

หน่วยที่ 10 การควบคุมเสียง

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ เกิดเป็นเสียงที่คนเราได้ยิน (ซึ่งเป็นเสียงที่อยู่ในช่วงความถี่ 20-20,000 เฮิรตซ์) ขอให้พิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้จะแหล่งหรือต้นกำเนิดเสียง

1. พื้นผิวที่สั่นสะเทือน เช่น แผงหรือแผ่น (panel) ไม่ว่าจะเป็ไม้หรือโลหะก็ตาม
2. การกระทบทางกล (mechanical impact) เช่น การบีบโลหะ
3. การเคลื่อนไหวนหรือการสั่นของก๊าซ (pulsating gas flows) เช่น กรณีของก๊าซที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์ (reciprocating engines)
4. การอัดและการขยายตัวของตัวกลางที่อยู่รอบๆ ที่เกิดจากการทำงาน เช่น การทำงานของฟันเกียร์ การหมุนของใบมีดผ่านวัตถุที่อยู่กับที่
5. การไหลของอากาศรอบๆ สิ่งกีดขวางหรือบนพื้นผิวต่างๆ เช่น อากาศที่ไหลผ่านลูกกรงตาข่าย โครงครอบ หรือกรณีปีกเครื่องบิน

ตารางสำเร็จรูปที่ใช้ในการรวมเสียง

ค่าความแตกต่างระหว่าง ระดับเสียงทั้งสอง (เดซิเบล)	ตัวเลขที่จะนำไปรวมกับ ระดับเสียงที่ดังกว่า (เดซิเบล)
0	3.0
1	2.6
2	2.1
3	1.8
4	1.4
5	1.2
6	1.0
7	0.8
8	0.6
9	0.5
10	0.4
11	0.3
12	0.2

ตัวอย่างที่ 1 เครื่องจักร A มีเสียงดัง 82 เดซิเบล (เอ) เครื่องจักร B มีเสียงดัง 92 เดซิเบล (เอ)

ผลรวมของระดับเสียงจากเครื่องจักรทั้งสองมีค่าเท่าใด

- วิธีทำ**
1. นำค่าระดับเสียงทั้งสองมาลบกัน $82 - 92$ (ไม่คิดเครื่องหมายติดลบ)
 2. ผลลัพธ์ที่ได้คือ 10 เมื่อดูตารางที่ 10.1 จะพบว่าค่าที่จะนำไปรวมกับเสียงที่ดังกว่าคือค่า 0.4
 3. นำค่า 0.4 ไปรวมกับระดับเสียงที่ดังกว่า $92 + 0.4$
 4. ผลรวมที่ได้คือ 92.4 นั่นคือ ผลรวมของเสียงทั้งสองเท่ากับ 92.4 หรือคือ 92 นั่นเอง (คือปัดเศษลง)

ตัวอย่างที่ 2 เครื่องจักร ข เมื่อเปิดพร้อมเครื่องจักร ค เสียงจะดังเท่ากับเท่าใด

- วิธีทำ
1. นำค่าระดับเสียงทั้งสองมาลบกัน $89 - 88 = 1$
 2. ผลลัพธ์ที่ได้คือ 1 เมื่อดูตารางที่ 10.1 จะพบว่าค่าที่จะนำไปรวมกับเสียงที่ดังกว่าคือ ค่า 2.6
 3. นำค่า 2.6 ไปรวมกับระดับเสียงที่ดังกว่า $89 + 2.6$
 4. ผลรวมที่ได้คือ 91.6 นั่นคือ ผลรวมของเสียงทั้งสองเท่ากับ 91.6 หรือคือ 92 นั่นเอง (คือปัดเศษขึ้น)

ในห้องทำงานที่มี 3 เครื่องจักรที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียง วัดเสียงได้เท่ากับ 85,80 และ 100 เดซิเบล (เอ) ตามลำดับ ถ้าต้องการควบคุมเสียงที่เครื่องจักร จะเลือกทำการควบคุมที่เครื่องจักรตัวใด เพราะเหตุใด

ต้องเลือกทำการควบคุมที่เครื่องจักรตัวที่ทำให้เกิดเสียงดัง 100 เดซิเบล (เอ) เพราะมีเสียงดังกว่าเครื่องอื่นเกิน 10 เดซิเบล (หากทำการควบคุมที่เครื่องอื่นจะไม่มีประโยชน์เพราะผลรวมของเสียงจะยังคงเท่ากับ 100 เดซิเบล (เอ))

เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงจะเดินทางด้วย 3 เส้นทาง ดังนี้

1. เส้นทางโดยตรงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้สัมผัสเสียง เรียกเสียงที่เดินทางในเส้นทางนี้ว่าเสียงตรง (direct noise) หรือเสียงผ่านอากาศ (airborne noise)
2. เส้นทางที่เสียงเดินทางผ่าน โครงสร้างต่างๆ เช่น พื้น ท่อ ไปยังผู้สัมผัสเสียง เรียกเสียงในเส้นทางนี้ว่า structure-borne noise หรือถ้าเป็นการเดินทางทางพื้น จะเรียกเป็น ground - borne noise
3. เส้นทางที่มาจากการสะท้อนของเสียงที่ผนัง พื้น เพดาน แล้วเดินทางผ่านอากาศไปยังผู้สัมผัสเสียง เรียกเสียงในเส้นทางนี้ว่า เสียงสะท้อน (reverberant or reflected noise)

ในการพิจารณากำหนดวิธีการควบคุมเสียง นิยมที่จะพิจารณาใน 3 จุด เรียงตามลำดับความสำคัญ ดังนี้

1. การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง (control at source)
2. การควบคุมที่ทางผ่านของเสียง (control along sound transmission path)
3. การควบคุมที่ผู้สัมผัสเสียง (control at receiver)

วิธีการควบคุมเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียง ทางผ่าน และผู้สัมผัสเสียง

จุดที่จะทำการควบคุมเสียง	วิธีการควบคุมเสียง
แหล่งกำเนิดเสียง	ปรับปรุง (modify) ออกแบบใหม่ (redesign) จัดวางที่ใหม่ (relocate) บำรุงรักษา (maintenance)
ทางผ่านของเสียง - direct noise - structureborne noise	ปิดคลุม (enclosure) ดูดซับเสียง (absorption) ขวางกั้นเสียง (barrier) กั้นการสั่นสะเทือน (vibration isolation)

จุดที่จะทำการควบคุมเสียง	วิธีการควบคุมเสียง
ผู้สัมผัสเสียง	ปิดคลุม ดูดซับเสียง จัดที่ทำงานใหม่ สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเสียง (hearing protector)

ในห้องทำงานขนาดกว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 5 × 8 × 4 เมตร เมื่อติดตั้งเครื่องปั๊มโลหะขนาดใหญ่ไว้กลางห้อง จะทำให้เสียงที่เกิดขึ้นมีเส้นทางการเดินทางได้บ้าง และจะมีวิธีการควบคุมเสียง ณ แหล่งกำเนิดเสียงอะไรบ้าง

เสียงที่เกิดขึ้นจะมีเส้นทางการเดินทางผ่านอากาศไปยังผู้ปฏิบัติงานโดยตรง และขณะเดียวกันก็จะไปกระทบกับผนัง เพดาน แล้วสะท้อนกลับมายังผู้ปฏิบัติงาน ส่วนเส้นทางที่ 3 จะเดินทางผ่านไปตามโครงสร้าง ซึ่งในที่นี้คือ พื้น ไปยังผู้ปฏิบัติงาน
วิธีการควบคุมเสียง ณ แหล่งกำเนิดเสียง อาจทำได้โดยปรับปรุงและบำรุงรักษาเครื่องปั๊มโลหะ
การประเมินผลกระทบจากรอยแตกของแผ่นกั้นเสียง

ในการควบคุมเสียงด้วยการใช้ฉากกั้นเสียงหรือแผ่นกั้นเสียง (barrier) ประสิทธิภาพการกั้นเสียงของแผ่นดังกล่าวจะลดลงอย่างมาก หากเกิดช่อง รู รอยแยกหรือรอยแตกขึ้นที่แผ่นกั้นเสียงดังกล่าว หรือการติดตั้งแผ่นกั้นเสียงกับอาคาร (เช่น กรณีนำแผ่นดังกล่าวมากั้นระหว่างห้อง) ทำได้ไม่ดีคือ ไม่ประกบรอยต่อให้สนิท ปรากฏมีช่องว่างขึ้น จึงเป็นที่มาของการพิจารณาถึงเรื่องเสียงที่จะเล็ดลอดผ่านรอยแตกหรือช่องว่างดังกล่าว หรือที่เรียกเส้นทางนี้ว่า flanking paths และเสียงที่เดินทางตามโครงสร้าง (structure-borne noise)

flanking path เป็นเส้นทางการเดินทางของเสียงที่เคลื่อนที่จากด้านหนึ่งของแผ่นกั้นเสียงไปยังอีกด้านหนึ่งของฉากหรือแผ่นกั้นเสียงนั้น ผ่านทางรอยแตก ตลอดจนช่อง รู รอยแยกต่างๆ แต่ไม่ได้ผ่านวัสดุของแผ่นกั้นเสียงนั้นๆ ไปโดยตรง flanking path ยังหมายรวมถึงเส้นทางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน โครงสร้างอาคาร ไปยังบริเวณ

flanking effect คือผลที่เกิดขึ้นในเชิงการลดประสิทธิภาพของแผ่นกั้นเสียง อันเนื่องมาจากเกิดรอยแตก รอยแยก หรือรูขึ้นในแผ่นกั้นเสียง ทำให้เสียงสามารถเล็ดลอดผ่านออกไปได้ ยังมีรอยแตกมาก ยิ่งลดประสิทธิภาพของแผ่นกั้นเสียง

วัสดุดูดซับเสียง เป็นวัสดุที่จะเปลี่ยนพลังงานของเสียงที่มาตกกระทบให้เป็นพลังงานความร้อน ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสูงจะถือว่าสมบัติในการดูดซับได้ดี

แผ่นกั้นเสียง ถือว่าเป็นวัสดุที่นำมากั้นไม่ให้เสียงผ่านไปได้ จึงต้องมีสมบัติในเรื่องความหนาแน่นสูง ไม่มีรูพรุน กลไกการทำงานคือสะท้อนเสียงกลับไปยังทิศทางเดินทางของเสียง พลังงานเสียงที่ลดลงไปจะวัดเป็นค่า transmission loss หรือในทางปฏิบัตินิยมวัดเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการส่งผ่าน ค่าสัมประสิทธิ์นี้จะแปรผกผันกับค่า transmission loss แผ่นกั้นเสียงใดมีค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเท่ากับศูนย์ หมายความว่าแผ่นกั้นเสียงนั้นสามารถกั้นเสียงหรือสะท้อนเสียงได้ดีมาก

แผ่นกั้นเสียงที่ดีต้องมีเนื้อแน่น ไม่มีรูพรุน ไม่มีรอยแตก รอยแยก รู ฯลฯ มิฉะนั้นจะเกิดผลที่เรียกว่า Flanking path effect
วิธีการคำนวณค่า TL เริ่มแรกต้องคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของส่วนที่เป็นผนัง หน้าต่าง (ถ้ามี) และประตู (ถ้ามี) แล้วคำนวณเป็นค่ารวม จากนั้นจึงนำไปคำนวณค่า TL ต่อไป

ไซเรนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ลดพลังงานเสียงจากระบบปรับอากาศ ท่อไอเสียรถยนต์ หรือคอมเพรสเซอร์ ความสามารถในการลดเสียงเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงค่า Impedance และมีการติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงควบคู่ไปด้วย

ไซเรนเซอร์มี 2 ชนิด คือ ชนิด dissipative silencers ซึ่งทำงานโดยการสลายพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานความร้อน มีการใช้วัสดุดูดซับเสียงและการทำช่องเล็กๆ หรือการกระจายเสียงด้วย อีกชนิดคือ reactive silencers ซึ่งทำงานด้วยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด ทำให้ค่า impedance เปลี่ยนแปลงไปด้วย

วัสดุลดการสั่นสะเทือน สามารถลดเสียงลงได้เนื่องจากการติดตั้งไว้กับแหล่งกำเนิดเสียงที่สั่นสะเทือน เมื่อการสั่นสะเทือนลดลง ส่งผลทำให้ระดับเสียงลดลงด้วย เนื่องมาจากการสั่นสะเทือนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงทำให้เกิดเสียงดังขึ้น การใช้วัสดุลดการสั่นสะเทือนมาติดกับส่วนที่สั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียงก็จะช่วยลดเสียงดังที่จะเกิดขึ้น วัสดุที่นำมาใช้นี้มีทั้งชนิดที่ทำด้วยวัสดุเนื้อเดียวกัน กับชนิดที่นำวัสดุที่ให้ความยืดหยุ่นมาติดเข้ากับวัสดุที่มีความแข็งเพื่อทำเป็นผิวชั้นนอก เมื่อมีการยืดหยุ่นที่ดีก็จะลดการสั่นสะเทือนลงได้ดีด้วย

วัสดุที่จะนำมาใช้ลดหรือป้องกันการสั่นสะเทือนของพื้นผิวมี 2 ชนิด ดังนี้

1. ชนิดเนื้อวัสดุเป็นวัสดุเนื้อเดียวกันทั้งหมด (**homogeneous damping**) วัสดุชนิดนี้จะมีเพียงชั้นเดียว (single-layer) และถูกปิดคลุมหรือพันด้วยวัสดุที่มีค่า high-loss ปิดทับไว้ วัสดุที่มีค่า high-loss นี้ส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุจำพวกแอสฟัลติก (asphaltic) หรือพลาสติก

2. ชนิด **constrained-layer damping** วัสดุชนิดนี้ประกอบด้วย ชั้นที่มีความยืดหยุ่น (viscoelastic) ที่ทำชั้นนอก (outer retaining layers) ให้แข็ง (stiff) แต่ไม่หนา เช่น อลูมิเนียม หรือเหล็กกล้า โดยทั่วไปชั้น constrained และชั้นนอกนี้จะมีความหนาประมาณ 1/3 ของความหนาของแผง (panel)

วัสดุหรืออุปกรณ์กันสะเทือน อาจเป็นสปริง หรือแผ่นยาง หรือวัสดุอื่นใดที่ใช้ลดการส่งต่อ หรือส่งผ่านของพลังงานเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียงไปตามโครงสร้างของอาคาร

วัสดุกันสะเทือนที่มีใช้กันมี 3 ชนิด คือ

1. **ขดลวดสปริง** ที่อาจนำมารองใต้เครื่องจักร ทำให้การสัมผัสระหว่างเครื่องจักรกับพื้นอาคารมีน้อยลง หรืออาจนำมาใช้แขวนท่อต่างๆ
2. **แผ่นเส้นใยแก้วอัดแน่น** นิยมใช้รองที่เครื่องจักร
3. **แผ่นยางบีบอัด** ใช้รองเครื่องจักร เมื่อถูกกดก็จะรับแรงนั้นๆ แทนโครงสร้างอาคาร

1. การควบคุมเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียง เป็นเทคนิคที่แนะนำให้พิจารณาเป็นลำดับแรก และถ้าจะให้ผลในการควบคุมที่ดีควรใช้วิธีหรือเทคนิคด้านวิศวกรรม

2. การควบคุมเสียงที่ทางผ่าน เป็นการลดเสียงที่เคลื่อนที่ตรงไปยังผู้ปฏิบัติงาน และเสียงที่สะท้อนผนัง เพดาน แล้วเคลื่อนที่ต่อไปยังผู้ปฏิบัติงาน

3. การควบคุมเสียงที่ผู้ปฏิบัติงาน ถือเป็นเทคนิคที่จะเลือกนำมาใช้เมื่อการควบคุมเสียงที่แหล่งกำเนิดและทางผ่าน ได้ผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจ อาจทำได้โดยการทำให้ห้องเงียบให้ผู้ปฏิบัติ การหมุนเวียนทำงานในที่ที่มีเสียงดัง และการสวมใส่ที่อุดหูและที่ครอบหู

1. การควบคุมเสียงที่ผู้ปฏิบัติงานด้วยวิธีทางวิศวกรรม

2. การควบคุมเสียงที่ผู้ปฏิบัติงานด้วยวิธีการบริหารจัดการ

1. การหมุนเวียนทำงาน (job rotation)

2. การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันการได้ยิน

อุปกรณ์ป้องกันการได้ยิน (hearing protector device) ที่นิยมใช้ในโรงงานคือ ที่อุดหู (ear plug) และที่ครอบหู (Ear muff) แต่ละอุปกรณ์จะมีค่าความสามารถในการลดเสียง (noise attenuation) ซึ่งเรียกเป็นค่า Noise Reduction Rate (NRR)

กิจกรรม

กรณีช่างที่ทำงานในที่ที่มีเสียงดัง 100 เดซิเบล (เอ) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หากประสงค์จะให้หมุนเวียนทำงาน ต้องให้ช่างคนนี้ทำงานที่เดิมกี่ชั่วโมง และไปทำงานอื่นที่มีระดับเสียงดังเท่าใด และเป็นเวลาที่กี่ชั่วโมง

ตามตารางที่ 10.7 ค่าระดับเสียงดัง 100 เดซิเบล (เอ) สามารถสัมผัสได้นาน 2 ชั่วโมง ดังนั้นต้องให้ช่างคนนี้ทำงานที่เดิมได้นานที่สุดคือ 2 ชั่วโมง และอีก 6 ชั่วโมงที่แล้ว ก็ต้องไปทำงานในที่ที่มีเสียงดัง 80 เดซิเบล (เอ) หรือเบากว่า

หากทำตามที่แนะนำข้างต้น คำนวณค่า D ได้ดังนี้

$$D = [C1 + C2]100$$

$$T1 \quad T2$$

$$= [2 + 6]100$$

$$2 \quad 32$$

$$= 110.80\%$$

อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นไปได้ควรให้ไปทำงานที่ระดับเสียงเบาว่า 80 เดซิเบล (เอ)