ประสิทธิภาพของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวในการลดระดับความดังเสียงจากพื้นที่ก่อสร้าง

Performance of Temporary Noise Barrier of Noise Reduction from Construction Site

คำนำ

การติดต่อสื่อสารถือเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับสังคมในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารที่สำคัญ ได้แก่ ภาษาท่าทาง ตัวหนังสือ การพูดคุย นอกจากมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตจะใช้เสียงในการติดต่อสื่อสารแล้ว ยังใช้เพื่อความสนุกสนานเพลิดเพลิน และความบันเทิงต่าง ๆ ซึ่งเสียงที่เกิดขึ้นมีทั้งเสียงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น เสียงนกร้อง เสียงน้ำตก เสียงฟ้าผ่า และเสียงที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ เสียงพูดคุย เสียงรถ เสียงเครื่องจักรกลและจากกิจกรรมการพัฒนาประเทศที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงมีการก่อสร้างโครงการต่าง ๆ ทำให้ระดับความดังของเสียงเพิ่มสูงขึ้น จนก่อให้เกิดความรู้สึกไม่พอใจบางครั้งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ไม่ว่าจะเป็นหูหนวก หูตึง หรือแม้แต่การลดลงของประสิทธิภาพการทำงาน

ปัญหามลพิษทางเสียงจากพื้นที่ก่อสร้างจึงเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ยอมรับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่พักอาศัย ผู้ประกอบกิจการอยู่โดยรอบพื้นที่ก่อสร้าง หรือคนงานในพื้นที่ก่อสร้าง อันเป็นอาชีพที่สัมผัสเสียงจากพื้นที่ก่อสร้างอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเสียงจากพื้นที่ก่อสร้างที่เกิดจากเครื่องจักรที่ใช้ในกิจกรรมการก่อสร้างที่ระยะห่างจากเครื่องจักร 15 เมตร อยู่ในระดับ 81 ถึง 88 เดซิเบล(เอ) (EPA, 1971) ซึ่งถือว่ามีระดับเสียงสูงเมื่อเทียบกับเสียงรบกวนตามมาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม 2535 ที่กำหนดให้มาตรฐานเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (leq 24) มีค่าไม่เกิน 70 เดซิเบล(เอ)

การที่สัมผัสเสียงที่ดังมาก ๆ และต่อเนื่องเป็นเวลานานจะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบการได้ยินได้แนวทางการควบคุมหรือลดระดับความรุนแรงของปัญหามลพิษทางเสียงจึงเป็นสิ่งสำคัญ สามารถทำได้ 3 วิธี คือ การควบคุมที่แหล่งกำเนิด การควบคุมทางผ่านของเสียงที่แพร่กระจายออกไป และการควบคุมที่ตัวผู้รับฟังเสียง

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาการควบคุมทางผ่านของเสียงที่แพร่กระจายออกไป โดยศึกษาความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวต่อเสียงของเครื่องจักรจากพื้นที่ก่อสร้างที่ประกอบด้วยวัสดุเหลือใช้จากกิจกรรมอื่น ได้แก่ เศษผ้า รังไข่ กระดาษ ไม้อัด และสังกะสี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดระดับความดังของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวต่อเสียงเครื่องจักรจากพื้นที่ก่อสร้าง

2. เพื่อศึกษาชนิดวัสดุพื้นผิวที่เหมาะสมในการลดระดับความดังเสียงจากพื้นที่ก่อสร้างของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว

ขอบเขตการศึกษา

1. การทดลองนี้ใช้แหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงแบบจุด (Point Source) ที่ความถี่รวม โดยขยายเสียงให้มีระดับความดังของเสียง 80-90 เดซิเบล(เอ)

2. กำแพงกั้นเสียงที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวที่ประกอบด้วยเศษผ้า รังไข่กระดาษ ไม้อัด และสังกะสี

3. กำแพงกั้นเสียงที่นำมาใช้ในการทดลองมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4. เสียงที่ใช้ในการทดลองใช้แหล่งกำเนิดเสียงจากพื้นที่ก่อสร้างโดยอัดเสียงเครื่องจักรจากพื้นที่ก่อสร้าง ได้แก่ Jack hammer, Piling rig และ Backhoe

5. การทดสอบความสามารถในการลดระดับความดังของเสียงในห้องปฏิบัติการถือว่าอุณหภูมิ ความดัน ทิศทางลมและความเร็วลม ไม่มีผลต่อการทดลองนี้

การตรวจเอกสาร

เสียงและธรรมชาติของเสียง

นิยามและความหมาย

เสียงเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดความหมาย ความรู้สึกตอบสนองที่แตกต่างกันของมนุษย์ มีผู้ให้ความหมายของเสียงไว้ดังนี้ ราชบัณฑิตยสถาน (2525) ให้ความหมายไว้ว่า เสียงหมายถึงสิ่งที่ได้ยินด้วยหู คำที่เปล่งออกมา ณรงค์ (2525) กล่าวว่าเสียงคือ พลังงานที่เกิดจากความสั่นสะเทือนของอนุภาคอากาศไปสู่อวัยวะรับเสียงคือหู มาลี (2526) กล่าวว่าเสียงเป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดโสตสัมผัส เกิดจากสั่นสะเทือนของวัตถุ หรือการที่โมเลกุลของอากาศสั่นจะก่อให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางซึ่งอาจเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซมาเข้าหู Bueche (1978) ชี้ให้เห็นว่าเสียงคือ การรบกวนของความกดดันผ่านตัวกลางในทิศทางที่สามารถกระทบเยื่อแก้วหูของมนุษย์ ซึ่งการรบกวนของความดันตลอดเวลานั้นจะเพิ่มมากขึ้นจนก่อให้เกิดความรู้สึกของการได้ยิน

สามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่าเสียงเป็นความรู้สึกที่ส่งมาจากสมองเมื่อหูได้รับพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดใด ๆ แล้วทำให้โมเลกุลของอากาศรอบ ๆ แหล่งกำเนิดนั้น ๆ เกิดแรงอัดและขยายสลับกัน โดยปริมาณที่อากาศอัดกันนั้นจะมีความดันของอากาศสูงและมีความดันบรรยากาศต่ำในบริเวณที่โมเลกุลของอากาศอยู่ในสภาพขยาย

ธรรมชาติของเสียง

องค์ประกอบของการได้ยินเสียงประกอบด้วยแหล่งกำเนิดเสียง ตัวกลางสำหรับส่งผ่านเสียงและผู้รับเสียง นอกจากนี้ได้ อธิบายถึงการเกิดเสียงว่าคลื่นเสียงในอากาศเกิดจากเสียง (Foreman, 1990) ในทำนองเดียวกันสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534) สรุปไว้ว่า วัตถุที่สั่นสะเทือนเรียกว่าแหล่งกำเนิดเสียง เสียงที่เกิดขึ้นทุกครั้งไม่จำเป็นว่าจะได้ยินทันทีบางครั้งอาจไม่ได้ยินเพราะการได้ยินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อย่างไรก็ตามสำหรับธรรมชาติของเสียงนั้นมีประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

1. <u>อัตราเร็วเสียง</u>

การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงในอากาศ ระยะห่างจากจุดสมดุลของวัตถุที่กำลังสั่นตัว นั้นในช่วงเวลาหรือในหนึ่งรอบเรียกว่าความยาวช่วงคลื่น จำนวนรอบของความดันเสียงในหนึ่งหน่วยเวลาคือ ความถี่ของคลื่นเสียง ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่วงคลื่น ความเร็วและความถี่ของคลื่นเสียง (Thumann และ Miller, 1986) สามารถแสดงได้ในสมการ (1)

$$C = f\lambda \qquad \text{----------(1)}$$

โดย C = ความเร็วของคลื่นเสียง (ms^{-1})
f = ความถี่ของคลื่นเสียง (Hz), (cycle/sec),(1/sec)
λ = ความยาวช่วงคลื่นของคลื่นเสียง (m)

เมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ พลังงานจากการสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของความดันในปริมาณเล็กน้อย แล้วแผ่กระจายออกด้วยความเร็วค่าหนึ่ง โดยขนาดของการเปลี่ยนแปลงความดันนั้นอยู่ในช่วงระหว่าง 2×10^{-5} Pa ถึง 20 Pa (Pascal) ความเร็วของคลื่นเสียงในอากาศสัมพันธ์กับอุณหภูมิ (Ford, 1987) ดังแสดงในสมการ (2)

$$C = \sqrt{\gamma RT / M} \qquad \text{----------(2)}$$

โดย C = ความเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ (ms^{-1})
γ = อัตราส่วนของความร้อนจำเพาะสำหรับอากาศเป็น 1.4
R = ค่าคงที่ของก๊าซ = 8.314 (kJ/kmol.K), (J = N.m = $m.km/s^2$)
T = อุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ (K)
M = มวลโมเลกุลของอากาศ (kg/kmol)

Cunniff (1977) ได้ศึกษาและรวบรวมความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าความเร็วของคลื่นเสียงในอากาศมีค่าน้อยกว่าในของเหลว และในของแข็ง เนื่องจากอะตอมของของแข็งมีการจัดเรียงตัวกันอย่างมีระเบียบและใกล้กันมากกว่าโมเลกุลของของเหลวและโมเลกุลของอากาศ

<u>ตารางที่ 1</u> ความเร็วของคลื่นเสียงในก๊าซของเหลวและของแข็ง

ตัวกลาง	อุณหภูมิ(^0C)	ความหนาแน่น($kg.m^{-3}$)	ความเร็วเสียง(ms^{-1})
ก๊าซ			
คาร์บอนไดออกไซด์	0	1.98	259
อากาศ	20	1.20	344
ไฮโดรเจน	0	0.0899	1284
ของเหลว			
แอลกอฮอร์	20	790	1207
น้ำมันเบนซิน	20	870	1295
น้ำบริสุทธิ์	20	998	1498
เลือด	37	1056	1570
ของแข็ง			
ทองแดง	20	8930	3750
อลูมิเนียม	20	2700	5000
เหล็ก	20	7900	5120
แก้ว	20	2320	5170
เนื้อเยื่อ	37	1047	1570

ที่มา: Kane and Sternheim (1984)

2. <u>คุณสมบัติของตัวกลางกับการเคลื่อนที่ของเสียง</u>

สมบัติของตัวกลางเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเดินทางหรือการเคลื่อนที่ของเสียง ทั้งนี้เนื่องจากว่าคลื่นเสียงเป็นแรงกดดันในการอัดและขยายตัวของมวลอากาศดังแสดงได้ด้วยสมการ (3) ของ Rau and Wooten (1980)

$$P(t) = P_A + p(t) \qquad \text{----------(3)}$$

โดย

P(t) = ความกดดันบรรยากาศทั้งหมดขณะมีคลื่นเสียง

P_A = ความกดดันอากาศ

p(t) = ความดันเสียง (มีค่าน้อยมาก ประมาณ 1 ในล้านส่วนของความกดอากาศ)

P(t) จะแปรผันตามความกดอากาศ P_A จะขึ้นอยู่กับเวลา โดยที่เวลาจะเกี่ยวข้องกับสมบัติของอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ลม

2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ ของตัวกลางจะสัมพันธ์กับความเร็วคลื่น ดังสมการ (4)

$$V_t = 331 + 0.6t \qquad \text{----------(4)}$$

จากสมการแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ต่อการเคลื่อนที่ของเสียง กล่าวคือ ความเร็วเสียงเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำนองเดียวกับความสัมพันธ์ที่ Rau และ Wooten (1980) เสนอไว้ ดังสมการที่ (5) คือ

$$c = 20.05\ \sqrt{T} \qquad \text{----------(5)}$$

c = ความเร็วเสียง (เมตรต่อวินาที)

T = อุณหภูมิ (K)

ซึ่งสัมพันธ์กับความถี่ $C = f\lambda$

จากความสัมพันธ์นี้พบว่า เมื่อค่าความเร็วเสียงเป็นปฏิภาคโดยตรงต่ออุณหภูมิ ย่อมทำให้ค่าความถี่สูงขึ้นด้วย เกษม (2541) สรุปว่าการลอยตัวสูงขึ้นของอากาศเพราะอุณหภูมิลดลงตามความสูง และในทางตรงกันข้ามจะมีผลต่อการเปลี่ยนทิศทางเสียง

ในสภาวะปกติคือ ที่สูงขึ้นอุณหภูมิจะลดลง ซึ่งอยู่ในสภาวะ adiabatic lapse rate เสียงเมื่อออกจากแหล่งแล้วจะถูกบังคับโดยสภาวะอากาศที่ลอยตัวสูงขึ้น ทำให้เกิดเงาเสียง (sound shadow) แต่ในลักษณะอากาศเป็นสภาวะ temperature inversion คือที่สูงขึ้นไป

อุณหภูมิจะสูงขึ้นด้วย เมื่อเสียงเคลื่อนที่ไปปะทะกับอากาศที่ร้อนกว่า จะทำให้เสียงเปลี่ยนทิศทาง และไม่ปรากฏว่ามีเงาเสียงหมายถึงไม่มีมุมอับของเสียง

2.2 ลม

ลม คือ อากาศที่เคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของอากาศทำให้มีพลังงานสูงสามารถเปลี่ยนทิศทางของเสียง ความเร็วลมมากทำให้มลพิษทางเสียงเปลี่ยนทิศทางและสามารถลดลงได้

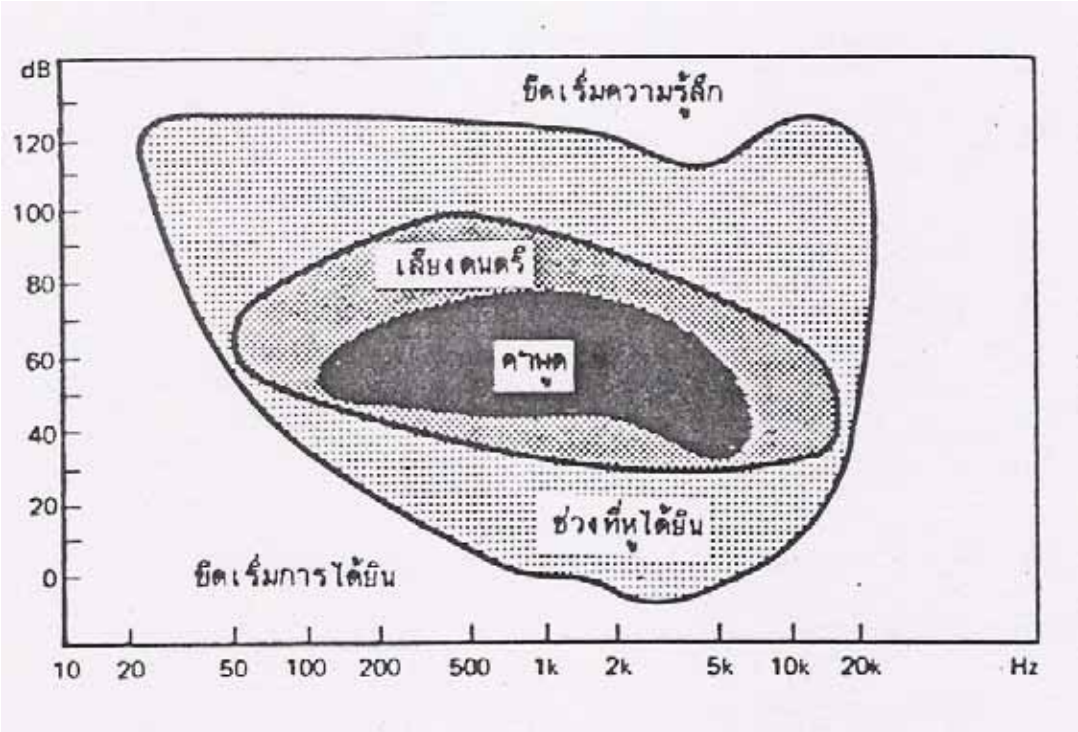
2.3 ความชื้นของอากาศ

ความชื้นของอากาศ สภาพไอน้ำ หรือละอองน้ำ ล้วนมีบทบาทในการเคลื่อนที่ของเสียง ความชื้นสามารถดูดซับเสียงได้ดี โดยเมื่อเสียงเดินทางผ่านวัตถุจะมีการถ่ายเทพลังงานความร้อน ทำให้พลังงานของคลื่นลดลงเรื่อย ๆ ปกติ ความชื้นจะดูดซับความร้อนได้ดี น้ำที่ระเหยหนึ่งกรัมต้องใช้ความร้อนประมาณ 565 แคลอรี่ ดังนั้นการมีความชื้นในอากาศสูงย่อมทำให้เสียงถูกดูดซับได้มาก พลังงานเสียงก็ลดลงได้

<u>ระดับเสียง</u>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534) ให้ความหมายของระดับเสียง (pitch) ว่าหมายถึงเสียงสูง เสียงต่ำ ซึ่งเสียงสูงและเสียงต่ำนี้จะมีระดับเสียงที่ต่างกัน โดยเสียงสูงหรือเสียงแหลมจะมีระดับเสียงสูง ส่วนเสียงต่ำหรือเสียงทุ้มจะมีระดับเสียงต่ำ ความถี่ของการสั่นมีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที ซึ่งปัจจุบันนิยมเรียกว่า เฮิร์ทซ์ (Hertz: Hz) เพื่อเป็นเกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ ไฮน์ริช เฮิร์ทซ์ ผู้พบคลื่นวิทยุเป็นคนแรก ปกติการเกิดเสียงสูง ต้นกำเนิดเสียงจะมีความถี่สูงการเกิดเสียงต่ำต้นกำเนิดเสียงจะมีความถี่ต่ำ มนุษย์สามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ช่วงหนึ่งเสียงที่มีความถี่สูงหรือต่ำกว่าช่วงความถี่ดังกล่าวมนุษย์จึงไม่อาจรับฟังได้สัตว์ต่าง ๆ ก็เช่นเดียวกับคนคือ สามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ที่ต่างกันออกไป เสียงบางความถี่สัตว์บางชนิดได้ยินแต่มนุษย์ไม่ได้ยิน และเสียงบางเสียงมนุษย์ได้ยินแต่สัตว์บางชนิดไม่ได้ยิน

มนุษย์สามารถรับฟังเสียงได้ในช่วงความถี่ 20-20,000 เฮิร์ทซ์ เสียงที่มีความถี่อยู่ในขอบเขตการไม่ได้ยินของมนุษย์ เรียกว่าเสียงเงียบ ได้แก่ เสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิร์ทซ์ เรียกว่า “อินฟราโซนิก” เสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 เฮิร์ทซ์ เรียกว่า “อัลตราโซนิก” เสียงเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย เช่น ใช้ในการนำร่องการเดินเรือ ใช้ในการตรวจสอบหารอยรั่วของวัตถุใช้ในการตรวจสอบความปกติและไม่ปกติของเนื้อเยื่อภายในวงการแพทย์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2534) ระดับความถี่และความดังเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินในช่วงต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1



<u>ภาพที่ 1</u> ระดับความถี่และความดังเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินในช่วงต่าง ๆ

ที่มา: Webb (1976)

ความเข้มของเสียงและความดังของเสียง

สมพงษ์ (2535) กล่าวว่า ความดัง (loudness) ของเสียง หมายถึงขนาดของความรู้สึกของการได้ยินต่อเสียงที่ได้รับ ปริมาณกายภาพที่คล้อยตามความดังคือ ความเข้ม (intensity) โดยที่ความเข้มของเสียง (intensity of sound) หรือความเข้มเสียง (sound intensity) หมายถึงค่าพลังงานที่เสียงแผ่ผ่าน 1 ตารางพื้นที่ ซึ่งตั้งฉากรับเสียงใน 1 หน่วยเวลา เช่น วินาที ด้วยเหตุนี้ ความเข้มเสียงจึงมีหน่วยเป็นหน่วยของพลังงานต่อตารางพื้นที่ต่อหน่วยเวลา เช่น $J\ m^{-2}\ s^{-1}$ แต่เนื่องจากพลังงานต่อหน่วยเวลาคือ ปริมาณที่เรียกว่า กำลัง ความเข้มเสียงจึงมีหน่วยเป็นหน่วยของกำลังต่อตารางพื้นที่ เช่น W/m^2

ถ้าแหล่งกำเนิดเสียง (s) มีกำลัง P แผ่ผ่านออกทุกทิศในลักษณะที่เหมือนกันและให้ I แทนความเข้มเสียง ณ ตำแหน่ง r จากแหล่งกำเนิดเสียง สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง I และ P โดยคิดว่า คลื่นเสียงไม่จางหายไปในตัวกลางที่เสียงผ่าน หรือสมมติว่าตัวกลางไม่ดูดกลืนเสียงเลยจากนิยามของความเข้มเสียงตามที่กล่าวมาแล้วจะได้

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \qquad \text{หรือ} \qquad I\ \alpha \frac{J}{r^2} \qquad \text{---------(6)}$$

แสดงว่าความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งกำเนิดเสียงลดลงตามกำลังสองผกผันของระยะทางจากแหล่งกำเนิดเสียงนั้นความดังของเสียงขึ้นอยู่กับทั้งความเข้ม และความถี่ของเสียงสำหรับค่าความถี่หนึ่ง ๆ การเพิ่มค่าของความเข้มจะทำให้ความดังเพิ่มขึ้น แต่หูของคนมีความไวต่อความถี่ต่าง ๆ แตกต่างกันจนกระทั่งถึงแม้ว่าความเข้มเท่ากัน ก็ยังให้ความรู้สึกที่แตกต่างกัน

ระดับความดังของเสียง

เนื่องจากช่วงของความเข้มของเสียงที่มีผลต่อการได้ยินของมนุษย์กว้างมาก ซึ่ง Kane และ Stemheim (1984) ได้เสนอแนวทางในการวัดระดับความดังของเสียงในรูปของลอการิทึม (logarithm) แทนดังสมการ

$$dB = 10 \log (I/I_0) \qquad \text{---------(7)}$$

โดย dB = ระดับความดังของเสียง (เดซิเบล(เอ))

I = ความเข้มของเสียงที่พิจารณา (W/m^2)

I_0 = ความเข้มของเสียงอ้างอิง ($10^{-12} W/m^2$)

<u>การตรวจวัดเสียง</u>

1. Leq (equivalent continuous sound pressure level) คือ ระดับเสียงต่อเนื่องที่มีพลังงานเทียบเท่ากัน หรือเป็นค่าเฉลี่ยของพลังงานของเสียงตามปกติ อาจทำการตรวจวัดระดับเสียงดังกล่าวตามเวลาที่ต้องการ ตามที่สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534) แสดงได้โดยสมการ

$$Leq = 10 \log 1/n \sum_{i=1}^{n} 10^{Li/10} \quad \text{---------(8)}$$

หรือ $$Leq = 10\log[\ 1/T \int 10^{Li/10} dt\ ]$$

2. ค่าระดับเสียงกลางวัน-กลางคืน (Ldn = day/night equivalent sound level) กำหนดขึ้นมาเพื่อตรวจวัดเสียงในชุมชนได้ดีขึ้น โดยคำนวณได้โดยใช้สมการ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2534)

$$Ldn = 10 \log (0.625 \times 10^{(Ld/10)} + 0.37 \times 10^{(Ln+10/10)}) \quad \text{---(16)}$$

โดย Ld = ค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงในช่วงเวลากลางวัน 07.00-22.00 น.

Ln = ค่าเฉลี่ยระดับความดังของเสียงในช่วงเวลากลางคืน 22.00-07.00 น.

<u>หน่วยการวัดระดับเสียง</u>

ระดับเสียงเวจท์ (weighted sound level) คือ ระดับเสียงที่ได้จากการวัดผ่านไมโครโฟนแล้วผ่านที่กรองเวจท์ (weighting network) ซึ่งจะให้ระดับเสียงเวจท์ได้หลายรูปแบบ เช่น A - weighted (เดซิเบล(เอ)) B - weighted (เดซิเบลบี) C - weighted (เดซิเบลซี) และ D - weighted (เดซิเบลดี) ที่ต้องมีการเวจท์ก็เพราะว่าความรู้สึกบางอย่างของคน เช่น การที่ทำให้เกิดความรำคาญไม่ได้แปรผันเป็นเส้นตรงกับความดังเมื่อความถี่ต่างกัน ซึ่งระดับเสียงที่ผ่าน

การเวจท์แล้วจะถูกปรับเปลี่ยนก่อนแสดงผล เช่น วัดระดับเสียงโดยใช้ A - weighted ที่มีความถี่ 200 เฮิร์ทช์ ค่าที่วัดได้จะถูกเวจท์โดยลบด้วย 10 เดซิเบล เป็นต้น สามารถสรุปการเวจท์ได้ดังนี้

A - weighted สเกล A มีคุณลักษณะการตอบสนองได้ดีกว่าสเกล B และ C เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ตรงกับความรู้สึกรำคาญของคน (ระดับ threshold) มากกว่าสเกล B และ C ดังนั้นมาตรฐานของการบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัย (OSHA standard) และองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมอเมริกาจึงได้กำหนดให้ทำการวัดระดับเสียงรบกวนเฉลี่ยในสเกล เอ-เวจท์เป็นมาตรฐาน

B - weighted มีเหตุผลการกรองเช่นเดียวกับเอ-เวจท์ แต่ใช้กับเสียงที่มีความดังปานกลาง (ความถี่ประมาณ 400-3,000 เฮิร์ทช์) ปัจจุบันนี้ไม่ค่อยมีใช้แล้ว

C - weighted ไม่มีการกรองมากนักดังนั้นผลการวัดเสียงดังใกล้เคียงกับความจริงใช้เป็นครั้งคราวเมื่อมีเหตุผลว่ากลุ่มเสียงความถี่ต่ำจะถูกกรองมากเกินไปถ้าใช้ เอ-เวจท์

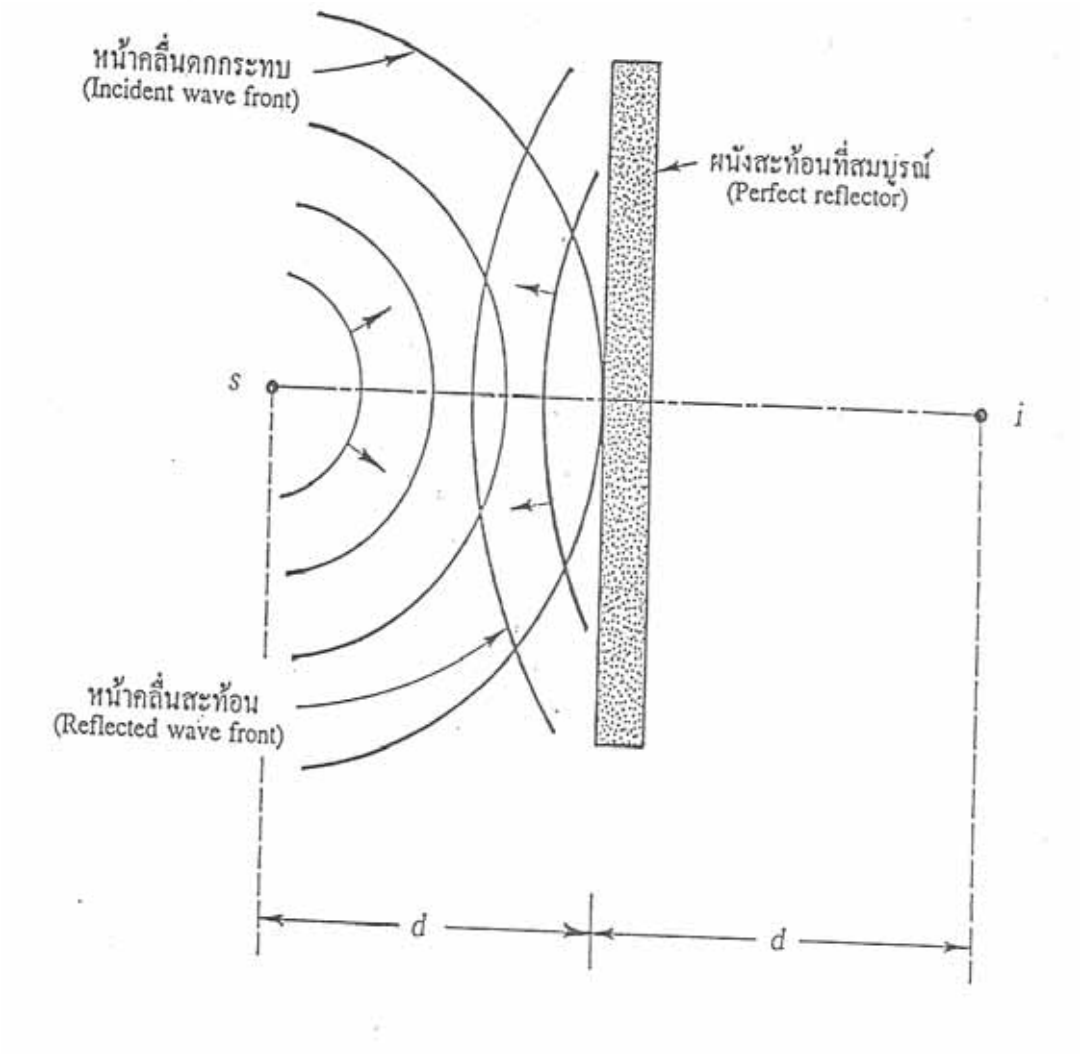
D - weighted ใช้กับการวัดเสียงจากอากาศยาน

<u>สมบัติและปรากฏการณ์บางอย่างของเสียง</u>

เนื่องจากเสียงเป็นคลื่นตามยาวชนิดหนึ่ง ซึ่งสมบัติของคลื่นโดยทั่วไป มี 4 ลักษณะ คือ การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน การแทรกสอด ซึ่งสามารถกล่าวโดยละเอียดได้ดังนี้

1. <u>การสะท้อนเสียง</u>

เกษม (2541) ให้ความหมายของการสะท้อน (reflection) เกิดขึ้นเมื่อเสียงเดินทางกระทบสิ่งกีดขวาง หรือผิววัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าช่วงคลื่นตกกระทบแล้วเปลี่ยนทิศทางด้วยมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนทั้งนี้มีการกระทบผิวของวัตถุที่เสียงเดินทางผ่านนั้น ถือว่าสำคัญมากผิววัตถุตกกระทบต่างกันจะทำให้การสะท้อนต่างกัน เช่น ถ้าพื้นผิวของสิ่งกีดขวางเป็นแนวระนาบหน้าคลื่นของคลื่นสะท้อนจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าคลื่นเอาคลื่นตกกระทบ หมายถึงมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนลักษณะการสะท้อนของคลื่นเสียงดังภาพที่ 2



<u>ภาพที่ 2</u> คลื่นเสียงจากจุดกำเนิด S สะท้อนจากผนังสะท้อนที่สมบูรณ์

ที่มา: Cunniff (1977)

2. <u>การหักเหของคลื่นเสียง</u>

เกษม (2541) ได้รวบรวมเอกสารและสรุปได้ว่าการหักเห หรือ refraction เกิดขึ้นเมื่อเสียงจากตัวกลางเก่าผ่านเข้าสู่ตัวกลางใหม่อย่างต่อเนื่อง มีขนาดมุมหักเหผันแปรไปตามสภาพตัวกลาง สามารถบรรยายได้จากกฎของ Snell's law คือ

$$C_2 / C_1 = \sin\theta_t / \sin\theta_i \qquad \text{- - - - - (17)}$$

เมื่อ C_2 = ความเร็วเสียงทะลุผ่านตัวกลางใหม่

C_1 = ความเร็วเสียงที่ตกลงสู่ตัวกลาง

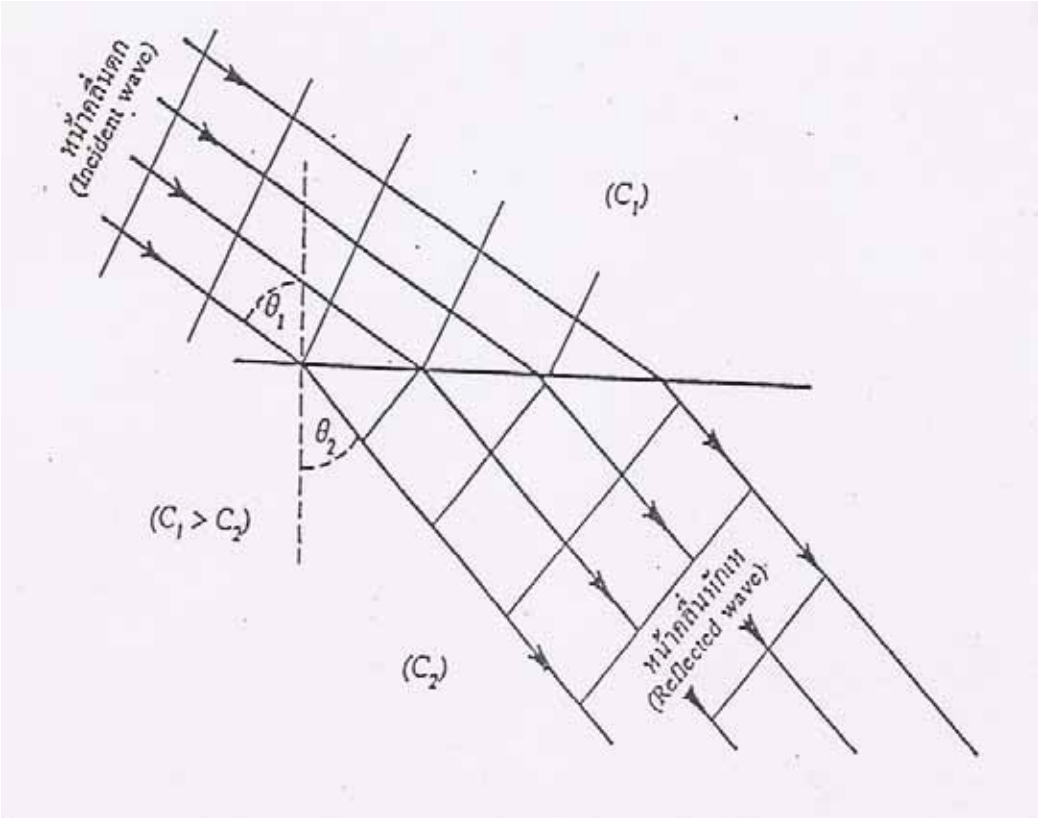
θ_t = มุมทะลุผ่านตัวกลางใหม่

θ_i = มุมเสียงที่ตกลงสู่ตัวกลางใหม่

กฎของ Snell นี้ชี้ให้เห็นว่าทิศทางของเสียงจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่ควบคุมความเร็วของเสียงนั้นในธรรมชาติแล้วปรากฏการณ์เกิดขึ้นเสมอเมื่อเสียงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปสู่อีกตัวกลางหนึ่ง เช่น เสียงเดินทางจากตัวกลางที่มีอุณหภูมิสูง (ความหนาแน่นน้อย) ไปสู่อุณหภูมิต่ำ (ความหนาแน่นมาก) เสียงจะเบนเข้าหาเส้นปกติ ลักษณะการหักเหของคลื่นเสียงดังแสดงในภาพที่ 3

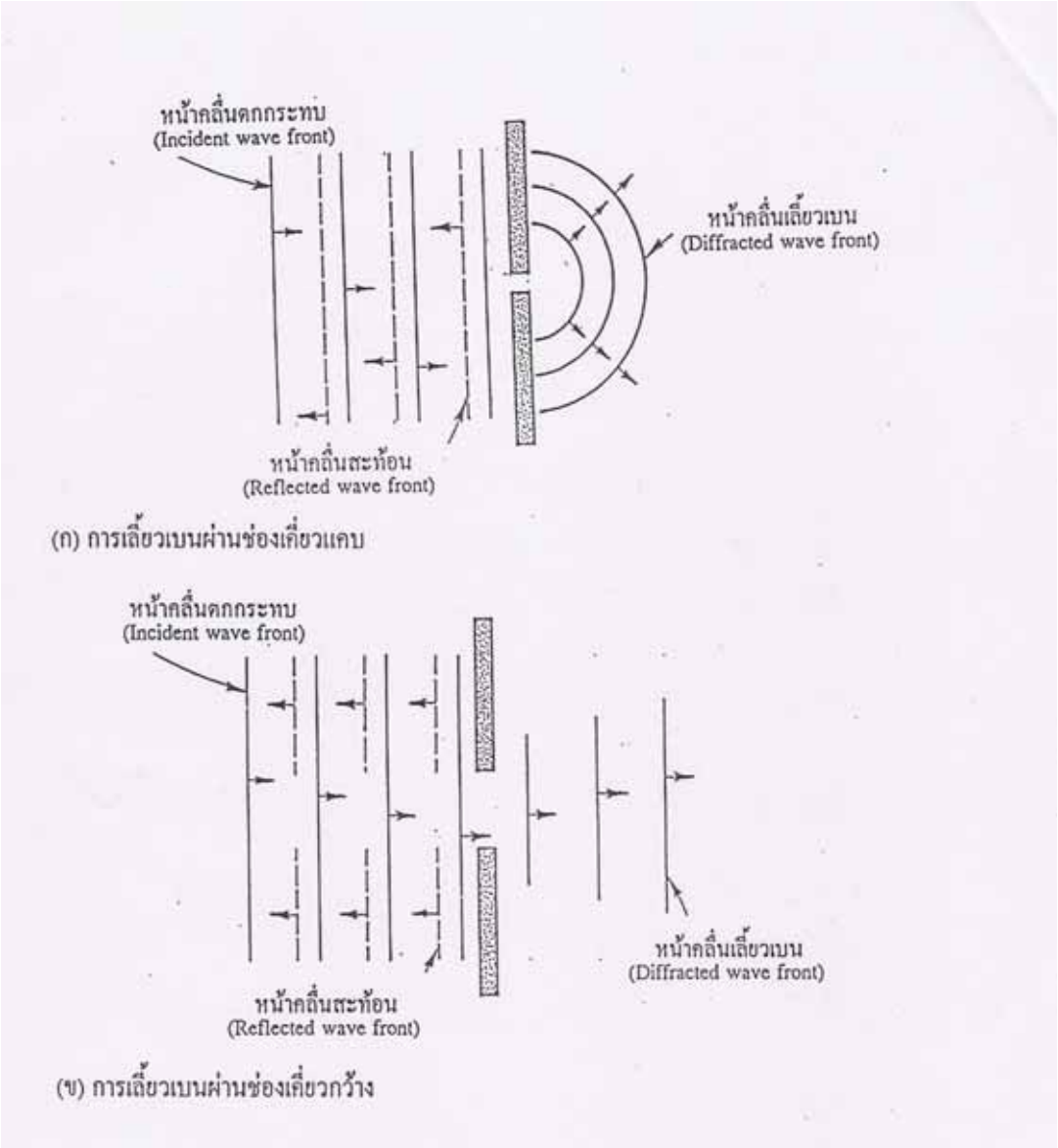
3. <u>การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง</u>

เกษม (2541) ได้กล่าวไว้ว่า การเลี้ยวเบน (diffraction) เป็นปรากฏการณ์ของคลื่นเสียงโค้งอ้อมกำแพงกั้นเสียง ปรากฏการณ์เกิดขึ้นเมื่อช่วงคลื่นมีขนาดใหญ่กว่าหรือมีความสูงและความกว้างมากกว่าสิ่งกีดขวาง (barrier) ที่เสียงเดินทางผ่าน เป็นการโค้งที่เกิดจากสิ่งกีดขวางป้องกันเสียงและมีกำแพงป้องกันเสียงที่จำกัด เช่น เสียงแตรจากรถสามารถเลี้ยวเบนผ่านมุมตึกไปยังผู้ฟังได้โดยไม่เห็นรถที่เปิดแตรปรากฏการณ์ดังกล่าวแสดงว่าเสียงสามารถเลี้ยวเบนได้ การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียงดังแสดงในภาพที่ 4



<u>ภาพที่ 3</u> การหักเหของคลื่นเสียงมีอัตราเร็วในตัวกลางที่ 1 มากกว่าอัตราเร็วในตัวกลางที่ 2

ที่มา: White (1975)



<u>ภาพที่ 4</u> การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียงผ่านช่องแคบลักษณะต่าง ๆ

ที่มา: Cunniff (1977)

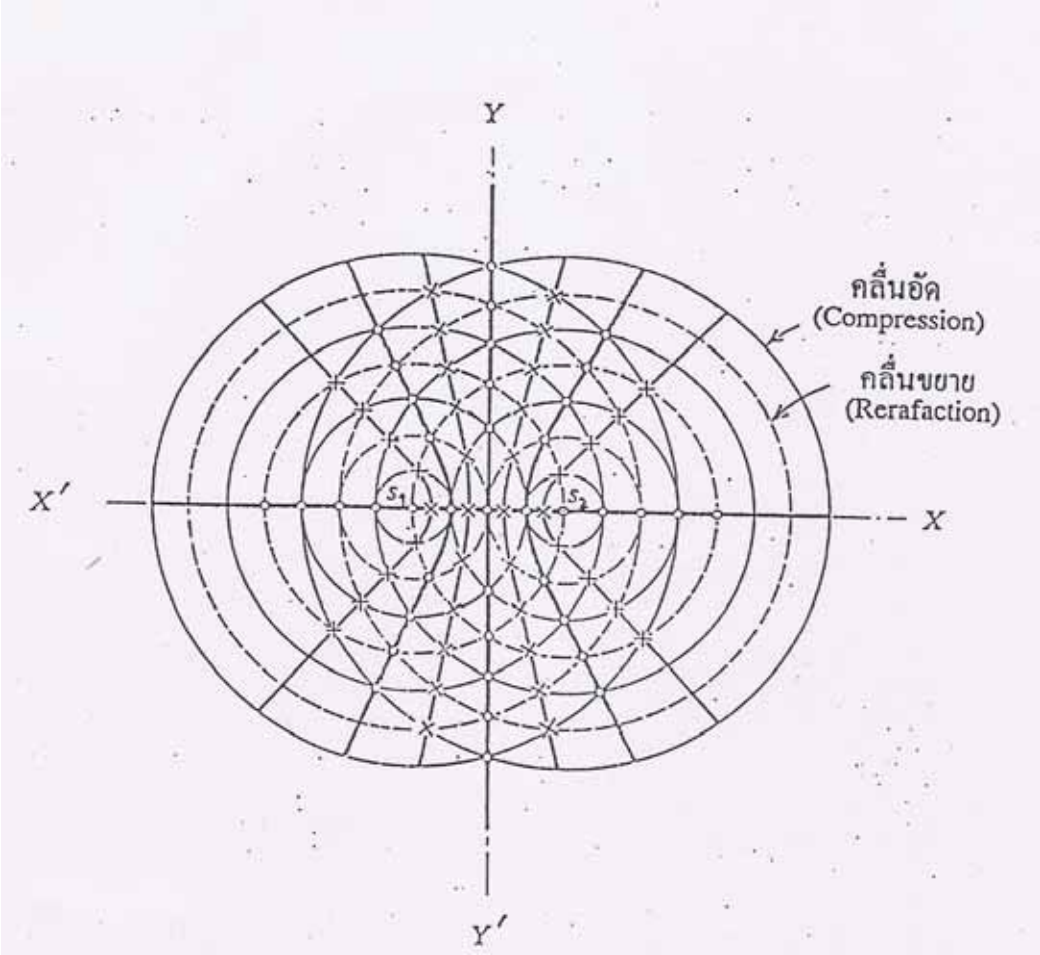
4. <u>การแทรกสอดของคลื่นเสียง</u>

เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดตั้งแต่สองแหล่งขึ้นไปเกิดขึ้นพร้อมกันและเคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งเดียวกัน คลื่นเสียงเหล่านั้นจะรวมเป็นคลื่นเสียงเดียว ซึ่งเรียกการรวมคลื่นนี้ว่า "การแทรกสอด" ขณะที่คลื่นเสียงเหล่านี้เกิดการแทรกสอดและรวมกันจะมีผลทำให้ผู้สังเกตได้ยินเสียงเดียวแต่จะดังและค่อยเป็นจังหวะและเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า "บีตส์" โดยความถี่ของบีตส์ที่ผู้สังเกตได้ยินจะเท่ากับผลต่างของความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสอง (Giancoli, 1980)

สมบัติพิเศษของคลื่นแบบหนึ่ง คือ การรวมคลื่น (superpositon) เมื่อมีคลื่นสองคลื่นเคลื่อนที่ในตัวกลางเดียวกัน จะเกิดการรวมคลื่นให้คลื่นรวมที่มีลักษณะต่างจากเดิมคลื่นรวมที่ได้อาจมีค่ามาก หรือน้อยกว่าเดิมก็ได้ ขึ้นอยู่กับคลื่นทั้งสองมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรแม้ว่าคลื่นทั้งสอง หรือมากกว่านี้จะมีความถี่และอำพันเท่ากัน คลื่นรวมอาจจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าเดิมก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางการสั่นของคลื่นหรือเฟสของคลื่นก่อนรวมนั่นเอง ถ้าคลื่นทั้งสองมีเฟสตรงกันข้าม (π เรเดียน) คลื่นรวมจะหักล้างกัน และถ้าคลื่นทั้งสองมีเฟสตรงกัน (0 หรือ 2 π เรเดียน) คลื่นรวมจะเสริมกัน ดังนั้นเราแบ่งการแทรกสอดได้ 2 ชนิด คือ

4.1 การแทรกสอดแบบเสริมสร้าง (constructive interference) คือ ขบวนการรวมคลื่นที่ได้คลื่นรวมมีขนาดใหญ่กว่าเดิม จะเกิดในกรณีที่มีแหล่งกำเนิดเสียงหลายอันแผ่ผ่านอากาศ ณ บริเวณเดียวกันจะเกิดการรวมกันของคลื่นเสียง มีผลให้เกิดการแทรกสอดของเสียงขึ้น บริเวณใดที่เสียงรวมกันเพื่อเสริมกันจะเกิดเป็นแนวปฏิบัฟ (antinode) จะมีเสียงดังมาก แต่ถ้าบริเวณใดที่เสียงรวมกันแบบหักล้างกัน จะเกิดแนวบัฟ (node) จะมีเสียงค่อยสำหรับแหล่งกำเนิด S_1 และ S_2 นี้เราเรียกว่าแหล่งกำเนิดอำพันธ์ (coherent Sources)

4.2 การแทรกสอดแบบหักล้าง (destructive interference) คือ ขบวนการรวมคลื่นที่ได้คลื่นรวมมีขนาดเล็กกว่าเดิม การแทรกสอดของคลื่นเสียงดังแสดงในภาพที่ 5



<u>ภาพที่ 5</u> การแทรกสอดของคลื่นเสียง

ที่มา: White (1975)

การลดลงของเสียง

เสียงสามารถลดความดังของเสียงลงได้ทั้งนี้เนื่องจากเสียงสามารถแผ่กระจายได้ในอากาศโดยจะลดลงตามระยะทาง โดยที่เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ความดังของเสียงก็จะลดลง ประธาน (2538) กล่าวว่าอัตราการลดทอนเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงทั้ง 3 ชนิด ไม่ว่าจะเป็นแบบจุด แบบเส้น หรือแบบระนาบ จะมีอัตราการลดทอนเสียงต่างกัน โดยเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น 2 เท่าจะมีอัตราการลดทอนเสียงดังตารางที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับ เกษม (2541) อ้างถึง กฎอิเวอร์ซแสควร์ (inverse square law) ดังนี้คือ ถ้าจุดรับเสียงที่ 2 อยู่ห่างจากจุดที่ 1 เป็นสองเท่า จะให้ระดับเสียงลดลง 6 เดซิเบล(เอ)

ตารางที่ 2 ลักษณะการลดทอนเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง ชนิด จุด เส้น และระนาบ

แหล่งกำเนิดเสียง	$L_1 - L_2$	ลักษณะ
จุด	$20\log r_2 / r_1$	-6 dB / DD
เส้น	$10\log r_2 / r_1$	-3 dB / DD
ระนาบ	0	0 dB / DD

ที่มา: ประธาน (2538)

1. การคำนวณหาค่าการลดความดังของเสียง

การลดลงของเสียง (noise reduction, NR) คือ ผลต่างของเดซิเบลของเสียงในรูปของระดับความเข้มเสียงหรือระดับความดังเสียงในแนวที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านไป อาจจะกล่าวได้ว่าคือระดับความดังที่ลดลงเมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านสิ่งกีดขวาง (อากาศ กำแพงกั้นเสียง)

$$NR = IL_1 - IL_2 \qquad \text{------(18)}$$

หรือ $NR = SPL_1 - SPL_2$

การคำนวณการลดลงของเสียง จะคำนวณ ณ จุด B และ C

โดยให้ จุด A เป็นแหล่งกำเนิดเสียง, I_0

จุด B เป็นจุดที่ห่างจากจุดกำเนิดเสียงเป็นระยะทาง r_1 เมตร

จุด C เป็นจุดที่ห่างจากจุดกำเนิดเสียงเป็นระยะทาง r_2 เมตร

ระดับความเข้มเสียง $LI = 10\log \frac{I_1}{I_0}$ --------(19)

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

เพราะฉะนั้น ความเข้มของเสียงที่ตำแหน่ง B $I = \frac{P}{4\pi r_1^2}$ ------(20)

ความเข้มของเสียงที่ตำแหน่ง C $I = \frac{P}{4\pi r_2^2}$ ------(21)

เมื่อ P คือ กำลังของเสียงมีหน่วยเป็นวัตต์จะได้ระดับของเสียงที่จุด B (IL_1)

$$IL = 10\log \frac{I_1}{I_0}$$

แทนค่า I_1 จากสมการ(19) $IL_1 = 10\log \frac{\frac{P}{4\pi r_1^2}}{I_0}$ ------(22)

ระดับความดังของเสียงที่จุด C (IL_2)

$$IL = 10\log \frac{I_2}{I_0}$$

แทนค่า I_1 จากสมการ(19)

$$IL_2 = \frac{\frac{P}{4\pi r_2^2}}{I_0} \qquad \text{- - - - - (23)}$$

เพราะฉะนั้น การลดลงของเสียงสามารถแสดงได้ด้วยสมการ

$$NR = IL_1 - IL_2$$

จากสมการ (22)-(23) จะได้ว่า

$$IL_1 - IL_2 = 10\log \frac{\frac{P}{4\pi r_1^2}}{I_0} - \frac{\frac{P}{4\pi r_2^2}}{I_0}$$

$$NR = 10\log \frac{\frac{\frac{P}{4\pi r_1^2}}{I_0}}{\frac{\frac{P}{4\pi r_2^2}}{I_0}}$$

$$NR = 10\log \frac{Px4\pi r_2^2 xI_0}{Px4\pi r_1^2 xI_0}$$

$$= 10\log \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$= 20\log \frac{r_2}{r_1}$$

เพราะฉะนั้นจะได้สูตรการคำนวณเกี่ยวกับการลดลงของเสียง คือ

$$NR = 20\log \frac{r_2}{r_1} \qquad \text{------ (24)}$$

มลพิษทางเสียงและแหล่งกำเนิด

ความหมายของมลพิษทางเสียง

เกษม (2541) ให้ความหมายของมลพิษทางเสียงว่า หมายถึง ภาวะแวดล้อมที่มีเสียงที่ไม่พึงปรารถนารบกวนโสตประสาท จนเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ในขณะเดียวกันขนาดของเสียงนั้นอาจเป็นพิษภัยต่อบุคคลหนึ่ง แต่อาจไม่เป็นพิษต่ออีกคนหนึ่งก็ได้ อายุ เพศ ลักษณะรูปร่างของมนุษย์ อาจเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะทนต่อเสียงได้มากน้อยหรือนานเพียงใดก็ได้ ณรงค์ (2525) ได้กล่าวถึงเสียงเป็นพิษว่า หมายถึง เสียงดังเกินขอบเขตจำกัดเป็นอันตรายต่อหู ไม่เพียงแต่จะมีระบบการได้ยินเสียงให้เสียหรือเสื่อมลงเท่านั้นแต่ยังก่อให้เกิดความเฉื่อยชา ความต้านทานของร่างกายเสื่อมโทรมลงทำให้ความดันโลหิตสูง ประสิทธิภาพการทำงานลดลง การติดต่อประสานงานล่าช้า ตลอดจนก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย กรมอนามัย (2535) ให้ความหมายของมลพิษทางเสียงว่า หมายถึง ภาวะแวดล้อมที่มีเสียงไม่พึงปรารถนา รบกวนโสตประสาท จนได้รับอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์

ระดับเสียงและระดับความดังของเสียงรบกวน ระยะเวลาที่ได้รับเสียงรบกวนในแต่ละครั้ง จำนวนครั้งที่ได้รับเสียงรบกวนในแต่ละวัน ระยะเวลาที่ได้รับฟังเสียงรบกวนซ้ำ ๆ เป็นเวลานานเพียงไรผลต่อการรับฟังต่าง ๆ ที่จัดว่าเป็นอันตรายต่อระดับความไวในการรับฟังเสียงแต่ละบุคคล (Kinsler, 1978)

ระดับความดังของเสียงที่เป็นอันตราย

เกษม (2541) ได้บรรยายเกี่ยวกับอันตรายของเสียงที่เชื่อมโยงกับข้อกำหนดขององค์การอนามัยโลกที่ได้กำหนดไว้ว่า “เสียงเป็นอันตราย หมายถึง เสียงที่มีความดังเกินกว่า 85 เดซิเบลที่ทุกความถี่ของเสียงถ้ามีการสัมผัสนานเกินไป” เดซิเบล(เอ) เป็นหน่วยวัดปริมาณของระดับเสียง

โดยใช้ weighting network"A" มีค่าเท่ากับ 20 เท่าของ $\log_{10}$ ระหว่างอัตราส่วนความกดดันของเสียงนั้น ๆ กับความกดดัน 20 ไมโครปาสคาล (micro pascal ; μ Pa) อันตรายของเสียงจะเกิดขึ้นในส่วนของอวัยวะรับเสียงในหูเป็นส่วนใหญ่ ระดับของความรุนแรงจากอันตรายที่เกิดจากเสียงที่อยู่ในสภาพลักษณะของเสียงและระดับความดังของเสียงที่บุคคลสัมผัสประกอบกับระยะเวลาในการสัมผัสเสียงนั้น และลักษณะเฉพาะตัวของบุคคลและสมรรถนะความทนได้ของบุคคล

<u>แหล่งกำเนิดมลพิษทางเสียง</u>

การเกิดเสียง จำเป็นที่จะต้องมีแหล่งกำเนิดเสียงและองค์ประกอบอื่น ๆ เพื่อให้เกิดการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศ และส่งผ่านความดันอากาศที่เปลี่ยนแปลงทั้งส่วนอัด และขยายผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศในลักษณะคลื่นที่มีความยาวและความถี่ต่างกันไปตามชนิด และขนาดของความถี่ ซึ่งแหล่งกำเนิดเสียงนั้นสามารถแบ่งประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงเป็น 2 แหล่ง คือ

1. แหล่งกำเนิดเสียงเป็นจุด (point source) หรือตั้งอยู่กับที่ (stationary source) ได้แก่ แหล่งกำเนิดเสียงที่ตั้งอยู่กับที่ พัดลม โรงงานอุตสาหกรรม สถานประกอบการ การก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งตำแหน่งการวางแหล่งกำเนิดสามารถแบ่งออกเป็น

1.1 แหล่งกำเนิดที่สามารถกระจายพลังงานเสียงออกได้ทุกทิศทุกทางเปรียบเสมือนวัตถุทรงกลมที่ลอยในอากาศ หรือเรียกว่า spherical noise source

1.2 แหล่งกำเนิดที่วางตัวอยู่บนพื้น สามารถกระจายพลังงานออกได้เป็นลักษณะครึ่งวงกลม หรือเรียกว่า hemispherical noise source

2. แหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นเส้น (line source) หรือเคลื่อนที่ (mobile source) ได้แก่ เสียงจากการจราจร เช่น เสียงริมถนน เสียงรถยนต์รถไฟ ทางยกระดับ เป็นต้น

เสียงจากการจราจรซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดเสียงแบบเส้น (line source) เสียงเหล่านี้ได้แก่เสียงยานพาหนะที่วิ่งอยู่บนท้องถนน โดยเสียงที่เกิดสำหรับยานพาหนะที่มีความเร็วต่ำซึ่งเกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ ยางล้อรถ และการหมุนเวียนของอากาศ สำหรับยานพาหนะที่วิ่งด้วยความเร็วต่ำนี้ ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในเขตเมือง สำหรับที่ยานพาหนะที่วิ่งด้วยทางหลวงในเขตนอกเมือง หรือบนทางด่วน แหล่งกำเนิดเสียงที่สำคัญเกิดจากเสียงยางบดถนนแหล่งกำเนิดเสียงจากยานพาหนะนี้ ส่วนใหญ่จะเกิดจากเครื่องยนต์ เสียงจากการสั่นสะเทือนและตัวถัง ลักษณะของพื้นผิวของถนนชนิดต่าง ๆ การเบรค และการหมุนเวียนของอากาศ เป็นต้น

3. แหล่งกำเนิดเสียง

โดยธรรมชาติแล้วเสียงจะเกิดขึ้นเสมอ เช่น เสียงลมพัด ลมกระทบใบไม้ ฟ้าผ่า แผ่นดินถล่ม น้ำไหล และเสียงที่เป็นพิษต่อสุขภาพของมนุษย์ แหล่งกำเนิดเสียงนั้นมีด้วยกันหลายแหล่งตามที่เกษม (2541) ได้กล่าวไว้ มีดังนี้

3.1 เสียงจากการจราจรทางบก เช่น รถไฟ รถยนต์ รถบรรทุก รถมอเตอร์ไซด์

3.2 เสียงจากการจราจรทางอากาศ เช่น เครื่องบิน

3.3 เสียงจากการจราจรทางน้ำ เช่น เรือยนต์ เรือหางยาว ฯลฯ

3.4 เสียงจากแหล่งชุมชนเมือง ตลาด ย่านการค้า สำหรับอุปกรณ์ภายในบ้านรวมกัน เช่น วิทยุ โทรทัศน์ รถตัดหญ้า เครื่องสูบน้ำ

3.5 เสียงจากโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย เสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรกรรม การก่อสร้าง ซึ่งจากการตรวจวัดระดับเสียงดังในขณะก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส และจากการศึกษาระดับเสียงดังจากพื้นที่ก่อสร้างของ U.S.EPA มีระดับเสียงดังที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรจากพื้นที่ก่อสร้างดังตารางที่ 3

3.6 เสียงจากอู่ซ่อมรถยนต์ และเครื่องจักรกลต่าง ๆ

3.7 เสียงจากแหล่งบันเทิง สถานเริงรมย์ต่าง ๆ เช่น คอฟฟี่ช็อป ไนต์คลับ ฯลฯ

ตารางที่ 3 ค่าระดับความดังของเสียงจากเครื่องจักรในพื้นที่ก่อสร้าง

แหล่งกำเนิดเสียง	ระดับความดัง[1] ที่จุดกำเนิด (dB (A))	ระดับความดัง[1] ที่ระยะ 10 เมตร จากแหล่งกำเนิด (dB (A))	ระดับความดัง[2] ที่ระยะ 15 เมตร จากแหล่งกำเนิด (dB (A))
Pneumatic concrete breaker	120	92	86
Jack hammer	117	89	88
Piling rig	114	86	-
Tracked excavator	113	87	-
Dump truck	117	89	86
Truck	112	84	82
Movement of steel plates	120	92	-
Vehicle impact on plate	114-118	88	-
Compressor	109	81	81
Backhoe	-	-	85

ที่มา: BTS (1993); U.S.EPA (1971)

มาตรฐานระดับเสียงในประเทศไทย

องค์การอนามัยโลก WHO (World Health Organization) ได้เสนอแนะระดับเสียงสูงสุดที่บุคคลทั่วไปสามารถรับได้ ดังนี้

Leq 8 ชั่วโมง 78 เดซิเบล(เอ) ทุกพื้นที่

และสำหรับ US.EPA (United State Environmental Protection Agency) และ World Bank Environmental Guidline ได้เสนอแนะระดับเสียงที่บุคคลทั่วไปสามารถรับได้ ดังนี้

Leq 24 ชั่วโมง 70 เดซิเบล(เอ) ทุกพื้นที่

ประเทศไทยโดยประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) ได้กำหนดระดับเสียงทั่วไป ไว้ดังนี้ คือ

“ระดับเสียงทั่วไป” หมายความว่า ระดับเสียงที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม

“ค่าระดับเสียงสูงสุด” หมายความว่า ค่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นในขณะใดขณะหนึ่งระหว่างการตรวจวัดเสียง โดยมีหน่วยเป็นเดซิเบล(เอ) หรือ dB(A)

“ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง” หมายความว่า ค่าระดับเสียงที่คงที่ที่มีพลังงานเทียบเท่าระดับเสียงที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งมีระดับเสียงเปลี่ยนแปลงตามเวลาในช่วง 24 ชั่วโมง (24 hour A-weighted equivalent continouos sound level) ซึ่งเรียกโดยย่อว่า Leq 24 ชั่วโมง โดยมีหน่วยเป็นเดซิเบล(เอ) หรือ dB(A)

โดยในประกาศฉบับนี้ให้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไปไว้ดังต่อไปนี้ คือ

1. ค่าระดับเสียงสูงสุดต้องไม่เกิน 115 เดซิเบล(เอ)

2. ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ต้องไม่เกิน 70 เดซิเบล(เอ)

1. <u>มาตรฐานเสียงในย่านที่อยู่อาศัย</u>

คณะกรรมการการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ยกร่างระดับเสียงย่านที่อยู่อาศัย โดยสามารถจำแนกตามพื้นที่ และระดับความรุนแรงของปัญหา ดังตารางที่ 4

นอกจากนี้กรมอนามัย (2535) ได้รวบรวมข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับผลกระทบด้านเสียงที่มีต่อประชาชนจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ องค์การอนามัยโลก (WHO) ซึ่งได้เสนอแนะระดับเสียงสูงสุดที่จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนในชุมชน ดังตารางที่ 7 8 และ 9

2. <u>มาตรฐานเสียงของยานพาหนะทางบกและทางน้ำ</u>

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (เดิม) เรื่องกำหนดระดับเสียงรถยนต์ โดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดระดับเสียงของรถยนต์และเรือไว้ดังต่อไปนี้

2.1 มาตรฐานเสียงของยานพาหนะทางบก

“รถยนต์” หมายความว่า รถยนต์หรือจักรยานยนต์ กฎหมายว่าด้วยการจราจรทางบก

“ทาง” หมายความว่า ทางตามกฎหมายว่าด้วยการจราจรทางบก

“ความเร็วรอบสูงสุด” หมายความว่า ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ดีเซลในขณะที่เร่งเครื่องสูงสุดโดยลิ้นอากาศเปิดเต็มที่ หรือความเร็วรอบของเครื่องยนต์เบนซินในขณะที่เครื่องสามารถให้กำลังสูงสุด ทั้งนี้เครื่องยนต์ดังกล่าวต้องอยู่ในเกียร์ว่าง

โดยในประกาศฉบับนี้ให้กำหนดให้รถยนต์ที่ใช้ทางในขณะที่เดินเครื่องอยู่กับที่โดยไม่รวมแตรสัญญาณ จะต้องมีค่าระดับเสียงไม่เกิน

(1) 85 เดซิเบล(เอ) เมื่อตรวจสอบในระยะห่างจากรถยนต์ 7.5 เมตร หรือ

(2) 100 เดซิเบล(เอ) เมื่อตรวจสอบในระยะห่างจากรถยนต์ 0.5 เมตร

ตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานระดับเสียงชุมชนในพื้นที่ต่าง ๆ

ประเภทพื้นที่	ค่าระดับเสียงที่เป็นอันตรายต่อสุภาพ		ค่าระดับเสียงที่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ	
	Leq (24) dB(A) ไม่เกิน	ค่าสูงสุด dB(A) ไม่เกิน	Leq (24) หรือ Ldn dB(A) ไม่เกิน	Leq (5 นาที) dB(A) ไม่เกิน
ก	70	120	Leq (24)55	60
ข	70	120	Ldn 67	กลางวัน 65 กลางคืน 60
ค	70	120	Ldb 70	กลางวัน 70 กลางคืน 70
ง	70	120	Leq(24) 70	75
ทุกประเภท	70	120	-	-

หมายเหตุ พื้นที่ประเภท ก หมายถึง พื้นที่ที่ต้องการความเงียบสงบมากเพื่อวัตถุประสงค์ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ประวัติศาสตร์ และโบราณคดี ซึ่งได้แก่ที่ดินประเภทต่าง ๆ ตามกฎหมายว่าการด้วยผังเมือง คือ

(1) ที่ดินประเภทชนบท และเกษตรกรรม

(2) ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการ และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

3) ที่ดินประเภทอนุรักษ์เพื่อประวัติศาสตร์และโบราณคดี

พื้นที่ประเภท ข หมายถึง พื้นที่ที่ต้องการความเงียบสงบเพื่อวัตถุประสงค์ในการอยู่อาศัยและประกอบกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ที่ดินประกอบการประเภทต่าง ๆ ตามกฎหมายว่าด้วยการผังเมือง คือ

(1) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย

(2) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง

(3) ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา

(4) ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา

(5) ที่ดินประเภทสถาบันราชการ

พื้นที่ประเภท ค หมายถึง พื้นที่ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการอยู่อาศัยและประกอบกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ ที่ดินประเภทต่าง ๆ ตามกฎหมายว่าด้วยการผังเมือง คือ

(1) ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก

พื้นที่ประเภท ง หมายถึง พื้นที่ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการประกอบกิจการอุตสาหกรรม ซึ่งได้แก่ ที่ดินประเภทต่าง ๆ ตามกฎหมายว่าด้วยการผังเมือง คือ

(1) ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า

(2) ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจหรือประเภทของพื้นที่ ดังตารางที่ 5 และมาตรฐานระดับเสียงในด้านต่าง ๆ ดังตารางที่ 6

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535)

ตารางที่ 5 ประเภทของพื้นที่

พื้นที่	ประเภทของพื้นที่
1	พื้นที่ที่ต้องการความเงียบสงบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่เป็นโรงพยาบาล หรือสถานพักฟื้น
2	พื้นที่ที่ต้องการความสงบสำหรับพื้นที่ที่พักอาศัย
3	พื้นที่ที่เป็นย่านธุรกิจการพาณิชย์ อุตสาหกรรม และพื้นที่ที่เป็นที่พักอาศัยของประชากรในท้องถิ่น
4	พื้นที่สงวนไว้สำหรับเป็นย่านอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ซึ่งจะต้องมีการตรวจวัดเพื่อป้องกันสุขภาพของประชาชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่นี้

ที่มา: กรมอนามัย (2535)

ตารางที่ 6 มาตรฐานระดับเสียงในย่านต่าง ๆ

มาตรฐาน	ระดับเสียงสูงสุดที่เสนอแนะ (dB(A))	
	ที่พักอาศัย	สถานศึกษา
United States Environmental Protection Agency (USEPA)	Ldn = 45	Leq = 45
World Health Organization (WHO)	Leq = 45	
World Bank Environmental Guildline	Ldn = 45	Leq (24) = 45
Ministry Environment of Canada	Leq = 50	Leq = 45

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2535)

ตารางที่ 7 ระดับเสียงสูงสุดที่จะไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อประชาชน

สภาพแวดล้อม	ระดับเสียงที่เสนอแนะ Leq (เดซิเบล(เอ))	ผลกระทบ
ชุมชนทั่วไปและชุมชนในเขตเมือง(Outdoor)		
-เวลากลางวัน (07.00-22.00 น.)	55	เกิดการรบกวนเพิ่มขึ้น
-เวลากลางคืน (22.00-07.00 น.)	45	รบกวนต่อการนอนหลับพักผ่อนเพิ่มขึ้น
ภายในที่พักอาศัยทั่วไป(Indoor)		
-เวลากลางวัน (07.00-22.00 น.)	45	รบกวนการพูดคุยหรือการติดต่อสื่อสาร
-เวลากลางคืน (22.00-07.00 น.)	35	รบกวนการพักผ่อนนอนหลับ

ที่มา: กรมอนามัย (2535)

ตารางที่ 8 ระดับเสียงสูงสุดที่จะไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อประชาชน

พื้นที่	วิธีการตรวจวัด	ระดับเสียงรบกวนภายในที่พักอาศัย (เดซิเบล(เอ))	ระดับเสียงรบกวนชุมชนทั่วไป (เดซิเบล(เอ))
-พื้นที่ที่พักอาศัยนอกเมืองและพื้นที่ที่พักอาศัยประกอบกิจการค้าด้านเกษตรกรรม(Outdoor)	Ldn	45	55
-พื้นที่ที่พักอาศัยทั่วไป	Ldn	45	-
-โรงพยาบาล	Ldn	45	55
-สถานศึกษา	Leq (24)	55	-

ที่มา: กรมอนามัย (2535)

ตารางที่ 9 ระดับเสียงสูงสุดที่จะไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อประชาชน

สภาพแวดล้อม	ระดับเสียงสูงสุดที่เสนอแนะ (เดซิเบล(เอ))	ผลกระทบ
-ชุมชนทั่วไปภายนอกที่พักอาศัย (Outdoor)และสถานที่ทั่วไปที่เงียบสงบ	Ldn = 55	ก่อให้เกิดการรบกวนต่อกิจกรรมภายนอกที่พักอาศัย
-พื้นที่ภายนอกซึ่งประชาชนจำกัดเวลา เสียงรบกวน เช่น โรงเรียน สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ ฯลฯ	Leq (24) = 55	ก่อให้เกิดการรบกวนต่อกิจกรรมภายนอกที่พักอาศัย
-ภายในที่พักอาศัย(Indoor) เช่น โรงเรียน สถาบันศาสนา	Leq (24) = 45	ก่อให้เกิดการรบกวนต่อกิจกรรมภายใน

ที่มา: กรมอนามัย (2535)

2.2 มาตรฐานเสียงยานพาหนะทางน้ำ

“เรือ” หมายความว่า เรือกลตามกฎหมายว่าด้วยเรือไทย ซึ่งได้แก่ เรือที่เดินด้วยกำลังเครื่องจักรกลจะใช้กำลังอื่นด้วยหรือไม่ก็ตาม

“น่านน้ำไทย” หมายความว่า ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ดีเซล ในขณะที่เร่งเครื่องสูงสุดโดยลิ้นอากาศเปิดเต็มที่ หรือความเร็วรอบของเครื่องยนต์เบนซินในขณะที่เครื่องสามารถให้กำลังงานสูงสุด ทั้งนี้เครื่องยนต์ดังกล่าวต้องอยู่ในเกียร์ว่างหรือไม่มีภาระ โดยเรือที่ใช้ในน่านน้ำไทย ขณะที่เดินเครื่องยนต์อยู่กับที่โดยไม่รวมเสียงแตรสัญญาณ จะต้องมีค่าระดับเสียงไม่เกิน 100 เดซิเบล(เอ) ที่วัดได้ด้วยมาตรระดับเสียงที่ระยะห่างท่อไอเสียของเรือหรือกาบเรือ 0.5 เมตร

3. มาตรฐานเสียงที่เกี่ยวข้องกับสถานประกอบการ

3.1 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2514) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

หมวดที่ 12 การป้องกันอุบัติเหตุหรืออันตรายจากเครื่องจักร เครื่องมือ เครื่องเคลื่อนย้าย หยิบยก หรือลำเลียงวัสดุ สายไฟฟ้า หรือวัตถุอันเป็นสื่อส่งกำลังในโรงงาน

ข้อ 39 ต้องจัดให้ทุกคนอยู่ในบริเวณงานที่มีเสียงดังเกินกว่า 80 เดซิเบล(เอ) หรือเสียงดังอันอาจจะเป็นอันตรายต่อแก้วหู อุดหูด้วยที่อุดหู (Ear Plug) ที่มีประสิทธิภาพ

ข้อ 40 ต้องจัดให้ทุกคนที่อยู่ในบริเวณงานที่อาจจะเป็นอันตรายต่อใบหูและรูหูสวมเครื่องป้องกันหู (Ear Guard) ที่มีประสิทธิภาพ

3.2 ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม หมวด 3 เสียง

ข้อ 13 ภายในสถานที่ประกอบการ ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงานดังนี้

(1) ไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 91 เดซิเบล(เอ)

(2) เกินวันละ 7 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 8 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 90 เดซิเบล(เอ)

(3) เกินวันละ 8 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 80 เดซิเบล(เอ)

ข้อ 14 นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่ที่มีระดับเสียงเกินกว่า 140 เดซิเบล(เอ) มิได้

ข้อ 15 ภายในสถานที่ประกอบการที่มีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันเกินกว่าที่กำหนดไว้ใน ข้อ 13 ให้นายจ้างแก้ไข หรือปรับปรุงสิ่งที่เป็นต้นกำเนิดของเสียงหรือทางผ่านของเสียง มิให้มีระดับเสียงดังเกินกว่าที่กำหนดไว้ในข้อ 13

ข้อ 16 ในกรณีไม่อาจปรับปรุง หรือแก้ไขตามความในข้อ 15 ได้ให้นายจ้างจัดให้ลูกจ้างสวมใส่ปลั๊กลดเสียง หรือครอบหูลดเสียงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในหมวด 4 ตลอดเวลาที่ทำงาน

รัตนา (2541) อ้างถึง Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor กำหนดค่าระดับเสียดังที่อาจได้ยินหรือสัมผัสในระยะหนึ่ง ๆ ดังตารางที่ 10 และ ACGIH (American Conference of Govermmental Industrial Hygienests) กำหนดค่าของระยะเวลาที่สามารถสัมผัสเสียงได้ดังตารางที่ 11

สำหรับมาตรฐานระดับเสียง ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนงานในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยนั้น กรมอนามัยกำหนดไว้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 10 ค่าระดับเสียงดังที่อาจได้ยินหรือสัมผัสในระยะหนึ่ง ๆ

ระยะเวลาในการสัมผัสต่อวัน *PEL (ชั่วโมง)	ระดับเสียง(เดซิเบล(เอ)) Slow Response
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
½	110
¼ หรือน้อยกว่า	115

หมายเหตุ PEL (Permissible Noise Exposure Level)

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก รัตนา (2541)

ตารางที่ 11 ระยะเวลาที่สามารถสัมผัสเสียงได้

เวลา	ระยะเวลาที่สัมผัสได้ต่อวัน	ระดับเสียง(เดซิเบล(เอ))
ชั่วโมง	24.00	80
	16.00	82
	8.00	85
	4.00	88
	2.00	91
	1.00	94
นาที	30.00	97
	15.00	100
	7.50	103
	3.75	106
	1.88	109
	0.94	112
วินาที	28.12	115
	14.06	118
	7.03	121
	3.52	124
	1.76	127
	0.88	130
	0.44	133
	0.22	136
	0.11	139

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก รัตนา (2541)

<u>ตารางที่ 12</u> มาตรฐานระดับเสียงที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับเสียงที่ดังต่อเนื่องกันตลอดเวลา

ระดับเสียง Slow Response (dB(A))	เวลา		ระดับเสียง Slow Response (dB(A))	เวลา	
	ชั่วโมง	นาที		ชั่วโมง	นาที
85	16	00	101	1	44
86	13	56	102	1	31
87	12	08	103	1	19
88	10	34	104	1	09
89	9	11	105	1	00
90	8	00	106	0	52
91	6	58	107	0	46
92	6	04	108	0	40
93	5	17	109	0	34
94	4	36	110	0	30
95	4	00	111	0	26
96	3	29	112	0	23
97	3	00	113	0	20
98	2	50	114	0	17
99	2	15	115	0	15
100	2	00			

ที่มา: กรมอนามัย (2535)

ผลกระทบของมลพิษทางเสียงและการควบคุมผลกระทบทางเสียง

ผลกระทบของเสียงต่อสุขภาพมนุษย์

ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ เป็นผลกระทบทางตรงของเสียงที่มนุษย์ได้รับ เช่น การได้รับเสียงที่ดังมาก ๆ ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ๆ อาจจะทำให้หูหนวกได้สำหรับผลกระทบตรงต่อมนุษย์สามารถแบ่งได้ ดังนี้

1. ผลกระทบด้านสุขภาพอนามัย

สุขภาพอนามัยของมนุษย์ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งอันตรายของเสียงที่จะเกิดขึ้นต่ออวัยวะรับเสียงในหูทั้งนี้ ระดับความรุนแรงจากอันตรายที่เกิดจากเสียงนั้นขึ้นอยู่กับสภาพลักษณะของเสียง และระดับความดังของเสียงที่บุคคลนั้นสัมผัสประกอบด้วยระยะเวลาในการสัมผัส และความทนทานของบุคคลนั้น ๆ ในการรับสัมผัสซึ่ง เกษม (2541) สามารถแบ่งผลกระทบของเสียงเป็น 2 ประเภทดังนี้ คือ

1.1 ระบบการได้ยิน

อันตรายของเสียงต่อระบบการได้ยิน ส่วนใหญ่เป็นอันตรายที่เกิดขึ้นกับหูชั้นในที่อวัยวะรับเสียงส่วนที่อยู่ภายในกระดูกก้นหอย (cochlea) ซึ่งเป็นอวัยวะที่ละเอียดอ่อนและเปราะบางมากโดยจะมีการเคลื่อนไหวสั่นสะเทือนอยู่ตลอดเวลาที่ได้ยินเสียง หรือเมื่อมีคลื่นเสียงมากระทบไม่ว่าเสียงนั้นจะดัง หรือค่อย เสียงยิ่งดังมาก ก็จะยิ่งทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของอวัยวะรับเสียงมากขึ้น อันเป็นเหตุให้เกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ หรือเกิดการทำลายเซลประสาททำให้เกิดอาการหูตึง หรือหูหนวกได้ อันตรายที่เกิดขึ้นต่อระบบการได้ยินของคนเรา หรือการสูญเสียการได้ยินอันเนื่องมาจากเสียงนั้น เป็นลักษณะอาการที่ความสามารถในการได้ยินเสียงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับหูคนปกติ การสูญเสียการได้ยินนั้นโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ 4 ประการ คือ

(1) ระดับความดังของเสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียง

(2) ระดับความดังของเสียงในแต่ละความถี่

(3) ระยะเวลาที่บุคคลได้รับหรือสัมผัสเสียงนั้น ๆ

(4) ลักษณะเฉพาะของบุคคล และสมรรถนะความทนได้ของบุคคล

ความเข้มของเสียง ชนิดของเสียง ความถี่ของเสียง ระยะเวลาที่ได้รับเสียงต่อวน จำนวนปี ความไวต่อเสียงของแต่ละคน อายุ ระยะทาง และตำแหน่งของหูถึงแหล่งเสียง ผลรวมของการสูญเสียการได้ยินกับโรคหู สภาพแวดล้อมของแหล่งเสียง เหล่านี้ล้วนมีผลกระทบต่อการได้ยินทั้งสิ้น

1.2 การสูญเสียการได้ยิน

การสูญเสียการได้ยินแยกออกเป็น 2 ลักษณะที่ปรากฏในประเทศไทย คือ

(1) การสูญเสียการได้ยินแบบชั่วคราว (temporary hearing loss) จะเกิดขึ้นเมื่อหูได้รับเสียงที่ดังสม่ำเสมอ และต่อเนื่องกันที่มีระดับความเข้มสูงถึงระดับอันตราย 100 เดซิเบล(เอ) (หรือมากว่า) ความถี่ของเสียงที่พบว่าก่อให้เกิดการสูญเสียการได้ยินเพียงชั่วคราวเป็นส่วนใหญ่คือ ความถี่ 4,000 เฮิร์ทซ์ และ 6,000 เฮิร์ทซ์ นอกจากนี้ระยะเวลาในการรับเสียงจะต้องนานพอสมควรอาการหูตึงหรือหูหนวกชั่วคราว ทั้งนี้เนื่องจากเสียงที่ดังนั้นยังไม่ดังมากพอหรือนานพอที่จะทำให้เกิดการทำลายปลายประสาท และเซลล์ประสาทอย่างถาวร อาการหูตึงหรือหูอื้อชั่วคราว อาจกลับคืนเป็นปกติได้ ถ้าได้พักจากการฟังเสียงดังสักชั่วระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งอาจกลับคืนเป็นปกติหลังจากพักได้ 2-3 ชั่วโมง หรือในวันหลังจากได้ออกจากบริเวณที่มีเสียงดัง

(2) การสูญเสียการได้ยินแบบถาวร (permanent hearing loss) จะเกิดขึ้นเมื่อหูได้รับเสียงที่มีความเข้มสูงมากเป็นประจำและเป็นระยะเวลานานหลายปีลักษณะการสูญเสียการได้ยินแบบถาวรนี้จะเหมือนกับการสูญเสียการได้ยินชั่วคราว จะแตกต่างกันตรงที่การสูญเสียแบบถาวรนี้ไม่มีโอกาสกลับคืนสู่สภาพการได้ยินเป็นปกติได้และไม่มีทางรักษาให้หายเลย ช่วงความถี่ของเสียงที่ทำให้เกิดการสูญเสียแบบถาวรอยู่ระหว่าง 3,000 ถึง 6,000 เฮิร์ทซ์และส่วนใหญ่จะพบที่ความถี่ 4,000 เฮิร์ทซ์ ที่มีระดับความเข้ม 65 เดซิเบล(เอ) หรือสูงกว่า

การสูญเสียการได้ยินแบบถาวรอาจจะเกิดขึ้นได้จากสิ่งอื่น หรือสาเหตุอื่นที่นอกเหนือจากการได้รับเสียง เช่น ยาที่ใช้รักษาโรคบางชนิด อาจจะทำให้เกิดความผิดปกติของหูได้ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นเมื่อคนมีอายุมากขึ้นได้ ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า เพรสบายคูซีส (presbycusis) ทั้งการสูญเสียการได้ยินที่เกิดจากเสียง และเพรสบายคูซีส ซึ่งการสูญเสียการได้ยินจากสาเหตุทั้งสองนี้จะไม่สามารถแยกความแตกต่างได้โดยวิธีการทดสอบการได้ยินของหูคน (audione test) อาการหูตึง หรือหูหนวกอย่างถาวรเป็นอาการที่เกิดขึ้นมาเนื่องจากเสียงที่ได้รับนั้นดังมากเกินไปจนถึงขั้นทำลายประสาทและเซลประสาทอย่างถาวร ทำให้การสูญเสียการได้ยินไม่อาจกลับคืนดีได้แม้ว่าจะได้พักเป็นเวลานานเท่าใดแล้วก็ตาม

การสูญเสียการได้ยินแบบถาวรที่เป็นอันตรายอย่างเฉียบพลันการสูญเสียเกิดจากการที่บุคคลนั้นได้รับหรือสัมผัสเสียงที่ดังมากในทันที เช่น เสียงระเบิด เสียงประทัด เสียงฟ้าผ่า เนื่องจากลักษณะการรับเสียงที่ดังมากในทันทีดังกล่าวจะทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนภายในอวัยวะรับเสียงอย่างมากจนเกิดการฉีกขาดทำลายในบางกรณีไม่เพียงแต่ทำให้ปลายประสาทและเซลล์ประสาทถูกทำลายเท่านั้น อาจทำให้แก้วหูฉีกขาดไปด้วย ซึ่งผลก็คือบุคคลนั้นจะสูญเสียการได้ยินโดยทันทีทันใดเช่นกัน

2. ผลกระทบต่อสุขภาพจิต

นอกจากเสียงจะเป็นอันตรายต่อระบบการได้ยินของหูแล้ว เสียงจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพจิตด้วยผู้ที่ได้ยินเสียงดังจะก่อให้เกิดความหงุดหงิด รำคาญใจ ซึ่งเกษม (2541) ได้สรุปอันตรายต่อสุขภาพจิตใจ และสุขภาพอื่น ๆ นอกจากหูได้ดังนี้

2.1 เสียงรบกวนการหลับนอน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของบุคคลและขึ้นอยู่กับลักษณะของเสียงรบกวนด้วยว่ามีระดับความดังมากน้อยยาวนานเพียงใด โดยทั่วๆ ไปแล้วในสถานที่พักผ่อนหลับนอนไม่ควรมีเสียงดังเกินกว่า 50 เดซิเบล(เอ)

2.2 เสียงรบกวนการทำงานและประสิทธิภาพการทำงานจากการศึกษาวิจัยพบว่าเสียงที่ดังติดต่อกันตลอดเวลานั้น อิทธิพลของเสียงอาจทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงานและทำให้ความถูกต้องแม่นยำในการปฏิบัติงานเสียไปด้วย

2.3 อิทธิพลของเสียงต่อสุขภาพทั่ว ๆ ไปถึงแม้จะยังไม่อาจจะพิสูจน์ได้อย่างแน่ชัด แต่ก็มีข้อมูลที่เชื่อถือได้ว่าเสียงที่มีความดังเกินไปนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างแน่นอนโดยมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น ความดันโลหิตสูงขึ้น การทำงานของกระเพาะอาหารผิดปกติเกิดความตึงเครียด และทำให้เกิดชีพจรเต้นผิดปกติเกิดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อรวมทั้งอาจเกิดโรคต่อมไทรอยด์เป็นพิษได้

นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของผิวหนังและ electrical activity ของสมอง (EEG) ต่อหัวในอัตราการหายใจและใน groos motor activity ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของ endocrine gland system การเปลี่ยนแปลงความดันเลือด การหดตัวของเส้นเลือด การขยายของม่านตา นอกจากนี้การสังเกตพบว่าจะมีการระคายเคือง การคลื่นไส้ การเมื่อยล้า ความโกรธ อาการนอนไม่หลับ ลดความต้องการทางเพศ และลดการอยากกินเนื้อสัตว์ ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุทำให้สูญเสียการได้ยิน ทำให้สุขภาพจิตไม่ดีทำให้ผลผลิตลด (reduction in productivity) หรืออาจทำให้สูญเสียชีวิตได้ (Webb, 1976)

3. ผลกระทบด้านการติดต่อสื่อสาร

การติดต่อสื่อสารถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมนุษย์ไม่ว่าจะเป็นการพูดคุย เจรจาไม่ว่าจะเป็นการพูดคุยโดยตรง การพูดคุยผ่านทางโทรศัพท์ หรือแม้แต่เครื่องขยายเสียงหรือเสียงที่มีความหมายอื่น ๆ เช่น สัญญาณเตือนภัย เสียงดังจะขัดขวางไม่ให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพขาดความชัดเจน อาจจะขัดขวางการทำงาน การพัก หรือบางครั้งอาจจะก่อให้เกิดอันตรายเหตุร้ายต่าง ๆ ขึ้นได้

4. ผลกระทบต่อสังคม

จากที่ทราบแล้วว่าเสียงมีผลกระทบต่อการได้ยินของมนุษย์ การรับรู้ของมนุษย์นอกจากนี้ยังกระทบต่อการติดต่อสื่อสาร การพักผ่อนนอนหลับบางครั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น ความดันโลหิตสูง การทำงานของกระเพาะอาหารผิดปกติ ก่อให้เกิดปัญหาเครียดและความหงุดหงิดรำคาญใจ ไม่สบายใจ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการทะเลาะเบาะแว้งเกิดขึ้นระหว่างบุคคลได้ ก่อให้เกิดเป็นปัญหาสังคม อย่างอื่นตามมาอีกมากมายจนอาจเป็นเหตุให้เกิดอาชญากรรมได้

5. ผลกระทบต่อเศรษฐกิจ

จากการศึกษาวิจัยพบว่า เสียงที่ดังติดต่อกันตลอดเวลานั้นมีผลทำให้เกิดการล่าช้าในการปฏิบัติงาน และทำให้ความถูกต้องแม่นยำในการปฏิบัติงานสูญเสียไปอีกด้วย นอกจากนี้เสียงดังจะส่งผลให้ผู้ทำงานในสถานประกอบการต่าง ๆ มีอาการหูหนวก และหูตึงได้ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่จะส่งผลให้คุณภาพของงานไม่ว่าจะเป็นสินค้าหรือผลผลิตลดลงด้วยในปัจจุบันกฎหมายคุมครองโรงงานอุตสาหกรรมผู้ประกอบการจำเป็นจะต้องจ่ายเงินหรือรักษาพยาบาลลูกจ้าง คนงาน ที่เกิดปัญหาผลกระทบจากเสียงดังในสถานประกอบการ ก่อให้เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตของสถานประกอบการนั้น ๆ ด้วยในบริเวณย่านการค้าบางแห่ง เช่น ถนนเจริญกรุง เยาวราช ฯลฯ มีตึกสองข้างถนนและมีรถจอแจ นอกจากเสียงดังที่เกิดจากยานยนต์แล้ว ยังมีเสียงสะท้อนจากตึกทั้งสองข้างถนน ระดับเสียงจึงสูงมากกว่าปกติ นอกจากนี้ผลเสียทางเศรษฐกิจอาจเกิดขึ้นในบริเวณที่มีเสียงดัง เช่น ที่ดินในบริเวณที่ใกล้สนามบิน หรือโรงงานอุตสาหกรรมจะมีราคาถูก เพราะไม่มีคนต้องการซื้อเพื่ออยู่อาศัย บางครั้งเราต้องใช้จ่ายจำนวนมากเพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องเสียง หรือผลของปัญหาเรื่องเสียง

<u>มาตรการการลดผลกระทบทางเสียง</u>

กรมอนามัย (2535); เกษม (2541) กล่าวว่าโดยทั่วไปแล้ววิธีการในการลดหรือควบคุมระดับเสียงแบ่งได้ 4 ประการ คือ

1. การควบคุมที่แหล่งกำเนิด

1.1 การออกแบบเครื่องจักรใด ๆ ต้องให้ได้มาตรฐานเกี่ยวกับระดับเสียงที่เกิดขึ้น

1.2 การวางผังหรือออกแบบวัดระยะเครื่องจักร เครื่องยนต์ที่มีเสียงดังไว้ห่างไกลจากสำนักงานหรือที่พักผ่อน

1.3 ควบคุมหรือแยกขบวนการที่ทำให้เกิดความสั่นสะเทือนออกต่างหาก

1.4 บุด้วยวัสดุบริเวณพื้นผิวที่มีการสั่นสะเทือน

1.5 ใช้วัสดุดูดซับเสียงบริเวณพื้นผิวที่มีการสั่นสะเทือน

1.6 ออกแบบเพื่อลดเสียงที่เกิดจากหัวฉีดลมหรือแก๊ส

1.7 ติดเครื่องเก็บเสียงหรือเครื่องกรองเสียงสำหรับเครื่องยนต์

1.8 การจัดหาที่ปิดล้อมเครื่องจักร (enclosure) ทำได้โดยนำวัสดุดูดซับเสียง

1.9 อุปกรณ์เครื่องจักรที่หมุนแกว่งหรือเคลื่อนที่ได้ต้องปรับให้ได้ศูนย์หรือสมดุล

1.10 ใช้น้ำมันหล่อลื่นช่วยลดการเสียดสีชิ้นส่วนของเครื่องจักร

1.11 ไม่ใช้เครื่องจักร เครื่องยนต์ ในอัตราที่เร็วเกินไป

1.12 เลือกใช้เครื่องจักร เครื่องยนต์ ตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ชนิดที่มีเสียงดังน้อยกว่า เป็นต้น

1.13 ออกกฎหมายควบคุมแหล่งกำเนิดทุก ๆ แหล่งให้มีเสียงที่ออกมาได้ไม่เกินขีดจำกัดที่มนุษย์สามารถจับได้

2. การควบคุมเสียงที่ทางผ่านของเสียง

การควบคุมเสียงที่ทางผ่านของเสียงจะทำได้ 2 ลักษณะคือ

2.1 เพิ่มระยะทางระหว่างแหล่งของเสียงกับผู้ปฏิบัติงานหรือประชาชน ซึ่งระยะทางยิ่งห่างเท่าไรระดับเสียงดังที่จะถึงผู้รับก็จะลดลงเท่านั้น

2.2 โดยใช้วัสดุเก็บดูดซับเสียงหรือกั้นเสียง (acoustic shield barriers) เพื่อกั้นหรือดูดกลืนเสียงหรือเบี่ยงเบนทิศทางของเสียงดังออกไป โดยการครอบปิดเครื่องจักรทั้งหมดหรือสร้างเป็นห้องเก็บเสียงหรือปลูกสร้างสิ่งกีดขวาง เช่น กำแพงกั้นเสียง หรือต้นไม้ เป็นต้น

3. การควบคุมเสียงที่ผู้รับเสียง

3.1 โดยการบริหารหรือจัดการเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดอันตรายสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับเสียงเกินมาตรฐาน โดยอาศัยหลักการจำกัดเวลาการทำงานของผู้ปฏิบัติงานให้น้อยลง และดำเนินการอย่างเคร่งครัด เช่น จัดตารางการทำงานเพื่อว่าผู้ปฏิบัติงานจะได้ไม่ทำงานในที่มีเสียงดังนานเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด หรือกำหนดระยะเวลาการใช้รถยนต์บางประเภทเพื่อไม่ให้เกิดเสียงดังต่อประชาชนมากเกินไป

3.2 การใช้เครื่องป้องกันอันตรายต่อหู

จุดมุ่งหมายเพื่อลดความเข้มข้นของเสียงที่จะผ่านไปในช่องหู เครื่องป้องกันหูอาจแบ่งเป็น 4 คือ

(1) เครื่องอุดหู (ear plugs) เป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เบา พกพาสะดวกและไม่กีดขวางการทำงาน

(2) เครื่องครอบหู (ear muffs) เป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเดียว ขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่า ear plugs ในการห้องกันเสียงความถี่ต่ำกว่า 1,000 เฮิร์ทซ์ สามารถลดระดับเสียงได้ถึง 30 ถึง 40 เดซิเบล(เอ)

(3) semi - insert เป็นอุปกรณ์ที่รวมข้อดีของ ear plugs และ ear muffs เข้าไว้ด้วยกันกล่าวคือ อุปกรณ์จะมีขนาดเล็ก ไม่กีดขวางการทำงาน พกพาได้ง่ายและให้ประสิทธิภาพในการป้องกันเสียงสูงพอสมควร

(4) helmet เป็นอุปกรณ์ป้องกันเสียงที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีลักษณะคล้ายหมวกกันน็อคอย่างไรก็ดีอุปกรณ์ป้องกันเสียงเหล่านี้ จะมีความสามารถในการลดเสียงประมาณ 15 – 35 เดซิเบล(เอ) (ในกรณีที่ผู้ใช้อุปกรณ์อย่างถูกวิธี) ดังนั้นหากมีการนำเอาอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ มาใช้โดยมิได้มีการเตรียมการให้ดีในการที่จะทำให้ผู้ใช้ยอมรับ หรือทัศนคติที่ดีต่อสิ่งนั้นก่อนแล้วก็อาจจะทำให้เกิดความล้มเหลวหรือมีประสิทธิภาพทำก็ได้

ความสามารถในการลดระดับความดังของเสียงของวัสดุกั้นและดูดซับเสียง

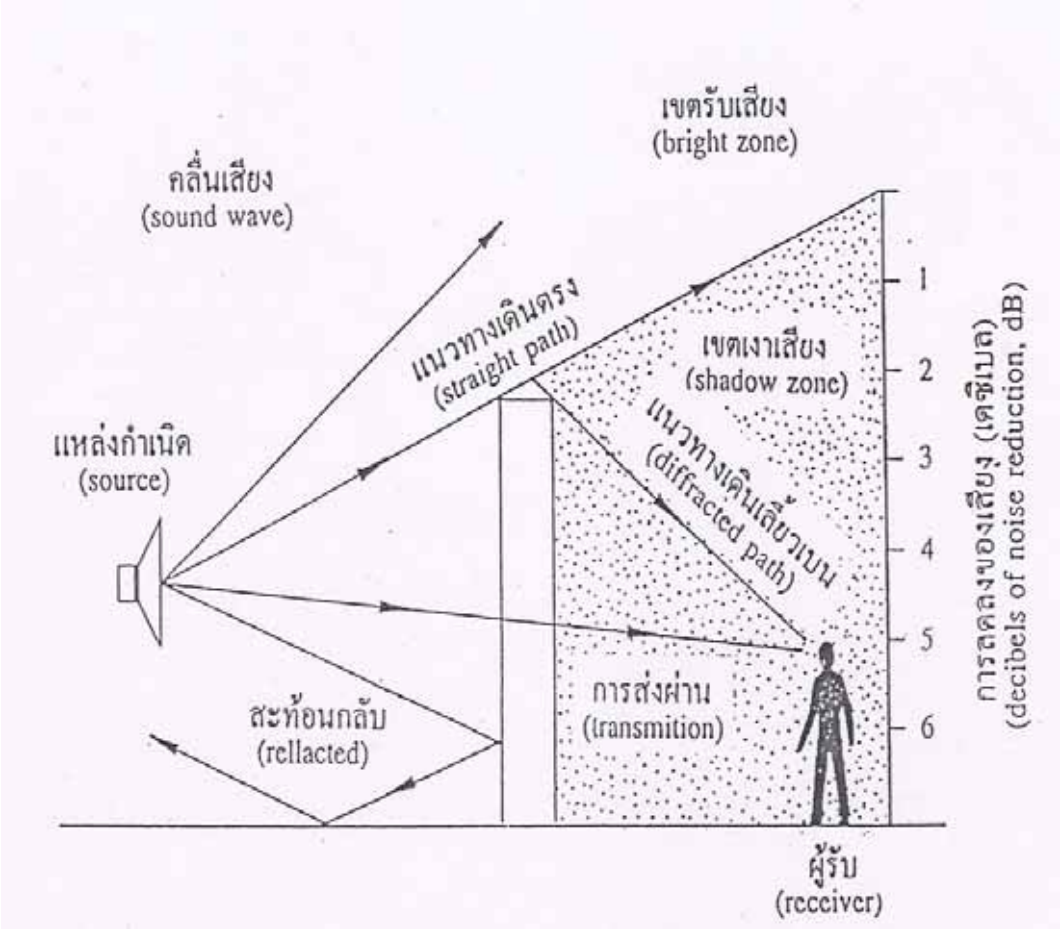
ความสามารถในการลดระดับความดังของเสียงของวัสดุกั้นเสียง

Webb (1976) อธิบายว่า เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัตถุกั้นเสียงใด ๆ เช่น ผนัง หรือกำแพงจะเกิดปรากฏการณ์ที่สำคัญ 3 ประการ โดยพลังงานของคลื่นเสียงบางส่วนถูกส่งผ่านวัตถุไปยังอีกด้านหนึ่ง พลังงานบางส่วนถูกดูดกลืนโดยวัตถุนั้น และส่วนที่เหลือจะสะท้อนกลับเข้าสู่ตัวกลางเดิม จากกฎทรงพลังงานสามารถแสดงปรากฏการณ์ข้างต้นด้วยสมการที่ (25)

$$Ei = Er + Ea + Et \qquad \text{------ (25)}$$

โดย Ei = พลังงานเสียงที่ตกกระทบวัตถุ
Er = พลังงานเสียงที่สะท้อนออกจากวัตถุ
Ea = พลังงานเสียงที่ถูกดูดกลืนในวัตถุ
Et = พลังงานเสียงที่ส่งผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของวัตถุ

พลังงานของคลื่นเสียงที่ถูกดูดกลืน หรือ พลังงานของคลื่นเสียงที่ลดลงเมื่อผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของวัตถุนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปอื่น ซึ่งส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนกลายเป็นพลังงานความร้อน และจากแนวความคิดเกี่ยวกับการตกกระทบของคลื่นเสียงบนวัตถุใด ๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมและป้องกันเสียงรบกวนได้ โดยนำเอาวัตถุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนหรือสะท้อนคลื่นเสียง มาวางกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้รับเสียง ทั้งนี้ Thumman and Miller (1986) กล่าวว่า การลดระดับความดังเสียงทำได้โดยใช้กำแพงกั้นเสียง สำหรับการติดตั้งสามารถทำได้หลายรูปแบบ คือ ปิดล้อมแหล่งกำเนิดเสียง ปิดล้อมผู้รับเสียง และกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้รับเสียง สำหรับการลดระดับของเสียงจะขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้งกำแพงเสียง อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุกั้นเสียงก็เป็นตัวกำหนดความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุกั้นเสียงนั้น ๆ ด้วย ผลของกำแพงกั้นเสียงเมื่อมีคลื่นเสียงเดินทางผ่านดังแสดงในภาพที่ 6



<u>ภาพที่ 6</u> ผลของกำแพงกั้นเสียงเมื่อมีคลื่นเสียง

ที่มา: Harris (1991)

ดัชนีระบุสมรรถนะในการระดับความดังเสียง

จากแนวคิดต่าง ๆ เกี่ยวกับการดูดกลืนและการส่งผ่านคลื่นเสียงของวัตถุ พบว่า หากต้องการลดความรุนแรงของปัญหามลพิษทางเสียงในบริเวณใด สามารถทำได้โดยการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงได้ดี หรือวัสดุที่มีคุณสมบัติในการส่งผ่านเสียงได้ไม่ดีอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้ง 2 อย่างมาติดตั้งเพื่อช่วยในการควบคุมความดังของเสียงที่จะผ่านไปยังผู้รับเสียงโดยดัชนีที่ใช้สำหรับบ่งบอกถึงสมรรถระในการลดระดับความดังเสียงของวัสดุมีหลายค่าดังนี้ คือ

1. สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง (transmission coefficient; τ)

การส่งผ่านเสียงสามารถบอกได้โดยค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนของกำลังเสียงที่ส่งผ่านวัตถุต่อกำลังเสียงที่ตกกระทบบนวัตถุนั้น ดังสมการที่ (26)

$$\tau = W_t / W_i \qquad \text{------ (26)}$$

โดย τ = สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง

W_t = กำลังเสียงที่ส่งผ่านวัตถุ (W)

W_i = กำลังเสียงตกกระทบวัตถุ (W)

2. ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (transmission loss; TL)

ในการควบคุมเสียง Olishifski (1975) ได้อธิบายว่าสิ่งที่ต้องกระทำคือ การหยุดคลื่นเสียงเพื่อไม่ให้มีการเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังบริเวณอื่น ซึ่งสามารถทำได้โดยนำกำแพงกั้นเสียง หรือบางครั้งอาจใช้ต้นไม้ มากั้นเพื่อแยกแหล่งกำเนิดเสียงออกจากบริเวณที่ต้องการความสงบ ทั้งนี้การลดระดับความดังของเสียงเนื่องจากการส่งผ่านคลื่นเสียงสามารถอธิบายได้ด้วยค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (transmission loss; TL) ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกำแพงกั้นเสียงนั้น ๆ ด้วย โดยค่า TL สามารถหาได้จากสมการที่ (27)

$$TL = 10\log (W_i / W_t) \qquad \text{------ (27)}$$

โดย TL = ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (dB(A))
W_i = กำลังเสียงที่ตกกระทบวัตถุ (W)
W_t = กำลังเสียงที่ส่งผ่านวัตถุ (W)

3. สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (absorption coefficient; α)

ความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัตถุสามารถอธิบายได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง ซึ่งขึ้นกับพลังงานเสียงที่ตกกระทบกับพลังงานเสียงที่ดูดกลืนของวัตถุนั้น (Walker, 1974) ทั้งนี้ Reynoids (1981) กล่าวว่าเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบผิวของวัตถุดูดกลืนเสียงจะมีพลังงานส่วนหนึ่งที่สะท้อนออกไป อีกส่วนหนึ่งถูกดูดกลืนที่ผิวหนังของวัตถุนั้น โดยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัตถุ หมายถึง อัตราส่วนของพลังงานเสียงที่ถูกดูดกลืนต่อพลังงานเสียงที่ตกกระทบของวัตถุนั้น ๆ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (28)

$$\alpha = W_s / W_i \qquad \text{------ (28)}$$

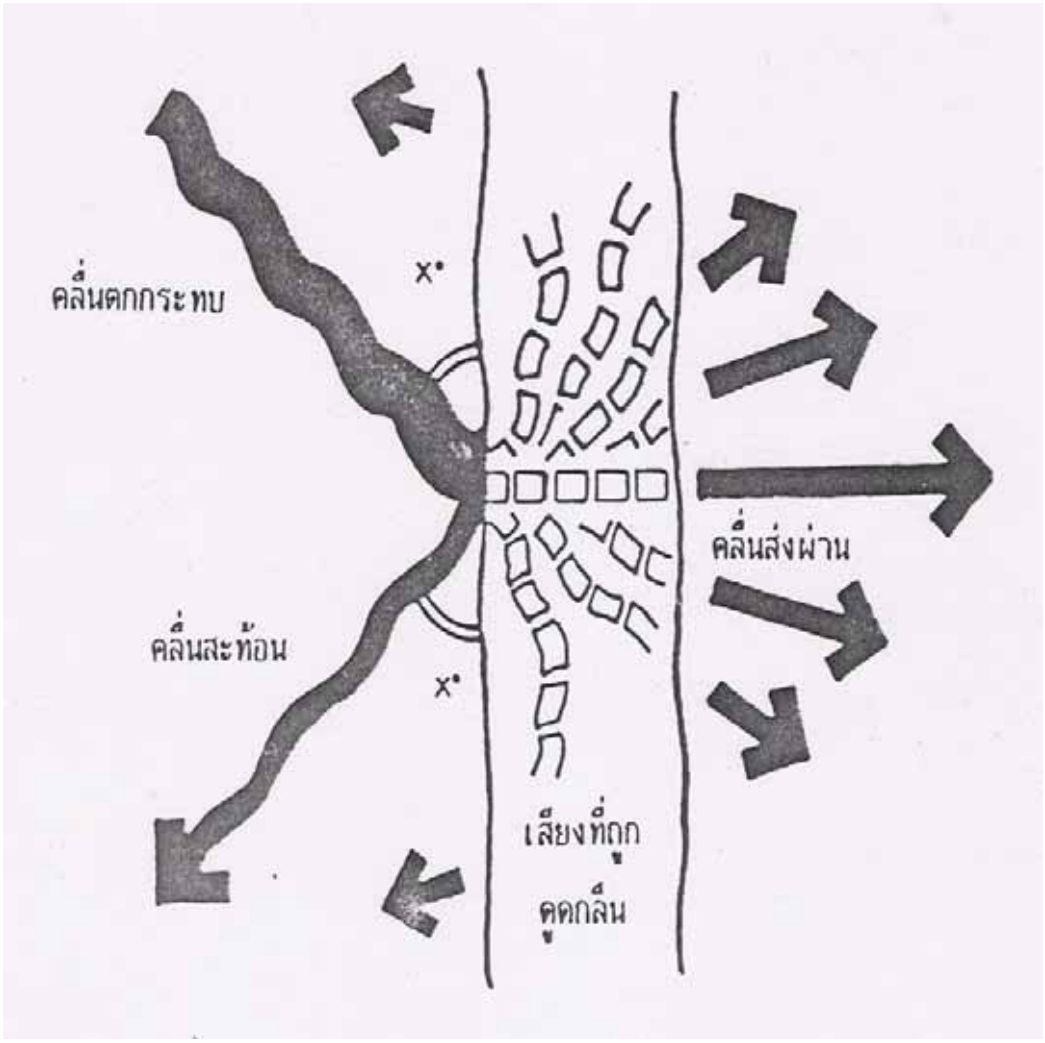
โดย α = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง
W_s = กำลังเสียงที่ถูกดูดกลืนโดยวัตถุ (W)
W_i = กำลังเสียงที่ตกกระทบบนวัตถุ (W)

ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุดังแสดงในภาพที่ 7

<u>แนวทางในการเลือกวัสดุดูดซับเสียง</u>

วัสดุดูดซับเสียงมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นวัสดุดูดซับเสียง ได้แก่ ตาข่ายดูดซับเสียง ต้นไม้/ป่าไม้ สนามหญ้า กำแพงกั้นเสียง หรือแม้แต่วัสดุสะท้อนเสียง ซึ่งเกษม (2541) สรุปแนวทางในการทางการเลือกใช้วัสดุดูดซับเสียงดังนี้ คือ

1. ประสิทธิภาพการดูดซับขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ หรือใช้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบ



<u>ภาพที่ 7</u> ปรากฏการณ์สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านเสียงของวัตถุ

ที่มา : Webb (1976)

2. พิจารณาความถี่ของเสียงที่ต้องควบคุม ถ้าเสียงรบกวนมีความถี่ปานกลางถึงความถี่สูง ควรใช้วัสดุดูดซับเสียงประเภทรูพรุน เนื่องจากวัสดุประเภทรูพรุนจะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงความถี่สูงได้ดีกว่าเสียงความถี่ต่ำ แต่ถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงความถี่ต่ำสามารถกระทำได้โดยการเพิ่มช่องว่างระหว่างชั้นของวัสดุดูดซับและชั้นแข็งด้านล่าง

3. ถ้าเสียงรบกวนมีความถี่ต่ำควรใช้วัสดุดูดซับเสียงประเภทเป็นแผ่น สำหรับใช้บุ (panel absorption) หรือวัสดุดูดซับประเภทโพรงหรือช่อง

4. การใช้วัสดุดูดซับเสียง ควรใช้ในบริเวณหรือสถานที่ที่มีการสะท้อนของเสียงหรือบริเวณที่มีระยะเวลาของการก้องเสียง (reverbration time) มาก

5. รูปทรง รูปร่าง ขนาดน้ำหนักของวัสดุที่ใช้

6. อายุการใช้งาน และความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อม เช่น ทนความชื้น ความร้อน (ไฟ) เป็นต้น

7. ราคา และค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ดูแลรักษา

8. ความสะดวกในการติดตั้งและใช้งานรวมถึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมา เช่น การสะท้อนแสง

9. ความกลมกลืนกับทัศนียภาพ

อย่างไรก็ตามคุณสมบัติเชิงกายภาพของวัตถุกั้นเสียง จะเป็นตัวกำหนดถึงความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุนั้น ๆ ด้วย

<u>การลดระดับความดังเสียงของวัตถุ</u>

การลดระดับความดังเสียงโดยใช้หลักการเกี่ยวกับการดูดกลืนคลื่นเสียงของวัตถุนั้น Webb (1976) ได้อธิบายว่าเมื่อเสียงกระทบวัตถุใด ๆ เสียงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกลในรูปแบบอื่น โดยปกติเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและคุณลักษณะของวัตถุนั้น อดิศักดิ์ (2524) กล่าวว่าวัตถุที่มีรูพรุน หรือมีช่องอากาศภายในสามารถดูดกลืนเสียงได้ดี โดยเมื่อมีเสียงตกกระทบผิววัตถุ พลังงานส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไปโดยผิวของวัตถุ หน่วยของการดูดกลืนเสียงมีหน่วยเป็น ซาบินส์ (Sabins) มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างพื้นที่ผิวของวัตถุกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของวัตถุนั้น ซึ่ง Blitz (1964) กล่าวว่าวัตถุที่ดูดกลืนเสียงคือวัตถุที่มีความสามารถในการดูดกลืนคลื่นเสียง สำหรับการอธิบายถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการดูดกลืนคลื่นเสียงของวัตถุ สามารถอธิบายได้ด้วยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง คืออัตราของพลังงานที่ดูดกลืนต่อพลังงานที่ตกกระทบวัตถุนั้น อย่างไรก็ตามสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัตถุนั้น ยังขึ้นอยู่กับความถี่เสียงและมุมที่คลื่นเสียงนั้นตกกระทบด้วย ซึ่ง Beranek (1971) อธิบายว่าความสมารถในการดูดกลืนเสียงของวัตถุใด ๆ นั้น มิได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุชิ้นนั้นเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นกับวิธีในการติดตั้งวัตถุนั้น ๆ ขนาด และรูปร่างของห้องที่จะนำวัตถุสำหรับดูดกลืนเสียงนั้นไปติดตั้งด้วย

การลดระดับความดังของเสียง โดยใช้หลักการเกี่ยวกับการส่งผ่านคลื่นเสียงของวัตถุนั้น Thrmann and Miller (1986) อธิบายไว้ดังนี้คือ เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบกำแพง กำแพงจะเกิดการสั่นตัวขึ้น ซึ่งการสั่นตัวในลักษณะนี้เป็นสาเหตุให้อากาศที่อยู่ใกล้เคียงกำแพงทั้งสองด้านเกิดการสั่นตัวด้วย ส่งผลให้กำแพงนั้นประพฤติตัวเหมือนเป็นแหล่งกำเนิดเสียงใหม่ ซึ่งสนามเสียงใหม่ที่เกิดจากกำแพงนี้ จะมีพลังงานเสียงน้อยกว่าพลังงานเสียงตอนแรก เนื่องจากพลังงานของเสียงที่ตกกระทบกำแพงส่วนหนึ่งถูกใช้ไปสำหรับการทำให้กำแพงนั้นสั่นตัว

$$NR = SPL_1 - SPL_2 \qquad \text{----------(30)}$$

โดย NR = ระดับความดังเสียงที่ลดลง (dB(A))

SPL_1 = ระดับความดังเสียงเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง (dB(A))

SPL_2 = ระดับความดังของเสียงเมื่อมีสิ่งกีดขวาง (dB(A))

ผลของการใช้วัสดุในการกั้นเสียง

เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางการเดินทางของเสียงจะมีเส้นทางจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังผู้ได้รับเสียงที่อยู่รอบ ๆ โดยตรง การนำเอากำแพงกันเสียงมากั้นระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้ได้รับเสียงจะช่วยให้เกิดการกระจายของพลังงานเสียงย้อนกลับมาในทิศทางตรงกันข้ามและแพร่กระจายออกไปในหลาย ๆ เส้นทาง เช่น เกิดเส้นทางการเลี้ยวเบน (Diffracted Path) ที่เหนือส่วนบนของกำแพงกั้นเสียง เกิดเส้นทางการส่งผ่าน (Transmitted Path) ที่ตัวของกำแพงกันเสียงเอง และเกิดเส้นทางการสะท้อน (Reflected Path) ในทิศออกจากผู้ได้รับเสียง

วิธีการและวัสดุที่ใช้ในการติดตั้งกำแพงกันเสียง

การติดตั้งกำแพงที่ลดเสียงจะสามารถทำได้ด้วยวิธีที่มีลักษณะต่าง ๆ กันดังต่อไปนี้

1. การใช้คันดินถม (Earth Embankment) จะต้องสูงกว่า 4-5 เมตร

2. การใช้คันดินถมที่ใช้วัสดุเสริมช่วย (Supported Earth Embankment) เช่น เหล็ก การปลูกต้นไม้ ฯลฯ

3. การติดตั้งกำแพงกันเสียงบนคันดินถม (Earth Embankment Surmounted by Barrier)

4. การใช้ต้นไม้เป็นกำแพงกันเสียง (Barrer with Vegetation)

5. การใช้กำแพงกันเสียงโดยตรง (Barrier)

- คอนกรีต (Concrete) จะทนต่อการกัดกร่อนจากน้ำทะเล มีน้ำหนักมาก ทึบและแข็ง สามารถทำให้มีรูปร่าง และมีผิวโครงสร้างได้หลากหลาย

- อิฐ (Brick) เหมาะที่จะใช้กับพื้นที่ในเขตเมือง ซึ่งสามารถใช้เป็นรั้วบ้าน และใช้เป็นผนังของสวนดอกไม้

- ไม้ (Wood) เหมาะที่จะใช้กับพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของบ้านเรือนน้อย และพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างอยู่ห่าง ๆ กัน นอกจากนี้ยังช่วยให้เกิดทิวทัศน์ที่เป็นธรรมชาติ

- เหล็กและอลูมิเนียม (Steel and Aluminium) โดยจะนำเหล็กและอลูมิเนียมมาใช้ร่วมกับปุยแร่ ซึ่งเหมาะที่จะใช้เป็นกำแพงกันเสียงชนิดดูดซับ

- glass and Plexiglass จะใช้ในการทำกำแพงกันเสียงชนิดใส ซึ่งเหมาะจะติดตั้งกับโครงการที่ตั้งอยู่ใกล้ที่พักอาศัยและโครงการที่ต้องการให้ผู้ขับขี่เห็นทิวทัศน์ตลอดทางหลวง มีใช้ในประเทศฝรั่งเศส แต่มักพบปัญหาการทำความสะอาด

- พลาสติก (Plastic) ไม่ค่อยนิยมใช้เนื่องจากมีอายุการใช้งานสั้นภายใต้ผลกระทบของลมและสภาพอากาศ

6. คลุมถนนด้วยวัสดุกันเสียง (Covered Road) เช่น การใช้อุโมงค์กันเสียง (Noise Tunnel) จะมีผลต่อการลดของเสียงได้มากที่สุดพื้นที่ที่คลอบคลุมอยู่สามารถนำมาใช้เป็นสนามกีฬาหรือสวนสาธารณะได้

7. การใช้วัสดุหลายชนิดร่วมกัน เช่น แก้วและคอนกรีต อิฐและแก้ว ไม้และอิฐ

สำหรับวัสดุที่ใช้ในการติดตั้งกำแพงกันเสียงดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงวัสดุสำหรับใช้ในการออกแบบกำแพงกันเสียง

MATERIAL	THICKNESS cm.	TL dBA[1]	MATERIAL	THICKNESS cm.	TL dBA
Woods[2]			Composition		
Fir	1.3	17	Aluminirm faced Plywood[5]	1.9	21-23
	2.5	20	Aluminrm Faced particle Board[5]	1.9	21-23
	5.0	24	Plastic Lamina on Plywood	1.9	21-23
Pine	1.3	16	Particle Lamina on Particle Board	1.9	21-23
	2.5	19	Miscellaneous		
	5.0	23	Glass (Safety Glass)	0.6	22
Redwood	1.3	16		0.3	26
	2.5	19	Plexiglass (Shatterproof)	-	22-25
	5.0	23	Masonite	1.3	20
Cedar	1.3	15	Fiberglass/Fasin	0.6	20
	2.5	18	Stucco on Metal Lath	2.5	32
	5.0	22	Polyester with Aggregate Surface[6]	7.6	20-30
plywood	1.3	20			
	2.5	23	NOTES.		
Particle Board	1.3	20	1. A weight TL based on general-		
Metals[4]			Lized truck spectrum		
Aluminum	0.16	13	2. Togue and groove boards		
	0.3	25	recommended to avoid leaks (for fir.		
	0.6	27	pine,redwood,cedar)		
Steel	24ga	18	3. should be water resistant treated.		
	20ga	22	4. May require treatment to reduce		
	18ga	25			
lead	0.16	28	glare (for aluminum,steel)		
Concrete. Masonry.			5. Aluminum is 0.025 cm. thick.		
etc.					
Light Concrete	10.2	36	Special care necessary to avoid		
	15.2	39	delaminations (for all composites)		
Dense Concrete	1.02	40	6. TL depend on surface density		
Concrete Block	10.2	32	of the aggregate.		
	15.2	36			
Brick	10.2	33			
Granit	1.024	40			

ที่มา: ดัดแปลงจาก FHWA (1980)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

1. เครื่องมือวัดเสียงอัตโนมัติ ยี่ห้อ ACO รุ่น 6226
2. ชุดกำเนิดเสียง
3. ชุดขยายเสียง
4. เครื่องวิเคราะห์ความถี่เสียง ยี่ห้อ RION รุ่น SA-29
5. ลำโพง
6. เศษผ้า
7. รังไข่กระดาษ
8. ไม้อัด
9. สังกะสี
10. อุปกรณ์ป้องกันเสียง (ears plug) สำหรับผู้ทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการ

การศึกษานี้ ศึกษาความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวที่สร้างขึ้นด้วยเศษวัสดุที่เหลือจากการใช้งานและหาได้ง่าย ได้แก่ เศษผ้า รังไข่กระดาษ ไม้อัด และสังกะสี เพื่อศึกษาความสามารถในการลดระดับความดังเสียง โดยทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการและพื้นที่งานก่อสร้าง ดำเนินการวิจัยดังนี้

<u>การผลิตกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว</u>

การผลิตกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวสำหรับห้องปฏิบัติการ

- เศษผ้า นำเศษผ้าวางบนกระสอบ ขนาดกว้าง 75 เซนติเมตร สูง 170 เซนติเมตร หนา 0.5 มิลลิเมตร เย็บเศษผ้าให้ติดแน่นกับกระสอบ และจัดเก็บเพื่อเตรียมสำหรับการนำไปตรวจวัดการลดระดับความดังเสียง

- รังไข่กระดาษ สำหรับรังไข่กระดาษ เตรียมโครงลวดตาข่ายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้านำรังไข่กระดาษที่เย็บด้านข้างติดกันวางบนโครงลวด ขนาดกว้าง 90 เซนติเมตร สูง 170 เซนติเมตร หนา 1 มิลลิเมตร ประกบโครงลวดให้แน่น และจัดเก็บเพื่อเตรียมสำหรับการนำไปตรวจวัดการลดระดับความดังเสียง

- ไม้อัด จัดเตรียมไม้อัดขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร สูง 180 เซนติเมตร หนา 6 มิลลิเมตร

- สังกะสี จัดเตรียมสังกะสีขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร สูง 180 เซนติเมตร หนา 0.5 มิลลิเมตร

การผลิตกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวสำหรับภาคสนาม

จัดเตรียมกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวที่ได้จากไม้อัดและเศษผ้าเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการ แต่เปลี่ยนความกว้างเป็น 225 เซนติเมตร สูง 170 เซนติเมตร

<u>การผลิตชุดกล่องเก็บเสียง</u>

ชุดกล่องเก็บเสียงทำหน้าที่บังคับคลื่นเสียงจากลำโพง ซึ่งต่อจากชุดอุปกรณ์กำเนิดเสียงเพื่อบังคับทิศทางเสียง มีขนาดความกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร โดยภายในกล่องกำเนิดเสียงบุด้วยฟองน้ำหนา 3.5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้เสียงกระจายออกนอกเส้นทาง

การตรวจวัดระดับความดังเสียง

1. การตรวจวัดระดับความดังเสียง ขณะที่มีและไม่มี กำแพงกั้นเสียงชั่วคราวตั้งขวางเส้นทางเดินเสียงเพื่อหากำลังเสียงตกกระทบกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว (W_i) และกำลังเสียงที่ส่งผ่านกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว (W_t) ในห้องปฏิบัติการ

2. การตรวจวัดระดับความดังเสียง เพื่อหาการสะท้อนเสียงของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว (W_r) ของชนิดวัสดุที่ต่างกัน

3. การตรวจวัดระดับความดังเสียง ขณะที่มีและไม่มี กำแพงกั้นเสียงชั่วคราวตั้งขวางเส้นทางเดินเสียงสำหรับเสียงรบกวนในภาคสนาม (เสียงจากการก่อสร้าง) เพื่อหาประสิทธิภาพการลดระดับความดังเสียงของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว

วิธีการทดลอง

การตรวจวัดระดับความดังเสียง ในห้องปฏิบัติการ

1. ติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง (ดังภาพที่ 8)

2. เปิดเครื่องกำเนิดเสียงจากเทป (เสียงเครื่องจักรจากการก่อสร้าง) ปรับระดับความดังของเสียงที่ปลายชุดกล่องเก็บเสียง ให้มีระดับความดังเสียงคงที่ประมาณ 80-90 dB(A) วัดระดับเสียง $Leq_{(5\ นาที)}$ จำนวน 3 ครั้ง (W_i)

3. ติดตั้งกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว

4. เปิดเครื่องกำเนิดเสียง (ในข้อ 2) อ่านค่าระดับความดังเสียงจากเครื่องวัดเสียง ขณะที่มีกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวปิดกั้นอยู่ บันทึกค่า $Leq_{(5\ นาที)}$ จำนวน 3 ครั้ง (ให้เป็นระดับความดังเสียงที่ส่งผ่านกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว; W_t)

5. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 2-4 แต่เปลี่ยนชนิดของวัสดุ

<u>การตรวจวัดการสะท้อนเสียงของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว</u>

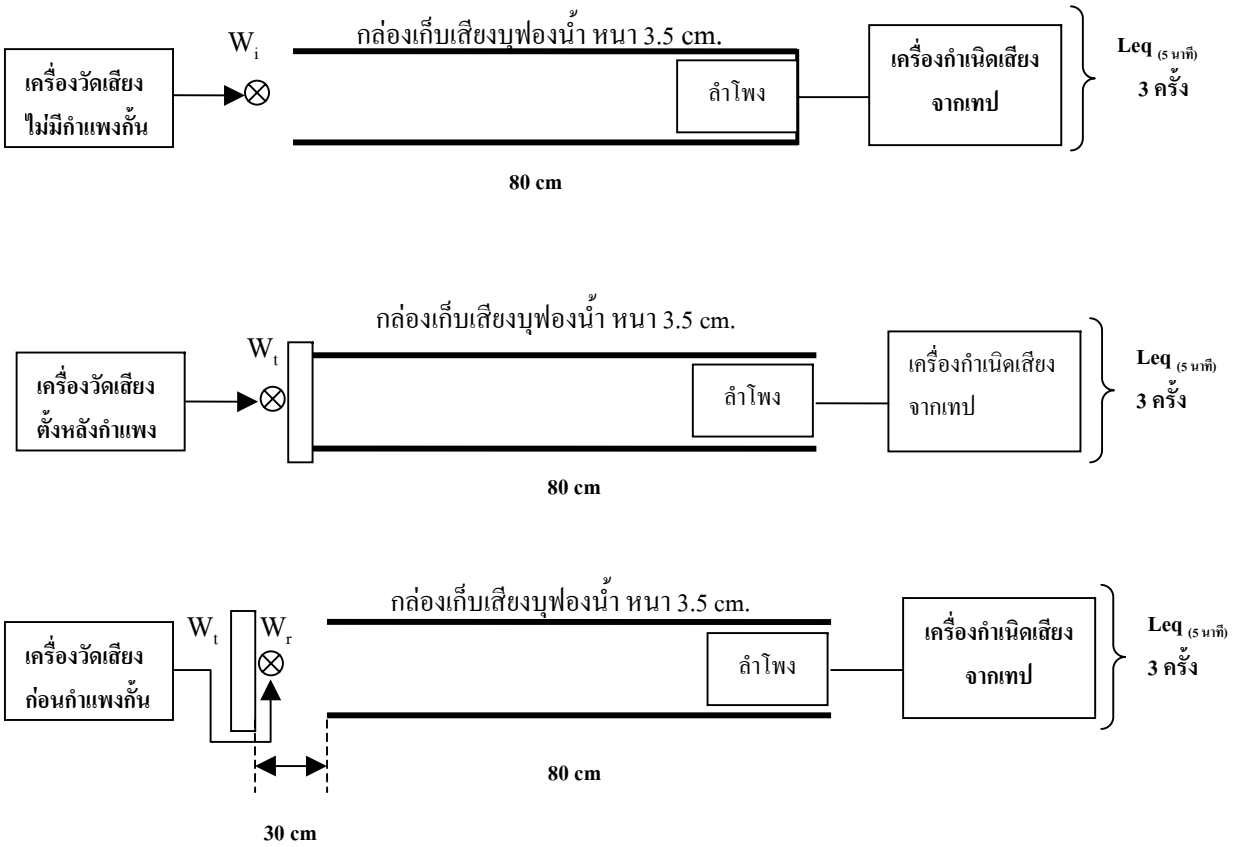
1. ติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

2. ติดตั้งกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวห่างจากปลายชุดกล่องเก็บเสียง 30 เซนติเมตร

3. เปิดเครื่องกำเนิดเสียง (ในข้อ 2) อ่านค่าระดับความดังเสียงจากเครื่องวัดเสียง (ขณะมีกำแพงกั้นเสียงโดยให้เครื่องวัดเสียงอยู่หลังกำแพงกั้นเสียง; W_t) บันทึกค่า $Leq_{(5\ นาที)}$ จำนวน 3 ครั้ง

4. เปิดเครื่องกำเนิดเสียง (ในข้อ 2) อ่านค่าระดับความดังเสียงจากเครื่องวัดเสียง (ขณะมีกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวโดยให้เครื่องวัดเสียงอยู่หน้ากำแพงกั้นเสียง; W_r) บันทึกค่า $Leq_{(5\ นาที)}$ จำนวน 3 ครั้ง

5. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 2-4 แต่เปลี่ยนชนิดของวัสดุ



<u>ภาพที่ 8</u> การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดเสียงในห้องปฏิบัติการ

<u>การตรวจวัดระดับความดังเสียงในภาคสนาม (พื้นที่ก่อสร้าง)</u>

1. ติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง ที่ระยะห่างจาก Jack hammer 10 เมตร ระยะห่างจาก Piling rig 8 เมตร และระยะห่างจาก Backhoe 5 เมตร

2. วัดระดับเสียง $Leq_{(5\ นาที)}$ จำนวน 3 ครั้ง (W_i)

3. ติดตั้งกำแพงกั้นเสียงจากเศษผ้า

4. ติดตั้งเครื่องวัดเสียงอยู่หลังกำแพงกั้นเสียง อ่านค่าระดับความดังเสียงจากเครื่องวัดเสียง (ขณะมีกำแพงกั้นเสียง; W_t) วัดระดับเสียง $Leq_{(5\ นาที)}$ จำนวน 3 ครั้ง

5. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 2-4 แต่เปลี่ยนชนิดของวัสดุจากเศษผ้าเป็นไม้อัด

<u>การวิเคราะห์ผลการทดลอง</u>

วิเคราะห์ดัชนีระบุสมรรถนะในการระดับความดังเสียง ดังนี้

1. สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง (transmission coefficient; τ)

$$\tau = W_t / W_i$$

โดย τ = สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง
W_t = กำลังเสียงที่ส่งผ่านวัตถุ (W)
W_i = กำลังเสียงตกกระทบวัตถุ (W)

2. ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (transmission loss; TL)

$$TL = 10\log (W_i / W_t)$$

โดย TL = ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (dB(A))
W_i = กำลังเสียงตกกระทบวัตถุ (W)
W_t = กำลังเสียงที่ส่งผ่านวัตถุ (W)

3. สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (absorption coefficient; α)

$$\alpha = W_s / W_i$$

โดย α = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง
W_s = กำลังเสียงที่ถูกดูดกลืนโดยวัตถุ (W)
$W_s = W_i - W_r - W_t$
W_i = กำลังเสียงที่ตกกระทบบนวัตถุ (W)
W_r = กำลังเสียงที่สะท้อนกลับ (W)
W_t = กำลังเสียงที่ส่งผ่านวัตถุ (W)

4. การลดระดับความดังเสียงของวัตถุ

$$NR = SPL_1 - SPL_2$$

โดย NR = ระดับความดังเสียงที่ลดลง (dB(A))
SPL_1 = ระดับความดังเสียงเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง (dB(A))
SPL_2 = ระดับความดังของเสียงเมื่อมีสิ่งกีดขวาง (dB(A))

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการฝ่ายเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พื้นที่ก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (Airport Rail Link) และพื้นที่ก่อสร้างถนนวงแหวนอุตสาหกรรมข้างถนนพระรามที่ 3

ระยะเวลาในการวิจัย

เริ่มทำการวิจัยตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2548 ถึงเดือนมีนาคม 2549

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองในห้องปฏิบัติการ

สัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง

ความสามารถในการส่งผ่านเสียงสำหรับเสียงความถี่รวมจากพื้นที่ก่อสร้าง สามารถวิเคราะห์ได้จากสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง และค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ เศษผ้า ไม้อัด สังกะสี และรังไข่กระดาษ ซึ่งทดลองใช้เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงความถี่รวมประเภทพื้นที่ก่อสร้าง โดยมีการทดลอง 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ และขั้นตอนที่ 2 คือ การทดลองในภาคสนาม โดยนำวัสดุกั้นเสียง 2 ชนิด ที่มีประสิทธิภาพในการลดระดับความดังเสียงดีที่สุดมาทดลองต่อในภาคสนาม โดยวิเคราะห์แหล่งกำเนิดเสียงจากเครื่องจักร 3 ชนิด ได้แก่

1. Jack hammer
2. Piling rig
3. Backhoe

รายละเอียดการทดลองดังตารางที่ 14 และภาพที่ 9 ถึงภาพที่ 11 ผลการทดลอง ดังนี้

1. เสียงจาก Jack hammer มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยรังไข่กระดาษมีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงสูงที่สุด เท่ากับ 0.0893 ± 0.0062 รองลงมา ได้แก่ สังกะสี มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง เท่ากับ 0.0425 ± 0.0047 อันดับที่ 3 ได้แก่ ไม้อัด มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง เท่ากับ 0.0329 ± 0.0004 และวัสดุกั้นเสียงจากเศษผ้ามีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงน้อยที่สุด เท่ากับ 0.0123 ± 0.0030

2. เสียงจาก Piling rig มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดแตกต่างกันเช่นกัน โดยรังไข่กระดาษมีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงสูงที่สุด เท่ากับ 0.0941 $\pm$ 0.0051 รองลงมา ได้แก่ ไม้อัด มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง เท่ากับ 0.0228 $\pm$ 0.0011 อันดับที่ 3 ได้แก่ สังกะสี มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง เท่ากับ 0.0204 $\pm$ 0.0014 และวัสดุกั้นเสียงจากเศษผ้ามีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงน้อยที่สุดเท่ากับ 0.0174 $\pm$ 0.0010

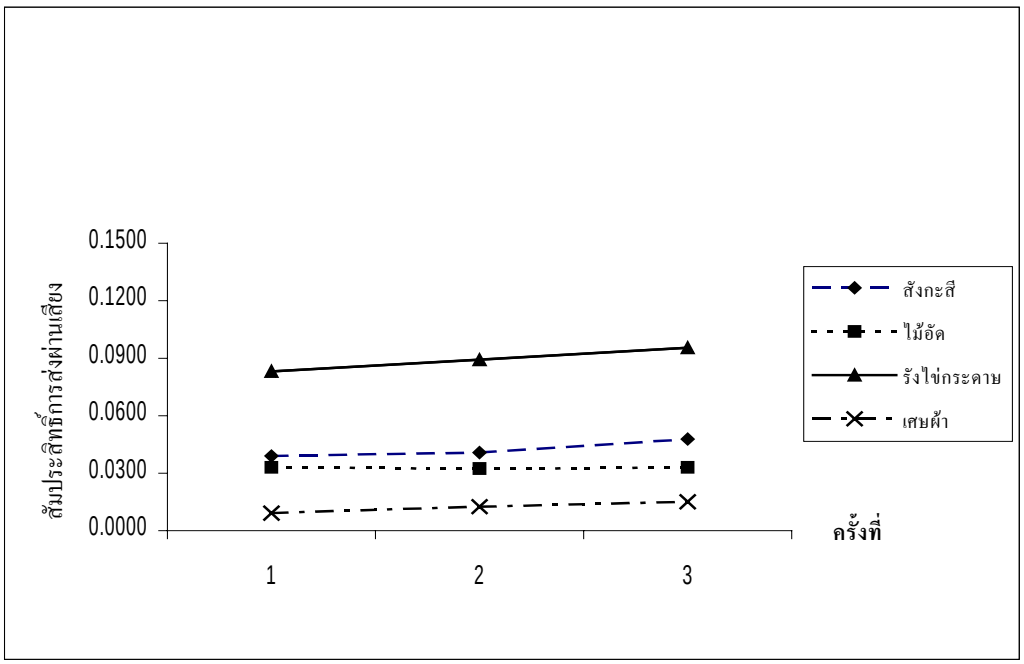
3. เสียงจาก Backhoe มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดแตกต่างกันเช่นกัน โดยรังไข่กระดาษมีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงสูงที่สุด เท่ากับ 0.0614 $\pm$ 0.0058 รองลงมา ได้แก่ สังกะสี มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง เท่ากับ 0.0519 $\pm$ 0.0055 อันดับที่ 3 ได้แก่ ไม้อัด มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง เท่ากับ 0.0340 $\pm$ 0.0031 และ วัสดุกั้นเสียงจากเศษผ้ามีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงน้อยที่สุด เท่ากับ 0.0093$\pm$ 0.0009

ตารางที่ 14 สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียงจาก Jack hammer, Piling rig และ Backhoe ในห้องปฏิบัติการ

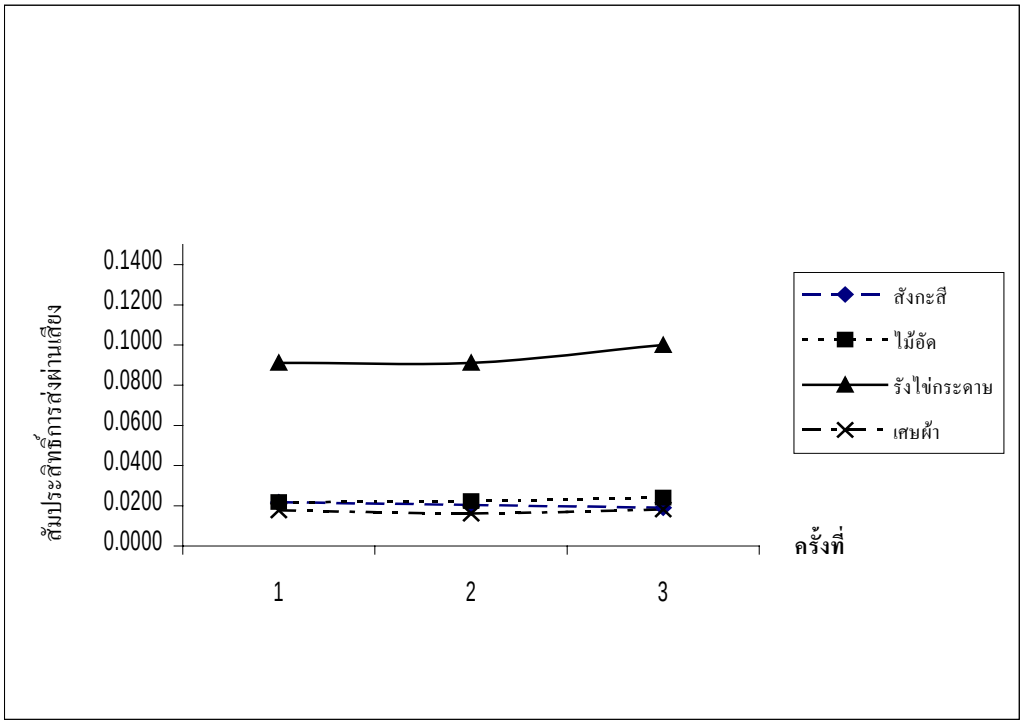
วัสดุกั้นเสียง	ครั้งที่	แหล่งกำเนิดเสียง		
		Jack hammer	Piling Rig	Backhoe
สังกะสี	1	0.0389	0.0219	0.0457
	2	0.0407	0.0204	0.0562
	3	0.0479	0.0191	0.0537
	ค่าเฉลี่ย	0.0425	0.0204	0.0519
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0047	0.0014	0.0055
ไม้อัด	1	0.0331	0.0219	0.0309
	2	0.0324	0.0224	0.0372
	3	0.0331	0.0240	0.0339
	ค่าเฉลี่ย	0.0329	0.0228	0.0340
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0004	0.0011	0.0031

ตารางที่ 14 (ต่อ)

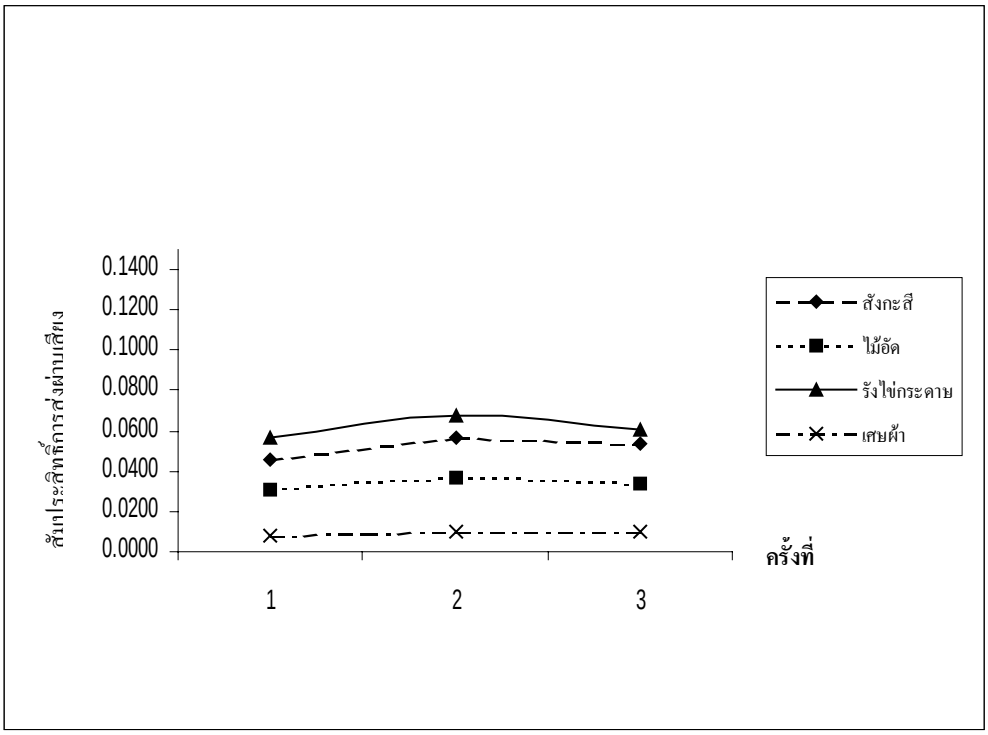
วัสดุกั้นเสียง	ครั้งที่	แหล่งกำเนิดเสียง		
		Jack hammer	Piling Rig	Backhoe
รังไข่กระดาษ	1	0.0832	0.0912	0.0562
	2	0.0891	0.0912	0.0676
	3	0.0955	0.1000	0.0603
	ค่าเฉลี่ย	0.0893	0.0941	0.0614
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0062	0.0051	0.0058
เศษผ้า	1	0.0091	0.0178	0.0083
	2	0.0126	0.0162	0.0095
	3	0.0151	0.0182	0.0100
	ค่าเฉลี่ย	0.0123	0.0174	0.0093
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0030	0.0010	0.0009



ภาพที่ 9 สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดต่อเสียง Jack hammer



ภาพที่ 10 สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดต่อเสียง Piling rig



<u>ภาพที่ 11</u> สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดต่อเสียง Backhoe

4. เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมของวัสดุกั้นเสียงทั้ง 4 ชนิด พบว่า รังไข่กระดาษมีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงจากเครื่องจักรทั้ง 3 ชนิด สูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ สังกะสี ไม้อัด และเศษผ้า มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงจากเครื่องจักรน้อยที่สุด

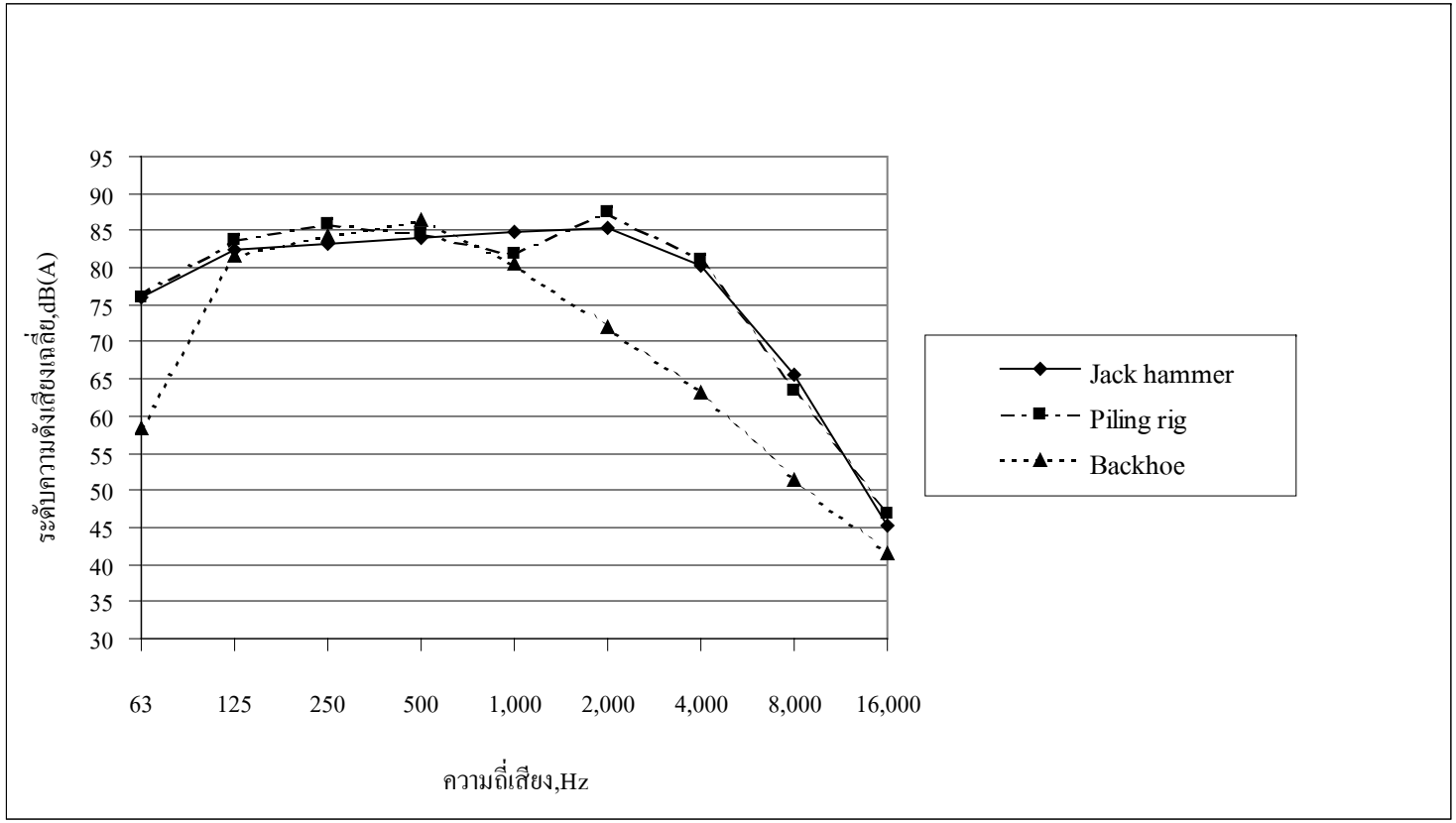
5. เมื่อวิเคราะห์วัสดุกั้นเสียงชนิดเดียวกันในการกั้นเสียงเครื่องจักรต่างชนิดกัน พบว่า มีค่าความสามารถในการส่งผ่านเสียงต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากช่วงความถี่เสียงที่ก่อให้เกิดเสียงดังของเครื่องจักรแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยความถี่ที่ก่อให้เกิดเสียงดังที่สุดของ Jack hammer และ Piling rig คือ 2,000 Hz ส่วนความถี่ที่ก่อให้เกิดเสียงดังที่สุดของ Backhoe คือ 500 Hz

6. เสียงจาก Jack hammer มีแนวโน้มระดับความดังเสียงเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นในช่วง 63 ถึง 2,000 Hz และมีแนวโน้มระดับเสียงลดลงที่ช่วงความถี่ตั้งแต่ 4,000 ถึง 16,000 Hz เสียงจาก Piling rig มีแนวโน้มระดับความดังเสียงเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นในช่วง 63 ถึง 250 Hz ระดับเสียงมีแนวโน้มลดลงที่ความถี่ ช่วง 500 ถึง 1,000 Hz และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ความถี่ 2,000 Hz

ส่วนช่วงความถี่ตั้งแต่ 4,000 ถึง 16,000 Hz มีแนวโน้มระดับเสียงลดลง เสียงจาก Backhoe มีแนวโน้มระดับความดังเสียงเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นในช่วง 63 ถึง 500 Hz และมีแนวโน้มระดับเสียงลดลงที่ช่วงความถี่ตั้งแต่ 1,000 ถึง 16,000 Hz ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แนวโน้มการลดลงของระดับเสียง พบว่า เสียงจากเครื่องจักรทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มลดลงเมื่อความถี่เสียงเพิ่มขึ้น โดยมนุษย์จะสามารถได้ยินเสียงเมื่อเสียงมีความถี่อยู่ในช่วงไม่สูงหรือต่ำเกินไป ซึ่ง Marion และ Hornyark (1985) กล่าวถึงการรับฟังเสียงของมนุษย์ว่า มนุษย์แต่ละคนมีความสามารถในการตอบสนองต่อเสียงที่มีความถี่ในช่วงประมาณ 15 ถึง 20,000 Hz โดยความสามารถในการตอบสนองต่อเสียงที่มีความถี่สูง ๆ ของแต่ละบุคคลนั้นจะลดลงเมื่อบุคคลนั้นมีอายุมากขึ้น โดยในวัยรุ่นจะสามารถรับฟังเสียงที่มีความถี่สูงประมาณ 20,000 Hz ได้ แต่เมื่อคนเดียวกันนี้มีอายุมากขึ้นจะไม่สามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 12,000 ถึง 14,000 Hz ผลการวิเคราะห์ความถี่เสียงของเครื่องจักรแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 15 และภาพที่ 12

ตารางที่ 15 ระดับความดังเสียง (dB(A)) จากเครื่องจักรแต่ละชนิดแยกตามความถี่เสียง (Hz)

เครื่องจักร	ครั้งที่	ความถี่เสียง (Hz)								
		63	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000	16,000
Jack hammer	1	74.40	80.00	82.50	84.00	84.70	85.50	81.00	66.30	45.30
	2	76.20	83.30	83.90	84.00	84.80	85.20	81.10	65.90	46.20
	3	77.20	83.70	83.30	84.30	84.80	85.70	79.00	64.40	44.50
	ค่าเฉลี่ย	75.93	82.33	83.23	84.10	84.77	85.47	80.37	65.53	45.33
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.42	2.03	0.70	0.17	0.06	0.25	1.18	1.00	0.85
Piling rig	1	76.30	85.20	85.30	86.40	83.10	87.80	81.80	64.30	47.30
	2	75.70	83.80	86.50	84.60	81.60	87.70	80.90	63.30	46.30
	3	76.30	82.50	86.10	82.90	81.20	87.00	80.70	63.00	46.70
	ค่าเฉลี่ย	76.10	83.83	85.97	84.63	81.97	87.50	81.13	63.53	46.77
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.35	1.35	0.61	1.75	1.00	0.44	0.59	0.68	0.50
Backhoe	1	58.50	81.60	84.60	87.40	81.10	72.40	62.90	47.00	46.10
	2	58.00	81.10	83.30	85.40	78.80	70.70	62.30	57.10	47.20
	3	58.30	82.30	84.70	86.90	81.40	73.00	64.50	50.30	46.00
	ค่าเฉลี่ย	58.27	81.67	84.20	86.57	80.43	72.03	63.23	51.47	46.43
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.25	0.60	0.78	1.04	1.42	1.19	1.14	5.15	0.67



ภาพที่ 12 ระดับความดังเสียงของเครื่องจักรเมื่อแยกตามความถี่เสียง

ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง

1. เสียงจาก Jack hammer มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยเศษผ้ามีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงสูงที่สุด เท่ากับ 19.20 $\pm$ 1.1136 dB(A) รองลงมาได้แก่ ไม้อัด มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง เท่ากับ 14.8333 $\pm$ 0.0577 dB(A) อันดับที่ 3 ได้แก่ สังกะสี มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง เท่ากับ 13.7333 $\pm$ 0.4726 dB(A) และวัสดุกั้นเสียงจากรังไข่กระดาษมีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงน้อยที่สุด เท่ากับ 10.50 $\pm$ 0.30 dB(A) รายละเอียดการทดลองดังตารางที่ 16 และภาพที่ 13 ถึงภาพที่ 15

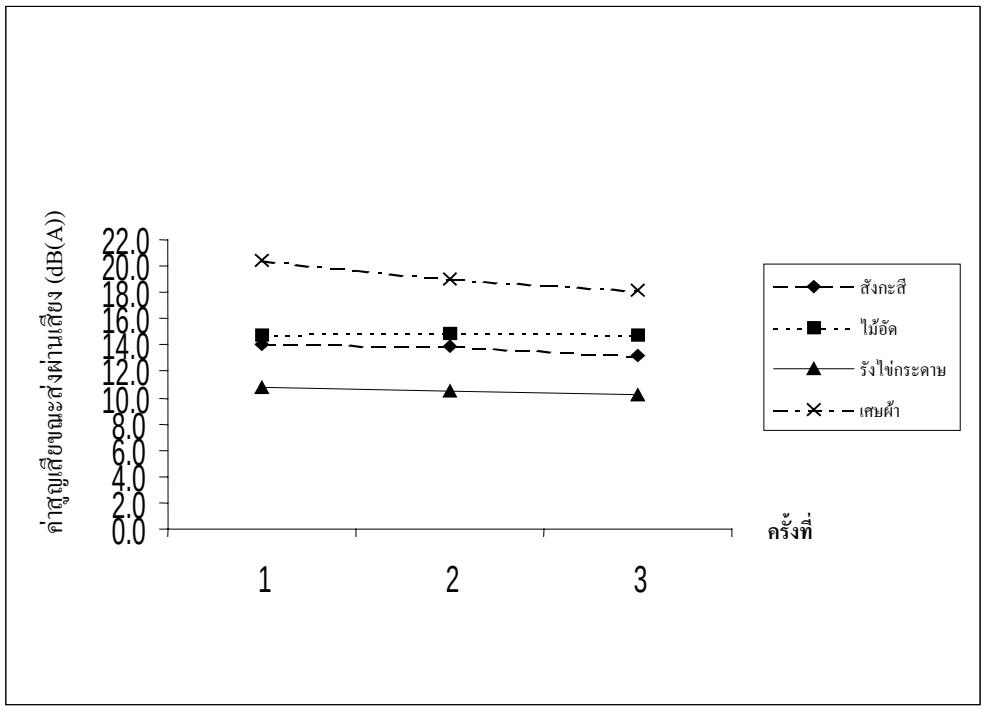
2. เสียงจาก Piling rig มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียง ในเศษผ้าสูงที่สุด เท่ากับ 17.60 $\pm$ 0.2646 dB(A) รองลงมาได้แก่ สังกะสี มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง เท่ากับ 16.90 $\pm$ 0.30 dB(A) อันดับที่ 3 ได้แก่ ไม้อัด มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง เท่ากับ 16.40 $\pm$ 0.2082 dB (A) และวัสดุกั้นเสียงจากรังไข่กระดาษมีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงน้อยที่สุด เท่ากับ 9.60 $\pm$ 1.0583 dB(A)

3. เสียงจาก Backhoe มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยเศษผ้ามีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงสูงที่สุด เท่ากับ 20.3333 $\pm$ 0.4163 dB(A) รองลงมาได้แก่ ไม้อัด มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง เท่ากับ 14.70 $\pm$ 0.40 dB(A) อันดับที่ 3 ได้แก่ สังกะสี มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง เท่ากับ 12.8667 $\pm$ 0.4726 dB(A) และวัสดุกั้นเสียงจากรังไข่กระดาษมีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงน้อยที่สุด เท่ากับ 12.1333 $\pm$ 0.4041 dB(A)

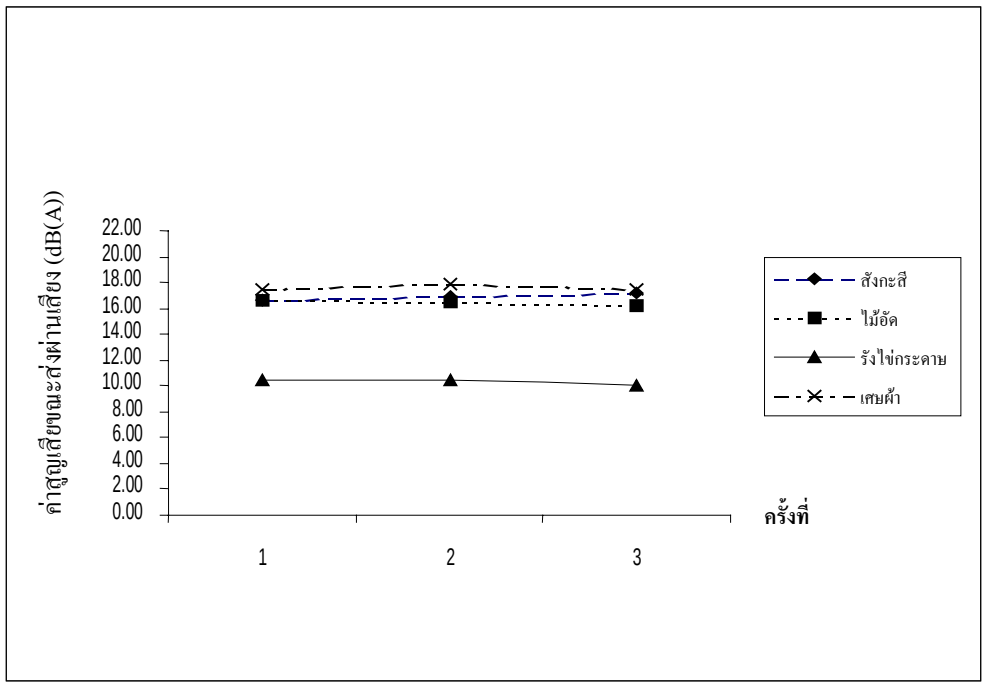
4. ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการลดระดับความดังเสียง เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมของวัสดุกั้นเสียงทั้ง 4 ชนิด พบว่า เศษผ้ามีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงจากเครื่องจักร ทั้ง 3 ชนิด สูงที่สุด ซึ่งแสดงว่ามีความสามารถในการลดระดับความดังเสียงสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ไม้อัด สังกะสี และรังไข่กระดาษมีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงจากเครื่องจักรน้อยที่สุด

ตารางที่ 16 ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (dB(A)) ของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียงจาก Jack hammer, Piling rig และ Backhoe ในห้องปฏิบัติการ

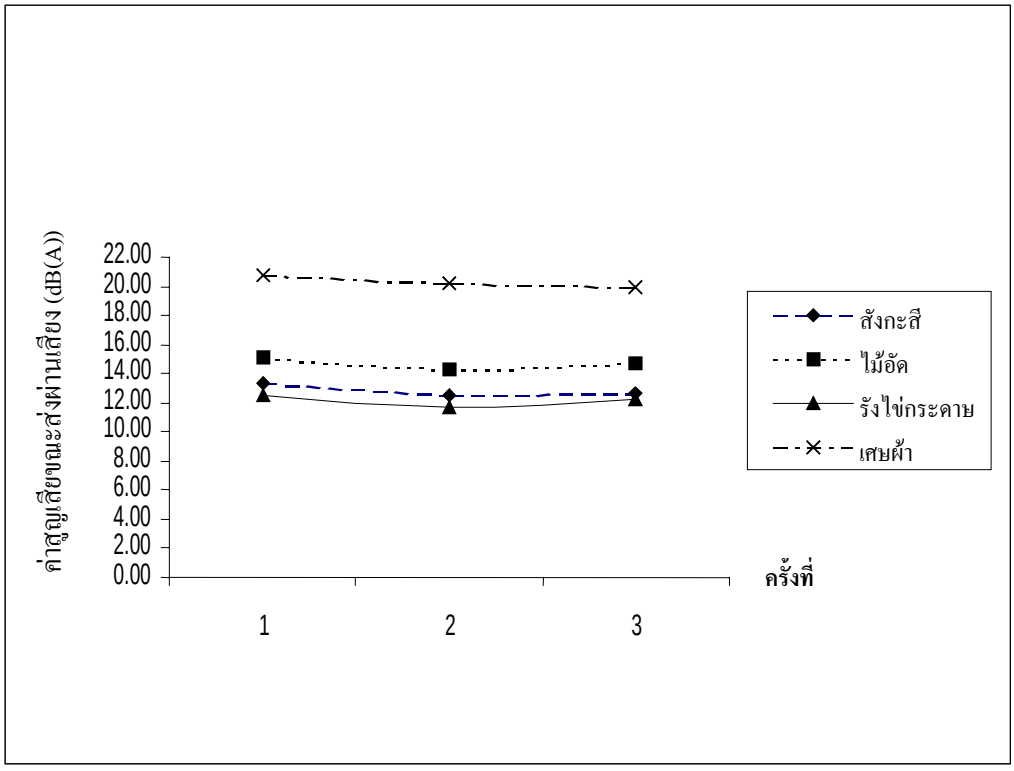
วัสดุกั้นเสียง	ครั้งที่	แหล่งกำเนิดเสียง		
		Jack hammer	Piling Rig	Backhoe
สังกะสี	1	14.10	16.60	13.40
	2	13.90	16.90	12.50
	3	13.20	17.20	12.70
	ค่าเฉลี่ย	13.7333	16.9000	12.8667
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.4726	0.3000	0.4726
ไม้อัด	1	14.80	16.60	15.10
	2	14.90	16.50	14.30
	3	14.80	16.20	14.70
	ค่าเฉลี่ย	14.8333	16.4333	14.7000
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0577	0.2082	0.4000
รังไข่กระดาษ	1	10.80	10.40	12.50
	2	10.50	10.40	11.70
	3	10.20	10.00	12.20
	ค่าเฉลี่ย	10.5000	10.2667	12.1333
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.3000	0.2309	0.4041
เศษผ้า	1	20.40	17.50	20.80
	2	19.00	17.90	20.20
	3	18.20	17.40	20.00
	ค่าเฉลี่ย	19.2000	17.6000	20.3333
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.1136	0.2646	0.4163



ภาพที่ 13 ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (dB(A)) ของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Jack hammer



ภาพที่ 14 ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (dB(A)) ของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Piling rig



<u>ภาพที่ 15</u> ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (dB(A)) ของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Backhoe

<u>ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง</u>

1. เสียงจาก Jack hammer มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงในวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยเศษผ้าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงสูงที่สุด เท่ากับ 0.5152 $\pm$ 0.0302 รองลงมาได้แก่ รังไข่กระดาษ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง เท่ากับ 0.4248 $\pm$ 0.0281 อันดับที่ 3 ได้แก่ ไม้อัด ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง เท่ากับ 0.2234 $\pm$ 0.0621 และวัสดุกั้นเสียงจากสังกะสี ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงน้อยที่สุดเท่ากับ 0.1296 $\pm$ 0.0598 รายละเอียดการทดลองดังตารางที่ 17 และภาพที่ 16 ถึงภาพที่ 18 และตารางที่ 18 แสดงการลดระดับความดังเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียงจาก Jack hammer, Piling rig และ Backhoe

2. เสียงจาก Piling rig มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงในวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยเศษผ้าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงสูงที่สุด เท่ากับ 0.4975 $\pm$ 0.0487 รองลงมาได้แก่ รังไข่กระดาษ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง เท่ากับ 0.4646 $\pm$ 0.0278

อันดับที่ 3 ได้แก่ ไม้อัด ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง เท่ากับ 0.2819 $\pm$ 0.0443 และวัสดุกั้นเสียงจากสังกะสี ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงน้อยที่สุดเท่ากับ 0.1798 $\pm$ 0.0475

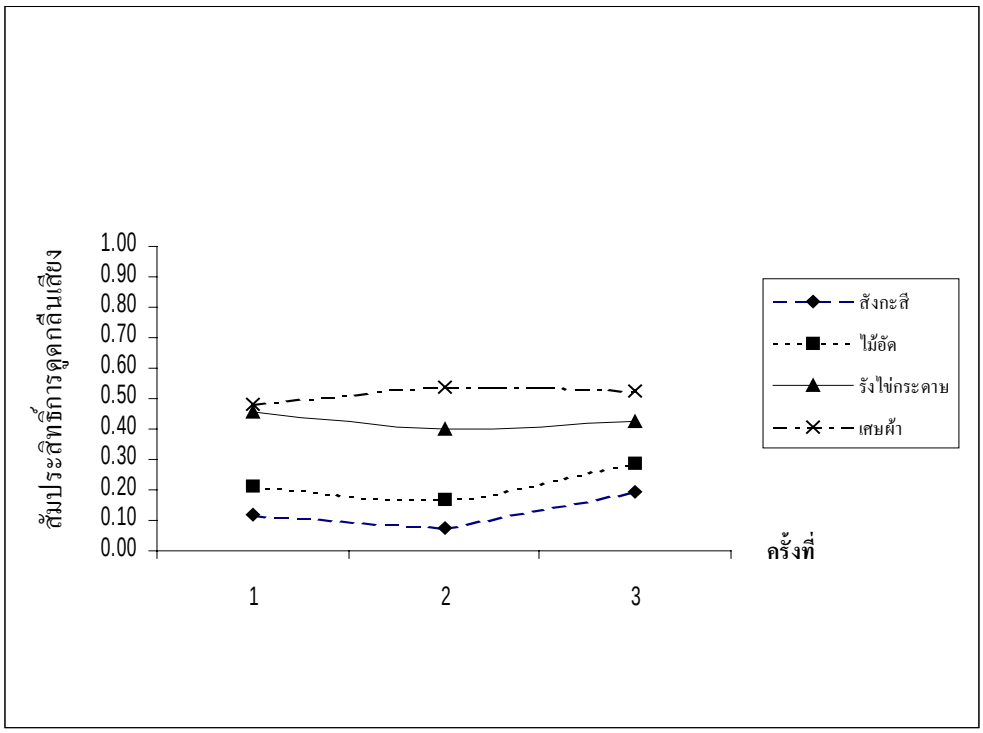
3. เสียงจาก Backhoe มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงในวัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยเศษผ้าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงสูงที่สุด เท่ากับ 0.8640 + 0.0104 รองลงมาได้แก่ รังไข่กระดาษ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง เท่ากับ 0.5104 + 0.0141 อันดับที่ 3 ได้แก่ ไม้อัด ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง เท่ากับ 0.3859 + 0.0228 และวัสดุกั้นเสียงจากสังกะสี ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงน้อยที่สุดเท่ากับ 0.2615 + 0.0092

4. เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมของวัสดุกั้นเสียงทั้ง 4 ชนิด พบว่า เศษผ้ามีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงจากเครื่องจักร ทั้ง 3 ชนิด สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ รังไข่กระดาษ ไม้อัด และสังกะสีมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงจากเครื่องจักรน้อยที่สุด โดยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของเศษผ้าและรังไข่กระดาษมีค่าค่อนข้างสูงเนื่องจากลักษณะพื้นผิวของวัสดุทั้งสองมีความพรุนไม่เรียบ มีช่องว่างระหว่างอนุภาค ทำให้พลังงานเสียงที่ตกกระทบมีการสั่นสะเทือนในช่องว่างและแปรเปลี่ยนจากพลังงานเสียงเป็นพลังงานความร้อน ในขณะที่สังกะสีและไม้อัดมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบ พลังงานเสียงที่ตกกระทบจึงมีการสะท้อนกลับมากกว่าถูกดูดซับไว้

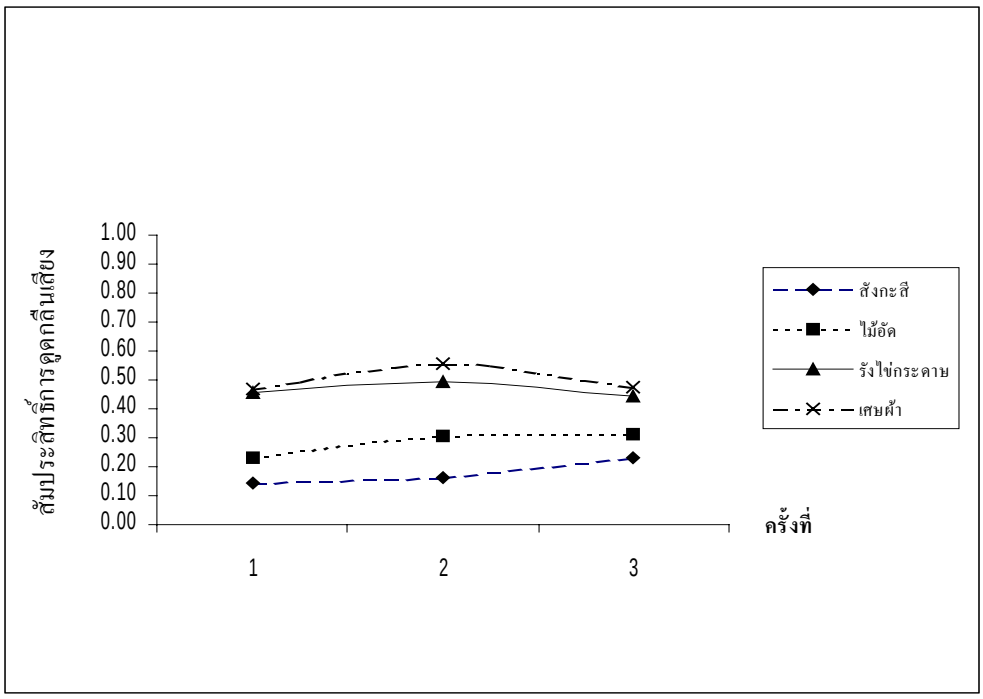
5. เมื่อวิเคราะห์วัสดุกั้นเสียงจากเศษผ้าและรังไข่กระดาษ พบว่า ความสามารถในการดูดซับของเศษผ้าจะมากกว่ารังไข่กระดาษ เนื่องจากเศษผ้ามีความหนาแน่นมากกว่า ซึ่งวัสดุที่มีรูพรุนและมีความหนาแน่นมากกว่า จะสามารถดูดกลืนเสียงได้มากกว่าเนื่องจากมีช่องว่างให้อนุภาคถ่ายเทพลังงานมากกว่า ส่วนวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อย มีขนาดช่องรูพรุนใหญ่เกินไป เสียงจะเกิดการทะลุผ่านได้โดยตรงมากกว่าการสั่นสะเทือนเพื่อเปลี่ยนรูปพลังงาน

ตารางที่ 17 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียงจาก Jack hammer, Piling rig และ Backhoe ในห้องปฏิบัติการ

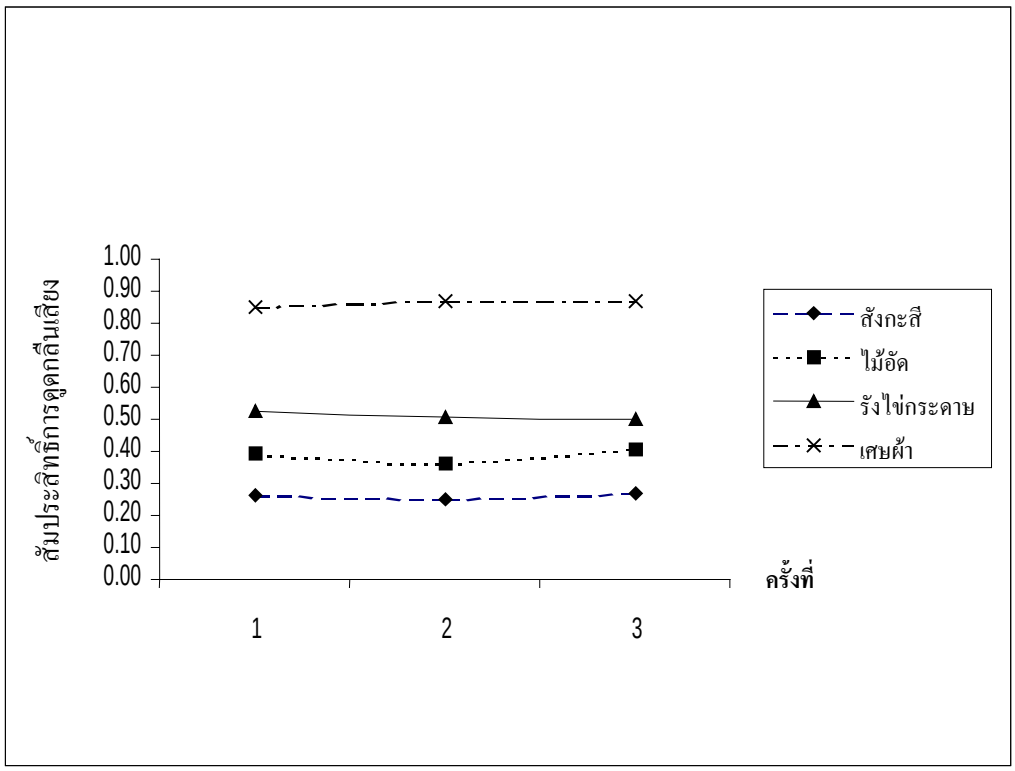
วัสดุกั้นเสียง	ครั้งที่	แหล่งกำเนิดเสียง		
		Jack hammer	Piling Rig	Backhoe
สังกะสี	1	0.12	0.14	0.26
	2	0.08	0.16	0.25
	3	0.19	0.23	0.27
	ค่าเฉลี่ย	0.1296	0.1798	0.2615
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0598	0.0475	0.0092
ไม้อัด	1	0.21	0.23	0.39
	2	0.17	0.30	0.36
	3	0.29	0.31	0.40
	ค่าเฉลี่ย	0.2234	0.2819	0.3859
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0621	0.0443	0.0228
รังไข่กระดาษ	1	0.45	0.46	0.53
	2	0.40	0.50	0.51
	3	0.42	0.44	0.50
	ค่าเฉลี่ย	0.4248	0.4646	0.5106
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0281	0.0278	0.0141
เศษผ้า	1	0.48	0.47	0.85
	2	0.54	0.55	0.87
	3	0.52	0.47	0.87
	ค่าเฉลี่ย	0.5152	0.4975	0.8640
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0302	0.0487	0.0104



ภาพที่ 16 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Jack hammer



ภาพที่ 17 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Piling rig



<u>ภาพที่ 18</u> สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Backhoe

ตารางที่ 18 การลดระดับความดังเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียงจาก Jack hammer, Piling rig และ Backhoe ในห้องปฏิบัติการ

วัสดุกั้นเสียง	ครั้งที่	ระดับความดังเสียงที่ลดลง (dB(A))		
		Jack hammer	Piling Rig	Backhoe
สังกะสี	1	14.10	16.60	13.40
	2	13.90	16.90	12.50
	3	13.20	17.20	12.70
	ค่าเฉลี่ย	13.7333	16.9000	12.8667
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.4726	0.3000	0.4726
ไม้อัด	1	14.80	16.60	15.10
	2	14.90	16.50	14.30
	3	14.80	16.20	14.70
	ค่าเฉลี่ย	14.8333	16.4333	14.7000
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0577	0.2082	0.4000
รังไข่กระดาษ	1	10.80	10.40	12.50
	2	10.50	10.40	11.70
	3	10.20	10.00	12.20
	ค่าเฉลี่ย	10.5000	10.2667	12.1333
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.3000	0.2309	0.4041
เศษผ้า	1	20.40	17.50	20.80
	2	19.00	17.90	20.20
	3	18.20	17.40	20.00
	ค่าเฉลี่ย	19.2000	17.6000	20.3333
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.1136	0.2646	0.4163

6. เมื่อวิเคราะห์วัสดุกั้นเสียงจากไม้อัดและสังกะสี พบว่า สังกะสีสามารถสะท้อนเสียงได้ดีกว่าไม้อัดซึ่งพิจารณาได้จากมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงน้อยกว่า ทั้งนี้ เนื่องจากสังกะสีมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบกว่าไม้อัด นอกจากนี้สังกะสียังมีความหนาแน่นมากกว่าไม้อัด ซึ่งสอดคล้องกับ จิโรฒ และ ชูศักดิ์ (2541) ที่กล่าวว่า วัสดุผิวเรียบจะสะท้อนเสียงได้ดี และวัสดุผิวเรียบที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะสามารถสะท้อนเสียงได้ดีกว่า

การทดลองในภาคสนาม

สัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง

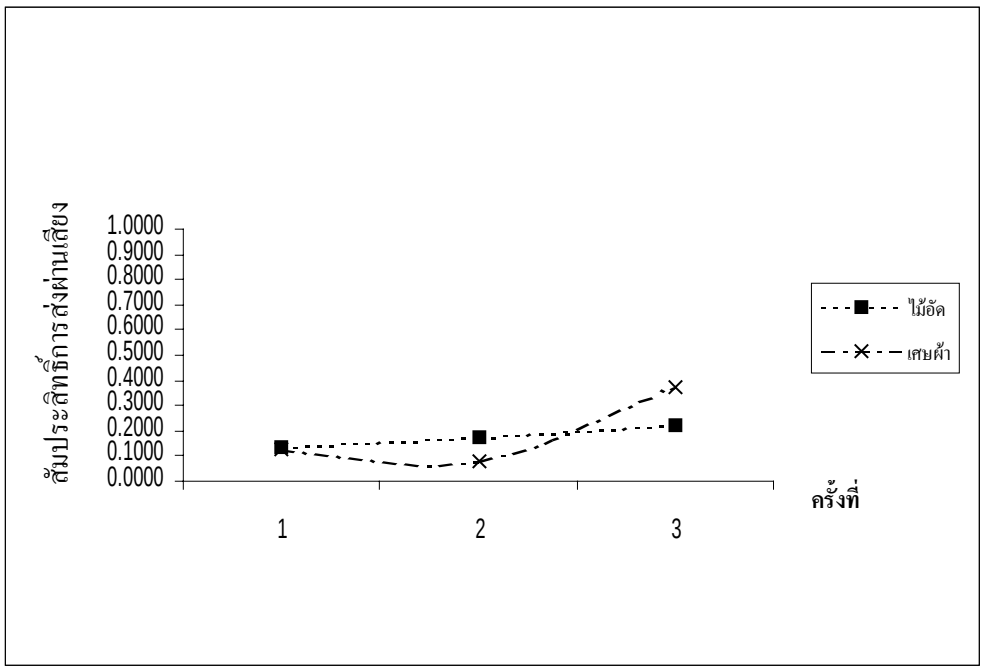
1. เสียงจาก Jack Hammer มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงจากไม้อัดสูงกว่าเศษผ้า โดยมีค่าเท่ากับ 0.1799 ± 0.0430 ในขณะที่เศษผ้ามีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง เท่ากับ 0.1926 ± 0.1563 รายละเอียดการทดลองดังตารางที่ 19 และภาพที่ 19 ถึงภาพที่ 21

2. เสียงจาก Piling Rig มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงจากเศษผ้าสูงกว่าไม้อัด โดยมีค่าเท่ากับ $0.2399 + 0.0351$ ในขณะที่ไม้อัดมีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียง เท่ากับ $0.1174 + 0.0956$

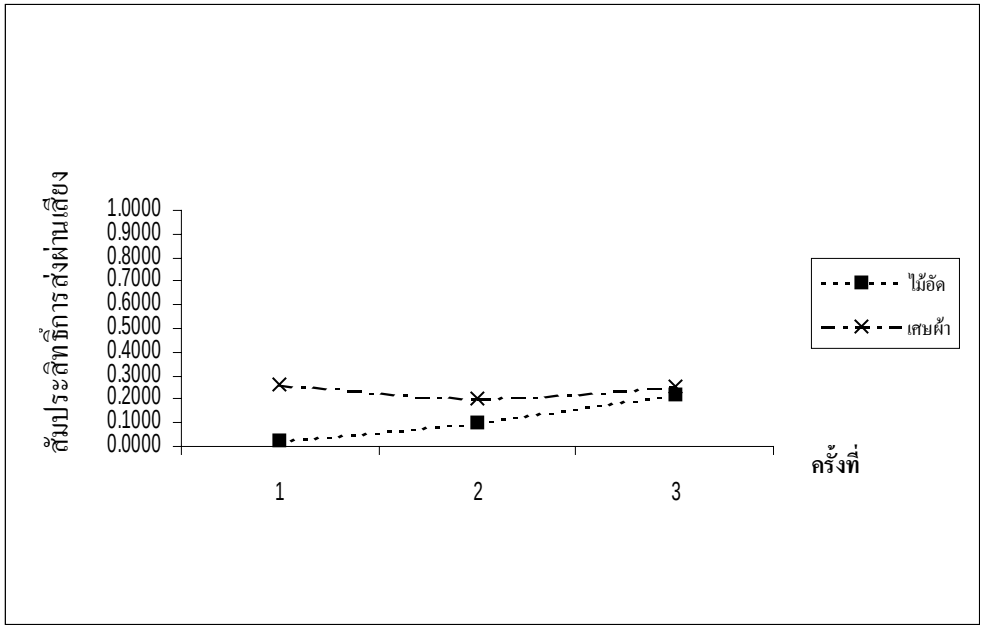
3. เสียงจาก Backhoe มีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงจากไม้อัดสูงกว่าเศษผ้า โดยมีค่าเท่ากับ 0.5319 ± 0.1033 ในขณะที่เศษผ้ามีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงเท่ากับ 0.2875 ± 0.0336

ตารางที่ 19 สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียงจาก Jack hammer, Piling rig และ Backhoe ในภาคสนาม

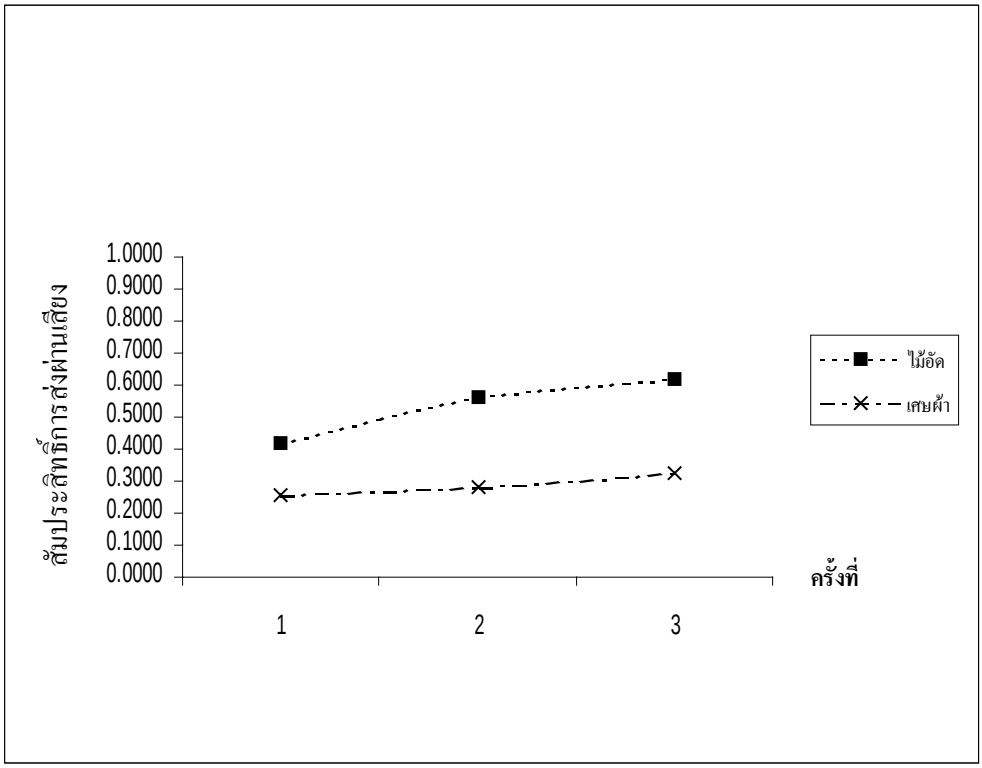
วัสดุกั้นเสียง	ครั้งที่	แหล่งกำเนิดเสียง		
		Jack hammer	Piling Rig	Backhoe
ไม้อัด	1	0.1380	0.0288	0.4169
	2	0.1778	0.1047	0.5623
	3	0.2239	0.2188	0.6166
	ค่าเฉลี่ย	0.1799	0.1174	0.5319
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0430	0.0956	0.1033
เศษผ้า	1	0.1230	0.2630	0.2570
	2	0.0832	0.1995	0.2818
	3	0.3715	0.2570	0.3236
	ค่าเฉลี่ย	0.1926	0.2399	0.2875
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.1563	0.0351	0.0336



ภาพที่ 19 สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Jack hemmerในภาคสนาม



ภาพที่ 20 สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Piling rig ในภาคสนาม



<u>ภาพที่ 21</u> สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Backhoe ในภาคสนาม

<u>ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง</u>

1. เสียงจาก Jack hammer มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงจากเศษผ้าสูงกว่าจากไม้อัดโดยมีค่าเท่ากับ 8.0667 $\pm$ 3.3710 dB(A) ในขณะที่ไม้อัดมีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงเท่ากับ 7.5333 $\pm$ 1.0504 dB(A) รายละเอียดการทดลองดังตารางที่ 20 และภาพที่ 22 ถึงภาพที่ 24

2. เสียงจาก Piling rig มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงจากไม้อัดสูงกว่าจากเศษผ้า โดยมีค่าเท่ากับ 10.60 $\pm$ 4.4542 dB(A) ในขณะที่เศษผ้า มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง เท่ากับ 6.2333 $\pm$ 0.6658 dB(A)

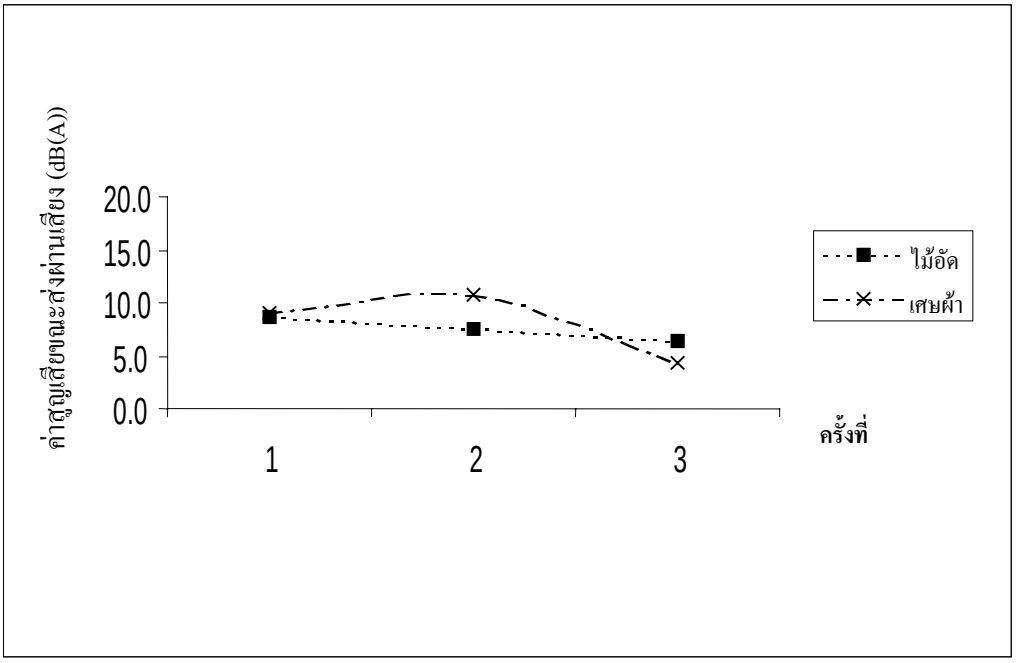
3. เสียงจาก Backhoe มีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงในวัสดุกั้นเสียงจากเศษผ้า สูงกว่าจากไม้อัดโดยมีค่าเท่ากับ 5.4333 $\pm$ 0.5033 dB(A) ในขณะที่ไม้อัดมีค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงเท่ากับ 2.80 $\pm$ 0.8888 dB(A)

4. เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนในการติดตั้งกำแพงกั้นเสียง พบว่า กำแพงกั้นเสียงที่ผลิตจากไม้อัดมีต้นทุนสูงกว่ากำแพงกั้นเสียงที่ผลิตจากเศษผ้า โดยกำแพงกั้นเสียงจากไม้อัดมีต้นทุน 120 บาทต่อตารางเมตร ส่วนกำแพงกั้นเสียงจากเศษผ้ามีต้นทุนอยู่ที่ 95 บาทต่อตารางเมตร

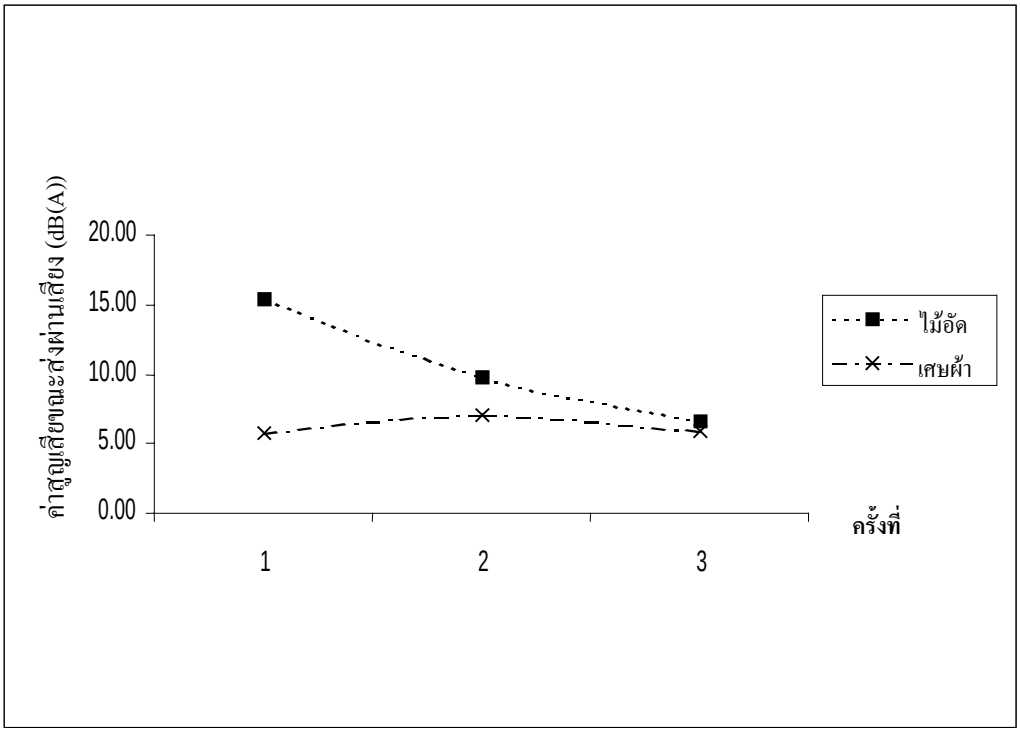
การทดลองในภาคสนาม เป็นการทดลองเพื่อหาแนวทางในการนำวัสดุกั้นเสียงที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งได้จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่จริง จากผลการทดลองในภาคสนาม จะเห็นว่าผลการทดลองที่ได้ไม่แน่นอน ทั้งนี้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมในขณะทำการทดลองไม่สามารถควบคุมได้ มีการรบกวนจากกิจกรรมอื่นรอบข้าง เช่น มีรถขนส่งวัสดุอุปกรณ์ รถบรรทุกดิน รถจักรยานยนต์ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีข้อจำกัดในเรื่องตำแหน่งพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง บางครั้งต้องตั้งอยู่ริมถนนทำให้มีการรบกวนจากรถขนส่งต่าง ๆ ดังนั้น ในการประยุกต์ใช้วัสดุกั้นเสียงในสถานที่จริง จึงควรพิจารณาติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการลดระดับความดังเสียงของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราว

ตารางที่ 20 ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (dB(A)) ของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียงจาก Jack hammer, Piling Rig และ Backhoe ในภาคสนาม

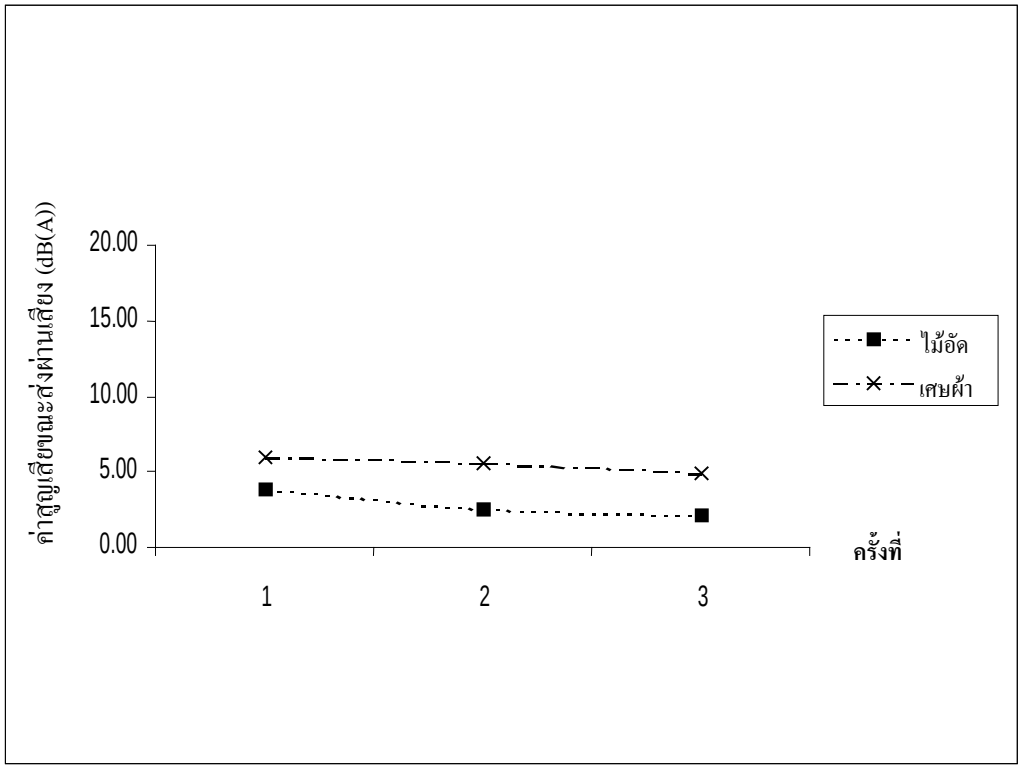
วัสดุกั้นเสียง	ครั้งที่	แหล่งกำเนิดเสียง		
		Jack hammer	Piling Rig	Backhoe
ไม้อัด	1	8.60	15.40	3.80
	2	7.50	9.80	2.50
	3	6.50	6.60	2.10
	ค่าเฉลี่ย	7.5333	10.6000	2.8000
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.0504	4.4542	0.8888
เศษผ้า	1	9.10	5.80	5.90
	2	10.80	7.00	5.50
	3	4.30	5.90	4.90
	ค่าเฉลี่ย	8.0667	6.2333	5.4333
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.3710	0.6658	0.5033



ภาพที่ 22 ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Jack hammer ในภาคสนาม



ภาพที่ 23 ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Piling rig ในภาคสนาม



<u>ภาพที่ 24</u> ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียงของวัสดุกั้นเสียงต่อเสียง Backhoeในภาคสนาม

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดระดับความดังเสียงของกำแพงกั้นเสียงชั่วคราวต่อเสียงจากเครื่องจักรในพื้นที่ก่อสร้าง ได้แก่เสียงจาก Jack hammer, Piling rig และ Backhoe โดยใช้วัสดุกั้นเสียงชั่วคราว 4 ชนิด คือ เศษผ้า ไม้อัด สังกะสี และรังไข่กระดาษ ทดลองโดยใช้แหล่งกำเนิดความถี่รวมโดยการอัดเสียงเครื่องจักรจากพื้นที่ก่อสร้างเพื่อทดลองประสิทธิภาพการลดระดับเสียงในห้องปฏิบัติการ และประสิทธิภาพการลดระดับเสียงในภาคสนาม พบว่า กำแพงกั้นเสียงชั่วคราวมีประสิทธิภาพในการลดระดับความดังเสียงแตกต่างกันเมื่อพิจารณาจากความสามารถในการส่งผ่านเสียง และความสามารถในการดูดกลืนเสียง ทั้งนี้ เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกัน สามารสรุปผลการทอลองได้ ดังนี้

1. วัสดุกั้นเสียงทั้ง 4 ชนิด พบว่า รังไข่กระดาษมีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงจากเครื่องจักร ทั้ง 3 ชนิด สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ สังกะสี ไม้อัด และเศษผ้ามีค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านเสียงจากเครื่องจักรน้อยที่สุด

2. เศษผ้ามีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงดีที่สุด รองลงมา ได้แก่ รังไข่กระดาษ ไม้อัด และสังกะสี ตามลำดับ

3. ความสามารถในการลดระดับความดังเสียง พบว่า เศษผ้าสามารถลดระดับความดังเสียงได้สูงสุด รองลงมาได้แก่ ไม้อัด สังกะสี และรังไข่ ตามลำดับ โดยเศษผ้าสามารถลดระดับเสียงโดยการดูดซับได้ดีกว่าไม้อัด ในขณะที่ไม้อัดสามารถลดระดับเสียงได้โดยการสะท้อนเสียงกลับได้ดีกว่าเศษผ้า

4. วัสดุกั้นเสียงแต่ละชนิดมีค่าความสามารถในการลดระดับความดังเสียงจากเครื่องจักรทั้ง 3 ชนิด ต่างกัน เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดจะสามารถดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ต่างกัน โดยความถี่ที่ก่อให้เกิดเสียงดังที่สุดของ Jack hammer และ Piling rig คือ 2,000 Hz ส่วนความถี่ที่ก่อให้เกิดเสียงดังที่สุดของ Backhoe คือ 500 Hz

ข้อเสนอแนะ

1. ในการใช้วัสดุกั้นเสียงในพื้นที่จริงควรให้มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะกั้นขวางระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้รับเสียง โดยอาจติดตั้งบริเวณรอบเครื่องจักรที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียง ติดตั้งเป็นฉากกั้นเฉพาะบริเวณที่ได้รับผลกระทบด้านเสียง หรือผู้พักอาศัยสามารถติดตั้งในบ้านพักในระหว่างที่มีการก่อสร้าง

2. สถานประกอบการที่มีเครื่องจักรเสียงดัง เช่น โรงงานอุตสาหกรรม อาจนำไปประยุกต์ใช้ปิดล้อมเครื่องจักรได้

3. สามารถใช้เป็นกำแพงกั้นเสียงเคลื่อนที่สำหรับงานก่อสร้างได้ โดยควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบการติดตั้ง เช่น มีลักษณะเป็นบานพับเพื่อง่ายต่อการคลี่ใช้งานและพับเก็บได้เมื่อเลิกใช้