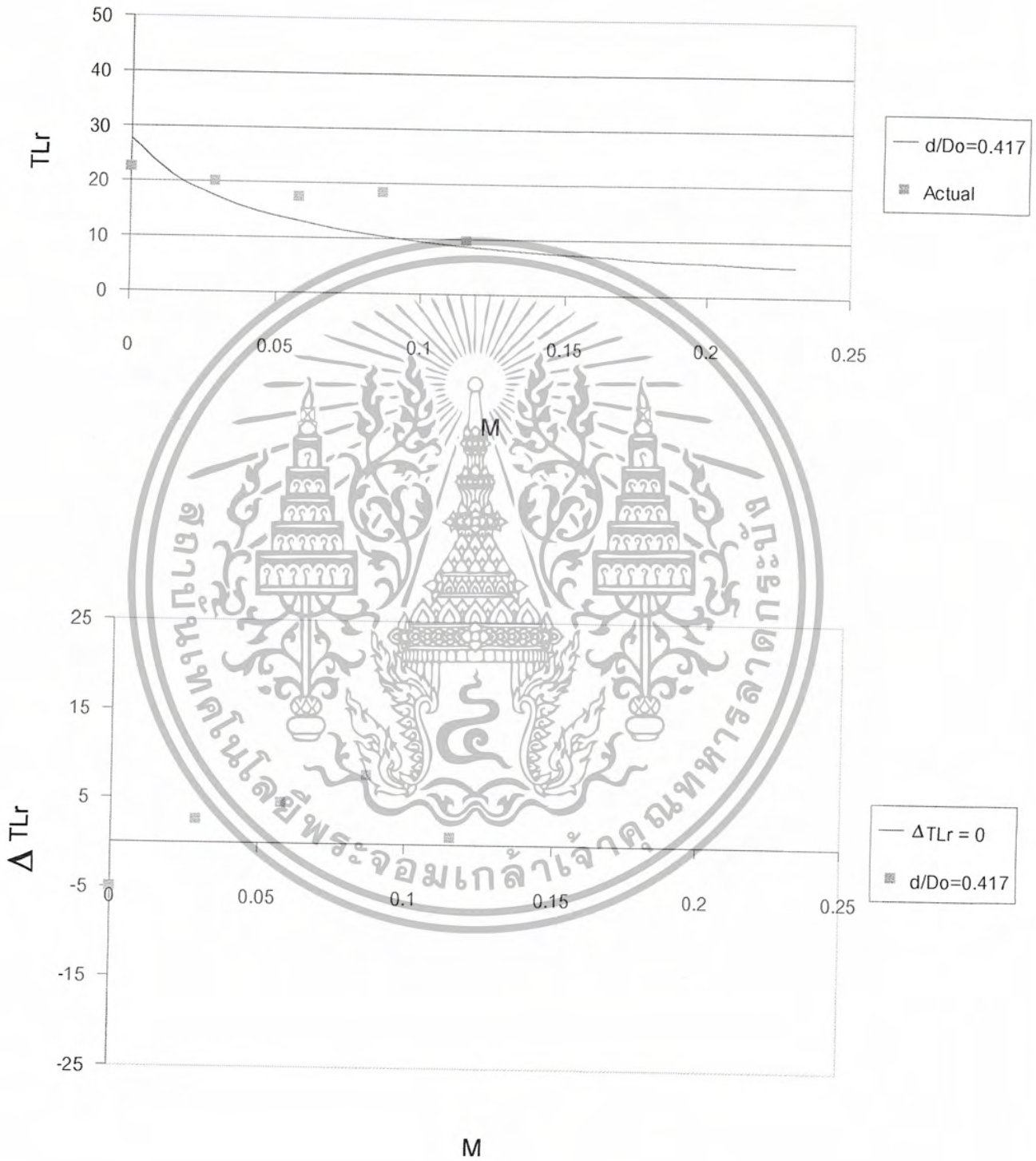


M

รูปที่ C71 Resonance Performance (Circular duct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น กรุณาอย่าได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l/d=1.0 \quad Rr/Zo=15.055 \times 10^{-3} \quad f_{ro}=317.5 \text{ Hz}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สวทช.) กรุณาให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้