การประเมินประสิทธิภาพต้นแบบกำแพงกั้นเสียงที่ผลิตจากวัสดุไวนิล

The Evaluation Performance Base of the Vinyl Noise Barrier Prototype

ธราดล หงส์อติกุล[1,*] เกื้อกูล เอี่ยมชูแสง[2] นันทวรรณ พิทักษ์พานิช[3] และ เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร[4]

[1,2,3,4] กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

**Corresponding author; E-mail address: titharadon@gmail.com*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอัตราการขยายตัวของสังคมเมืองกรุงเทพมหานครที่เพิ่มสูงขึ้น พื้นที่ว่างเปล่าได้ถูกพัฒนาให้เป็นที่อยู่อาศัย คอนโดมิเนียม และอาคารสำนักงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่โดยรอบโครงข่ายทางพิเศษ ซึ่งการขยายตัวดังกล่าวทำให้พื้นที่โดยรอบทางพิเศษได้รับผลกระทบด้านมลภาวะทางเสียงจากการจราจรบนทางพิเศษ จึงเป็นที่มาของการกำหนดมาตรการในการติดตั้งกำแพงกั้นเสียงบนทางพิเศษเพื่อช่วยลดทอนเสียงการจราจรให้ลดน้อยลง อย่างไรก็ตามในการติดตั้งกำแพงกั้นเสียงอาจมีการเสื่อมประสิทธิภาพตามอายุการใช้งาน จึงจำเป็นต้องมีการประเมินประสิทธิภาพ ปรับปรุง และพัฒนากำแพงกั้นเสียงอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถกั้นเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงที่ได้ออกแบบและพัฒนาจากวัสดุไวนิลและใช้ยางพารามาเป็นส่วนประกอบภายใน ซึ่งง่ายต่อการติดตั้งและบำรุงรักษา มีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพแวดล้อม เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการติดตั้งใหม่และการติดตั้งทดแทนกำแพงกั้นเสียงเดิมที่เสื่อมสภาพหรือชำรุดเสียหาย โดยผลจากการประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดนี้สามารถลดทอนเสียงได้มากกว่ากำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงจากวัสดุแผ่นกระเบื้องและแบบไฟเบอร์แผ่นเรียบเดิมที่เคยติดตั้งใช้งาน

คำสำคัญ: กำแพงกั้นเสียง, สะท้อนเสียง, มลภาวะทางเสียง

Abstract

In the present, the growth rate of urban society in Bangkok is increasing. Some space had developed to be a residence, condominium and office building. Especially, there are so many of residence around an expressway area. Which had been affected the sound pollution from the traffic on expressway. It was important to specify preventive measurement policy in order to reduce the noise pollution from the traffic by using “noise barrier”. However, the noise barrier that was installed on expressway previously was deteriorated by lifetime. Therefore, It is always needed an efficiency evaluation, improve and develop the noise barrier for an over standard. In this research, it is about the efficiency evaluation of the noise barrier reflection panel type that it was designed and developed by using materials from vinyl and natural rubber. It was improved the quality to be stronger, resistance to the environment, suitable for a new installation and replacement and easy to maintenance, so that the noise pollution can be reduced by the noise barrier from the traffic on expressway efficiently. An efficiency evaluation results show that, the noise barrier reflection panel type which made from vinyl and natural rubber materials can be reduced the noise pollution more than the noise barrier reflection panel type which made from fibre cement (Onduline) and fibre materials that installed previously.

Keywords: Noise Barrier, Reflection Panel, Noise Pollution

1. บทนำ

จากปัญหามลภาวะทางเสียงที่มีสาเหตุมาจากการจราจรในทางพิเศษที่อาจส่งผลกระทบต่อชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้บริเวณพื้นที่ทางพิเศษ จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรการในการลดผลกระทบจากปัญหาดังกล่าวด้วยการติดตั้งกำแพงกั้นเสียงบนทางพิเศษในบริเวณพื้นที่ชุมชน โดยปัจจุบันกำแพงกั้นเสียงที่ติดตั้งบนทางพิเศษมีหลายรูปแบบและใช้วัสดุที่แตกต่างกันเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละสภาพแวดล้อมและสามารถลดผลกระทบด้านเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

งานศึกษานี้เป็นการพัฒนาต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงโดยพัฒนาขึ้นจากวัสดุที่มีส่วนประกอบของพลาสติกพอลิเอทิลีน หรือ พีวีซี และใช้ยางพารามาเป็นส่วนประกอบที่มีคุณสมบัติผ่านตามข้อกำหนดของกำแพงกั้นเสียงบนทางพิเศษ เพื่อสนับสนุนนโยบายของรัฐบาลที่ส่งเสริมการใช้ยางพาราในประเทศเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตทางการเกษตรให้แก่เกษตรกรไทย เพื่อให้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม เหมาะสำหรับใช้ในการติดตั้งใหม่และการติดตั้งทดแทนกำแพงกั้นเสียงเดิมที่เสื่อมสภาพหรือ ชำรุดเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2

รูปที่ 1 ต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียง

รูปที่ 2 กำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงแบบเดิมที่เคยติดตั้ง

ในการทดสอบประสิทธิภาพและคุณสมบัติในการกั้นเสียงจะทดสอบโดยการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อตรวจวัดระดับเสียงที่สามารถลดทอนได้ โดยเปรียบเทียบระหว่างการตรวจวัดเสียงบริเวณที่ไม่มีการติดตั้งกำแพงกั้นเสียง และบริเวณที่ติดตั้งต้นแบบกำแพงกั้นเสียง โดยอ้างอิงวิธีการทดสอบ FHWA Highway Noise Barrier Design Handbook February 2000 [1]

2. วัตถุประสงค์และประโยชน์ที่ได้รับ

2.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาและพัฒนาต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงที่ผลิตจากพลาสติกพอลิเอทิลีน หรือ พีวีซี และใช้ยางพารามาเป็นส่วนประกอบ

2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบคุณสมบัติกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงที่ผลิตจากวัสดุที่แตกต่างกัน

2.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

1) สามารถประเมินประสิทธิภาพในการกั้นเสียงของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการติดตั้งต้นแบบกำแพงกั้นเสียงสำหรับใช้งานทดแทนกำแพงกั้นเสียงเดิมที่มีการเสื่อมสภาพลง

2) เพิ่มความหลากหลายของวัสดุกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนากำแพงกั้นเสียงในรูปแบบอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

3. ข้อมูลทั่วไปและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบประสิทธิภาพของกำแพงกั้นเสียง

3.1 ชนิดของกำแพงกั้นเสียง

กำแพงกั้นเสียง ใช้เพื่อป้องกันเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังจุดรับเสียง โดยอาศัยหลักของการกั้นเสียงให้ส่งผ่านกำแพงออกไปน้อยที่สุด ดังนั้น การกั้นเสียงจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้กั้น และความหนาของวัสดุนั้นๆ โดยกำแพงกั้นเสียงจะต้องหนาพอที่จะกั้นคลื่นเสียงไม่ให้ทะลุผ่านได้ เนื่องจากปัจจัยในการออกแบบมีผลต่อการออกแบบความหนาของกำแพง

การติดตั้งกำแพงกั้นเสียงบนทางพิเศษมีวัตถุประสงค์เพื่อลดผลกระทบด้านเสียงจากการจราจรบนทางพิเศษสู่อาคารที่พักอาศัยและชุมชนที่อยู่ในบริเวณรอบทางพิเศษ โดยการติดตั้งต้องคำนึงถึงรายละเอียดของวัสดุที่ใช้จะต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ โดยสามารถแบ่งประเภทของกำแพงกั้นเสียงตามคุณสมบัติ ดังนี้

3.1.1 กำแพงกั้นเสียงชนิดดูดซับเสียง (Absorption Panel)

กำแพงกั้นเสียงชนิดนี้ใช้วัสดุดูดกลืนเสียงบรรจุอยู่ภายใน ซึ่งเมื่อเสียงมากระทบกำแพงจะถูกดูดกลืนเสียง และป้องกันเสียงทะลุผ่านกำแพงไป ประโยชน์คือช่วยป้องกันเสียงออกไปภายนอกและช่วยลดเสียงที่อยู่ภายใน กำแพงกั้นเสียงชนิดนี้จะนิยมใช้ในโรงงาน หรือโรงไฟฟ้า วัสดุดูดกลืนเสียงส่วนใหญ่จะมีความบอบบางซึ่งไม่ทนทานต่อสภาพภายนอก (ปัจจุบันในเมืองไทยนิยมใช้ใยแก้วกับใยหินเป็นตัวดูดเสียง) ดังแสดงในรูปที่ 3

วัสดุ Metal Sheet

วัสดุ Metal Sheet

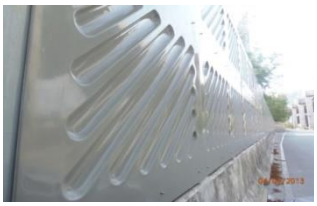
วัสดุ Glass Reinforced Cement

วัสดุ Fiberglass Reinforced Plastic

รูปที่ 3 กำแพงกั้นเสียงชนิดดูดซับเสียง (Absorption Panel)

3.1.2 กำแพงกั้นเสียงชนิดกระจายเสียง (Dispersive Panel)

กำแพงกั้นเสียงชนิดกระจายเสียงและชนิดสะท้อนเสียงมีหลักการทำงานใกล้เคียงกัน จะแตกต่างกันที่รูปแบบการออกแบบการตกกระทบของเสียง โดยที่กำแพงกั้นเสียงชนิดกระจายเสียงจะใช้วัสดุที่มีผิวมันขรุขระเพื่อช่วยให้มีประสิทธิภาพในการกระจายเสียงที่ดี ซึ่งการทำงานของกำแพงประเภทนี้คือ พยายามป้องกันเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังจุดรับเสียง โดยทำให้เสียงเกิดการสะท้อนกลับเมื่อเสียงตกกระทบบนพื้นผิวของกำแพงไปยังทิศทางที่กำหนด เพื่อป้องกันเสียงที่ทะลุผ่านตัวกำแพงไป (เกณฑ์ทั่วไปคือเมื่อเสียงผ่านกำแพงไปแล้วความดังจะต้องลดลงอย่างน้อย 25 เดซิเบล) โดยทั่วไปในการออกแบบจะนิยมออกแบบให้มีเหลี่ยมมุมเพื่อให้เกิดการสะท้อนเสียงไปในทิศทางที่ไม่ทำให้เสียงเกิดการสะท้อนแล้วกลับมารวมกันอีก ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้บนทางพิเศษ ดังแสดงในรูปที่ 4



วัสดุ Glass Reinforced Cement วัสดุ Fiberglass Reinforced Plastic

รูปที่ 4 กำแพงกั้นเสียงชนิดกระจายเสียง (Dispersive Panel)

3.1.3 กำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียง (Reflection Panel)

กำแพงกั้นเสียงชนิดนี้จะใช้วัสดุที่มีผิวเรียบมัน เพื่อช่วยให้มีประสิทธิภาพในการสะท้อนเสียงที่ดี เพื่อป้องกันเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงไปยังจุดรับเสียง โดยอาศัยหลักของการกั้นเสียงให้ส่งผ่านกำแพงออกไปน้อยที่สุด ดังนั้นประสิทธิภาพในการกั้นเสียงของกำแพงจึงขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้กั้นเสียง และความหนากำแพง ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบกำแพงให้มีความหนาที่เพียงพอสำหรับกั้นคลื่นเสียงไม่ให้ทะลุผ่านได้ ดังแสดงในรูปที่ 5

วัสดุ กระเบื้อง วัสดุ คอนกรีต

วัสดุ โปร่งใส วัสดุ เหล็ก

วัสดุ ไฟเบอร์ แผ่นเรียบ วัสดุ แผ่นหลังคา (Onduline)

รูปที่ 5 กำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียง (Reflection Panel)

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบประสิทธิภาพของกำแพงกั้นเสียง

การตรวจสอบประสิทธิภาพของกำแพงกั้นเสียงมีทฤษฎีที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพในการกั้นเสียงดังนี้

3.2.1 การพิจารณาการลดลงของระดับเสียง (Insertion Loss, IL)

การติดตั้งกำแพงกั้นเสียงชนิดต่าง ๆ จะส่งผลให้เกิดผลต่างระหว่างระดับเสียงก่อนและหลังการติดตั้งกำแพงกั้นเสียง ซึ่งการติดตั้งกำแพงกั้นเสียงจะเกิดการสูญเสียระดับเสียง เนื่องจากพลังงานเสียงจะถูกดูดซับเสียงโดยวัสดุ หรือ อาจเกิดการหักเหของคลื่นเสียงเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางให้สูงขึ้นจากพื้น หรือ อาจเกิดจากการสะท้อนเสียง ดังนั้น IL จึงเป็นผลรวมสุทธิในทุกๆ ด้านของการกั้นเสียงที่ทำให้เกิดการลดระดับเสียงทั้งการดูดซับ การหักเหและการกระจาย เป็นต้น โดยสามารถหาค่า Insertion Loss ตามทฤษฎี ดังนี้

$$IL = (LAref + Ledge - LArec) - (LBref - LBrec) \quad (1)$$

เมื่อ IL คือ ค่าการลดทอนเสียงที่ตำแหน่งหนึ่งๆ ของผู้รับเสียง (เดซิเบล)
LAref คือ ระดับเสียงอ้างอิงที่ถูกวัดค่าหลังจากติดตั้งกำแพงกั้นเสียง (เดซิเบล)
LArec คือ ระดับเสียงอ้างอิงจากผู้รับหลังติดตั้งกำแพงกั้นเสียง (เดซิเบล)
LBref คือ ระดับเสียงอ้างอิงที่ถูกวัดค่าก่อนติดตั้งกำแพงกั้นเสียง (เดซิเบล)
LBrec คือ ระดับเสียงอ้างอิงจากผู้รับก่อนติดตั้งกำแพงกั้นเสียง (เดซิเบล)
Ledge คือ ตัวประกอบการปรับแก้ (correction factor) ของการหักเหของเสียงจากด้านบนของกำแพงกั้นเสียงโดยปกติมีค่า 0.5 เดซิเบล
(LBref - LBrec) เท่ากับ 5 เดซิเบล*

หมายเหตุ กฎตายตัว (rule-of-thumb) สำหรับการประเมินค่าการลดทอนเสียงของกำแพงกั้นเสียง ระบุไว้ว่า ถ้าเส้นทางที่ปราศจากสิ่งกีดขวาง (line-of-sight) หรือเส้นเสียงถูกขวางด้วยกำแพงกั้นเสียงระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับผู้รับเสียง ค่าการลดทอนจะมีค่าเท่ากับ 5 เดซิเบล และจะมีค่าเพิ่มขึ้น 1.5 เดซิเบล ในทุกๆ ความสูง 1 เมตร เช่นถ้าความสูงของกำแพงกั้นเสียงเพิ่มขึ้น 2 เมตร ค่าการลดทอนเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 เดซิเบล เป็นต้น ตามหลักวิชาการ โดยปกติกำแพงกั้นเสียงจะถูกออกแบบให้มีการลดทอนเสียงอย่างน้อย 10 เดซิเบล อย่างไรก็ตามกำแพงกั้นเสียงที่มีการออกแบบใช้งานจริงจะสามารถลดทอนเสียงได้ 6 - 8 เดซิเบลเท่านั้น นอกจากนี้ค่าการลดทอนเสียงอาจเกิดจากอาคารที่อยู่ระหว่างจุดกำเนิดเสียงและจุดรับเสียง โดยจะมีค่าการลดทอนเสียงขึ้นอยู่กับช่องว่าง หรือช่องเปิดระหว่างอาคารที่อยู่ในแนวเดียวกัน ซึ่งโดยปกติระดับ

เสียงจะลดลง 4.5 เดซิเบล ในแถวแรกของอาคาร และจะลดลงอีก 1.5 เดซิเบลในแถวถัดไปของอาคาร จนถึงค่าการลดทอนเสียงสูงสุดที่ 10 เดซิเบล อ้างอิงจาก FHWA Highway Noise Barrier Design Handbook [1]

3.2.2 การวัดค่าการสูญหายของเสียง (Transmission Loss, TL)

การวัดค่าพลังงานเสียง (TL) ที่หายไปเมื่อตกกระทบลงบนกำแพงกั้นเสียงนี้จะดำเนินการตรวจวัดในภาคสนามตามวิธีใน ASTM E413-04 [2] ซึ่งเป็นการวัดระดับความดันเสียงด้านหน้าและด้านหลังของกำแพงกั้นเสียง โดยสามารถคำนวณหาค่า TL ได้ตามสมการ ดังนี้

$$TL = 10Log10\left(\frac{10^{SPLs/10}}{10^{SPLr/10}}\right) \quad (2)$$

$$= 10\left[Log_{10}10^{SPLs/10} - Log_{10}Log_{10}10^{SPLr/10}\right] \quad (3)$$

$$= 10\left[\frac{SPL_s}{10}Log_{10}10 - \frac{SPL_r}{10}Log_{10}10\right] \quad (4)$$

$$= 10\left[\frac{SPL_s}{10} - \frac{SPL_r}{10}\right] \quad (5)$$

$$= \frac{10}{10}\left[SPL_s - SPL_r\right] \quad (6)$$

$$= SPL_s - SPL_r \quad (7)$$

เมื่อ SPL_s คือ ระดับความดันเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงทางด้านหน้าของกำแพงกั้นเสียง, เดซิเบลเอ

SPL_r คือ ระดับความดันเสียงตรงตำแหน่งของผู้รับเสียงที่อยู่ด้านหลังกำแพงกั้นเสียง, เดซิเบลเอ

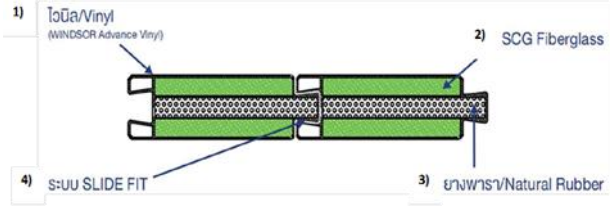
หมายเหตุ กำแพงกั้นเสียงจะต้องกั้นเสียงได้อย่างน้อย 5 เดซิเบล และหากกำแพงกั้นเสียงสามารถกั้นเสียงได้มากกว่า 20 เดซิเบลถือว่าสามารถกั้นเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ FHWA Highway Noise Barrier Design Handbook February 2000 [1]

4. การออกแบบและการติดตั้งต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียง

4.1 การออกแบบต้นแบบกำแพงกั้นเสียง

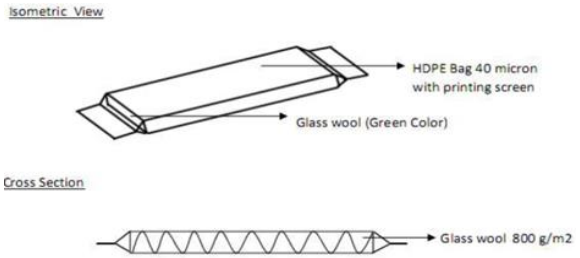
ในการวิจัยและพัฒนาต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงที่ผลิตจากวัสดุวัสดุพลาสติกพอลิเอทิลีน หรือ ไวนิล และนำยางพารามาเป็นส่วนหนึ่งของต้นแบบกำแพงกั้นเสียง เพื่อเป็นการสนับสนุนผลผลิตและเพิ่มมูลค่าให้แก่ยางพาราภายใต้แนวคิดไทยแลนด์ 4.0 โดยกำแพงกั้นเสียงจะมีขนาดความยาว 1.96 เมตร ความสูง 2.045 เมตร และหนา 84 มิลลิเมตร และมีส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ในต้นแบบกำแพงกั้นเสียงประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

4.1.1 ไวนิล (Vinyl) เป็นวัสดุไวนิลสูตรพิเศษที่ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้ในการผลิตประตู หน้าต่าง มีคุณสมบัติทนต่อสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทยได้เป็นอย่างดี โดยขึ้นรูปด้วยกระบวนการ Extrusion ไร้ปัญหาการกรอบแตก บิดงอ มีความยืดหยุ่นและทนทานต่อสภาพการใช้งานสูง รวมถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนในตัวเองต่ำมาผลิตเป็นผนัง ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ส่วนประกอบของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียง

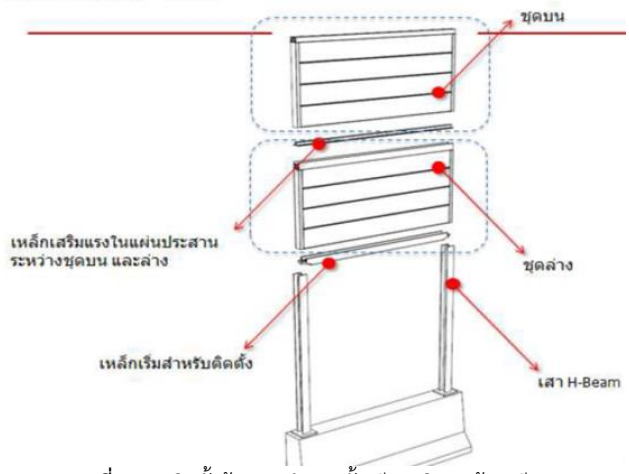
4.1.2 วัสดุไส้ในผนัง (Fiber Glass) เป็นวัสดุกันเสียงแบบไฟเบอร์กลาส (Fiber Glass) สำหรับใช้เพื่อการเสริมประสิทธิภาพในการกันเสียง โดยมีขนาดความกว้าง 185 มิลลิเมตร ความยาว 1,950 มิลลิเมตร หนา 25 มิลลิเมตร และมีความหน่าแน่น 0.032 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในรูปที่ 7



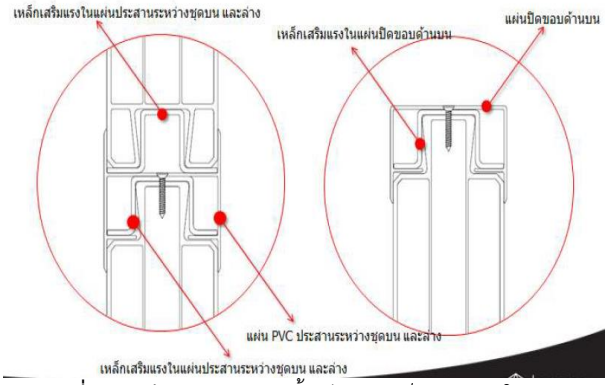
รูปที่ 7 วัสดุไส้ในผนังของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียง

4.1.3 วัสดุยางพารา (Natural Rubber) เป็นแบบโฟมยางพาราสำหรับใช้เพิ่มประสิทธิภาพการกั้นเสียง โดยใช้วัตถุดิบน้ำยางพาราจากสหกรณ์ผู้ผลิตในประเทศ นำมาผ่านกระบวนการตีผสมให้เกิดฟองอากาศเป็นรูพรุนภายในแผ่นยาง เพื่อลดน้ำหนักของแผ่นกำแพงกั้นเสียง

4.1.4 เหล็กเสริมความแข็งแรงภายในผนัง (Slide Fit) เลือกใช้เหล็กที่มีขนาดความหนา 2.0 มิลลิเมตร โดยชุบ Hot-Dip Galvanize และมีรายละเอียดของการติดตั้งต้นแบบกำแพงกั้นเสียงดังแสดงในรูปที่ 8 และการยึดติดแผ่นกำแพงกั้นเสียงกับเหล็กเสริมภายในผนังดังแสดงในรูปที่ 9



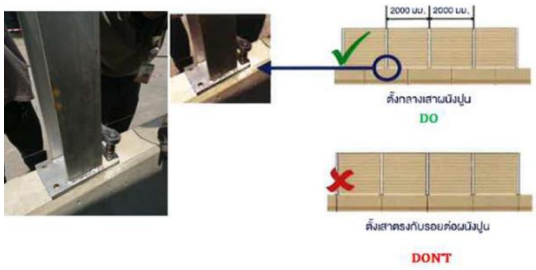
รูปที่ 8 การติดตั้งต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียง



รูปที่ 9 การยึดติดแผ่นกำแพงกั้นเสียงกับเหล็กเสริมภายในผนัง

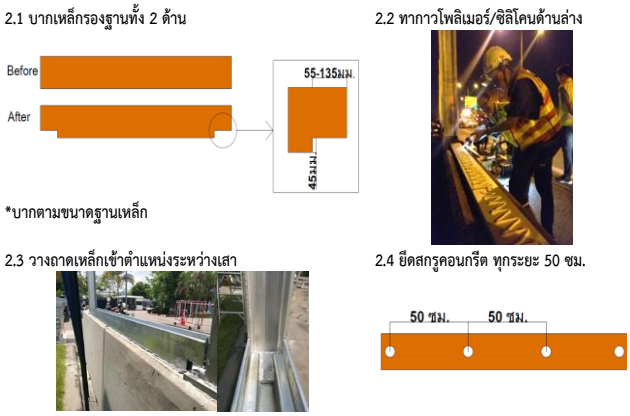
4.2 การติดตั้งต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียง

4.2.1 เริ่มจากการติดตั้งเสาเหล็กรูปพรรณ จะใช้เหล็ก H-Beam ขนาด 100x100 มิลลิเมตร บนกำแพงคอนกรีต (Concrete Barrier) ยึดฐานเสากับกำแพงคอนกรีตด้วย Bolt ขนาด M12 ยาว 85 มิลลิเมตร และทำการตั้งดิ่งด้านหน้าและด้านหลังด้วยลิ่มพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 10



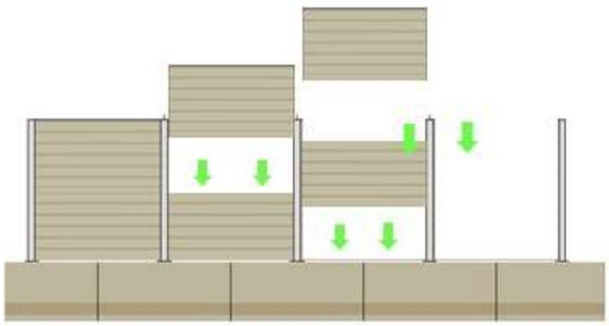
รูปที่ 10 การยึดติดกำแพงกั้นเสียง

4.2.2 ทำการบากเหล็กรองฐานด้วยเครื่องตัดเหล็ก เพื่อหลบ Plate เหล็กของเสาทั้ง 2 ด้าน ทากาวโพลิเมอร์หรือซิลิโคนที่ด้านล่างก่อนวางเหล็กเข้าตำแหน่งระหว่างเสาเหล็กรูปพรรณแล้วทำการยึดด้วยสกรูคอนกรีตขนาด 1/4"x1 3/4" ทุกระยะ 50 เซนติเมตร ให้แน่น ดังแสดงในรูปที่ 11



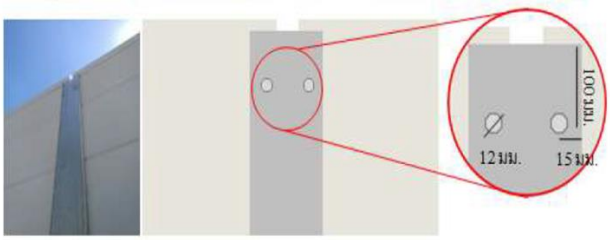
รูปที่ 11 การยึดติดตั้งเหล็กรองฐานกับเสาเหล็กรูปพรรณ

4.2.3 ทำการหย่อนแผ่นผนังกำแพงกั้นเสียงแผ่นล่าง ตามด้วยแผ่นผนังกำแพงกั้นเสียงแผ่นบนลงในตำแหน่งระหว่างเสาเหล็กรูปพรรณที่ได้ทำการติดตั้งไว้ ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 การหย่อนแผ่นผนังกำแพงกั้นเสียงเพื่อติดตั้งในตำแหน่งระหว่างช่วงเสาเหล็กรูปพรรณ

4.2.4 ทำการยึดส่วนบนด้านหน้าของเสาเหล็กรูปพรรณ H-Beam ด้วย Bolt ขนาด M10 ยาว 125 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 การยึดส่วนบนด้านหน้าของเสาเหล็กรูปพรรณด้วย Bolt ขนาด M10

5. การทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงในพื้นที่ติดตั้งจริง

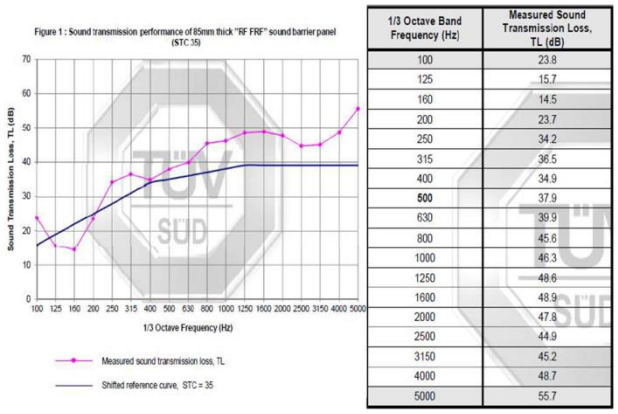
5.1 การทดสอบคุณสมบัติของการกั้นเสียงในห้องระบบปิด

การทดสอบคุณสมบัติการกั้นเสียงของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงประเภทสะท้อนเสียงโดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E413-04 [2] และ ASTM E90-04 [3] ซึ่งทดสอบในห้องระบบปิด โดยทำการตรวจวัดระดับเสียงจากการจำลองการติดตั้งเครื่องตรวจวัดระดับเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียง และที่จุดรับเสียง ดังแสดงรูปที่ 14 ผลจากการทดสอบ พบว่า

- ที่ระดับคลื่นความถี่เสียง 400 Hz ต้นแบบกำแพงกั้นเสียงสามารถลดเสียงได้ 35 เดซิเบล (เอ) (ตามเกณฑ์ ASTM กำแพงกั้นเสียงต้องลดเสียงได้มากกว่า 25 เดซิเบล (เอ))
- ที่ระดับคลื่นความถี่เสียง 1,000 Hz ต้นแบบกำแพงกั้นเสียงสามารถลดเสียงได้ 46 เดซิเบล (เอ) (ตามเกณฑ์ ASTM กำแพงกั้นเสียงต้องลดเสียงได้มากกว่า 30 เดซิเบล (เอ)) ดังแสดงในรูปที่ 15

การทดสอบฝั่งแหล่งกำเนิดเสียง การทดสอบฝั่งจุดรับเสียง

รูปที่ 14 การตรวจวัดระดับเสียงจากการจำลองการติดตั้งฝั่งแหล่งกำเนิดเสียงและฝั่งจุดรับเสียง

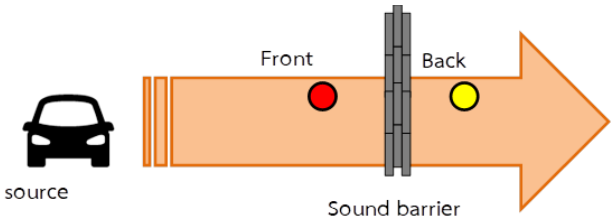


1/3 Octave Band Frequency (Hz)	Measured Sound Transmission Loss, TL (dB)
100	23.8
125	15.7
160	14.5
200	23.7
250	34.2
315	36.5
400	34.9
500	37.9
630	39.9
800	45.6
1000	46.3
1250	48.6
1600	48.9
2000	47.8
2500	44.9
3150	45.2
4000	48.7
5000	55.7

รูปที่ 15 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดไวนิล

5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงในพื้นที่ติดตั้งจริง

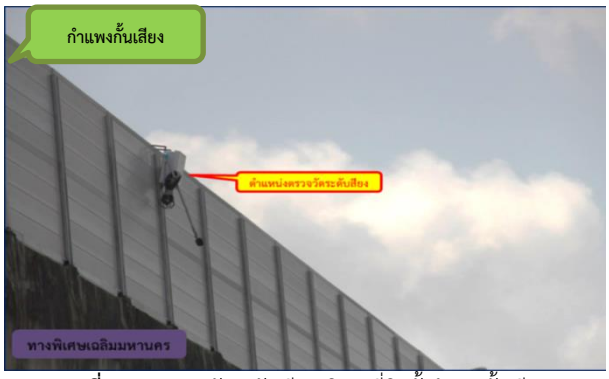
ดำเนินการทดสอบโดยการตรวจวัดระดับเสียงบริเวณที่ไม่มีการติดตั้งกำแพงกั้นเสียงและบริเวณที่มีการติดตั้งต้นแบบกำแพงกั้นเสียง เพื่อทำการเปรียบเทียบกรณีที่มีกำแพงกั้นเสียงและไม่มีกำแพงกั้นเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 16 ซึ่งอ้างอิงวิธีการทดสอบจาก FHWA Highway Noise Barrier Design Handbook [1]



รูปที่ 16 การตรวจสอบประสิทธิภาพการลดทอนเสียงของกำแพงกั้นเสียงไวนิล

การตรวจวัดระดับเสียงของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงที่ได้ทำการติดตั้งบนทางพิเศษ จะใช้เครื่องตรวจระดับวัดเสียงยี่ห้อ Castle dB Air Class 1 และยี่ห้อ 01 dB Class 1 ในการตรวจวัดระดับเสียงดังแสดงในรูปที่ 17 และรูปที่ 18 โดยจะทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดระดับเสียงบริเวณที่ไม่มีการติดตั้งกำแพงกั้นเสียงและบริเวณที่มีการติดตั้งกำแพงกั้นเสียง

รูปที่ 17 การตรวจวัดระดับเสียงบริเวณที่ไม่มีการติดตั้งกำแพงกั้นเสียง



รูปที่ 18 การตรวจวัดระดับเสียงบริเวณที่ติดตั้งกำแพงกั้นเสียง

ในการตรวจวัดระดับเสียงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบกำแพงกั้นเสียง จะทำการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ($L_{eq\ 24\ hr}$) จำนวน 2 จุด ได้แก่ บริเวณด้านหลังต้นแบบกำแพงกั้นเสียง และบริเวณที่ไม่ติดตั้งกำแพงกั้นเสียงเป็นระยะเวลา 3 วันต่อเนื่อง

ผลการตรวจวัดค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง 3 วันต่อเนื่อง

- กรณีที่ไม่มีกำแพงกั้นเสียงมีค่าเท่ากับ 77.8 เดซิเบล (เอ) ซึ่งมีค่าเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้

- กรณีมีกำแพงต้นแบบกำแพงกั้นเสียงมีค่าเท่ากับ 66.3 เดซิเบล (เอ) ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ โดยค่ามาตรฐานระดับเสียงทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ [4] กำหนดไว้ไม่เกิน 70 เดซิเบล (เอ)

เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับเสียง พบว่า ต้นแบบกำแพงกั้นเสียงสามารถลดเสียงได้เฉลี่ย 11.5 เดซิเบล (เอ) คิดเป็นร้อยละ 14.78 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดระดับเสียงของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงแบบไวนิล

	ไม่ติดตั้งกำแพงกั้นเสียง	ต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงแบบไวนิล	
	ค่าระดับเสียง (เดซิเบล (เอ))	ค่าระดับเสียง (เดซิเบล (เอ))	ประสิทธิภาพการลดลงของระดับเสียง (ร้อยละ)
วันที่ 1	78.0	66.7	14.48
วันที่ 2	77.8	66.2	14.91
วันที่ 3	77.6	66.1	14.82
ค่าเฉลี่ย 3 วัน	77.8	66.3	14.78
ค่ามาตรฐาน $L_{eq\ 24\ hr}$	70 เดซิเบล (เอ)		

ในกรณีที่พิจารณาประสิทธิภาพของกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงโดยเปรียบเทียบระหว่างต้นแบบกำแพงกั้นเสียงที่ผลิตจากไวนิล กับแบบกระเบื้อง และแบบแผ่นเรียบ (Fiberglass Reinforce Plastic, FRP) ซึ่งใช้งานบนทางพิเศษในปัจจุบัน พบว่า

- กำแพงกั้นเสียงแบบกระเบื้อง(ความหนา 10 เซนติเมตร) ตรวจวัดค่าระดับเสียง ณ หลังกำแพงกั้นเสียงเท่ากับ 67.8 เดซิเบล (เอ)
- กำแพงกั้นเสียงแบบแผ่นเรียบ (Fiberglass Reinforce Plastic, FRP) (ความหนา 15 เซนติเมตร) ตรวจวัดค่าระดับเสียงณ หลังกำแพงกั้นเสียงได้เท่ากับ 69.6 เดซิเบล (เอ)

ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ โดยค่ามาตรฐานระดับเสียงทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ [4] กำหนดไว้ไม่เกิน 70 เดซิเบล (เอ) และเมื่อเปรียบเทียบการลดลงของเสียงกรณีที่ไม่มีการติดตั้งกำแพงกั้นเสียงและกรณีเดิมที่ติดตั้งกำแพงกั้นเสียงแต่ละแบบ พบว่า กำแพงกั้นเสียงแบบกระเบื้องสามารถลดเสียงได้เฉลี่ย 10.0 เดซิเบล (เอ) คิดเป็นร้อยละ 12.85 และกำแพงกั้นเสียงแบบแผ่นเรียบ (Fiberglass Reinforce Plastic, FRP) สามารถลดเสียงได้เฉลี่ย 8.2 เดซิเบล (เอ) คิดเป็นร้อยละ 10.54 ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดระดับเสียงของกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงแบบกระเบื้อง

	ไม่ติดตั้งกำแพงกั้นเสียง	กำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงแบบกระเบื้อง	
	ค่าระดับเสียง (เดซิเบล (เอ))	ค่าระดับเสียง (เดซิเบล (เอ))	ประสิทธิภาพการลดลงของระดับเสียง (ร้อยละ)
วันที่ 1	78.0	67.9	12.95
วันที่ 2	77.8	67.8	12.85
วันที่ 3	77.6	67.6	12.89
ค่าเฉลี่ย 3 วัน	77.8	67.8	12.85
ค่ามาตรฐาน $L_{eq\ 24\ hr}$	70 เดซิเบล (เอ)		

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดระดับเสียงของกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงแบบแผ่นเรียบ (Fiberglass Reinforce Plastic, FRP)

	ไม่ติดตั้งกำแพงกั้นเสียง	กำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงแบบ FRP	
	ค่าระดับเสียง (เดซิเบล (เอ))	ค่าระดับเสียง (เดซิเบล (เอ))	ประสิทธิภาพการลดลงของระดับเสียง (ร้อยละ)
วันที่ 1	78.0	69.7	10.64
วันที่ 2	77.8	69.6	10.54
วันที่ 3	77.6	69.5	10.44
ค่าเฉลี่ย 3 วัน	77.8	69.6	10.54
ค่ามาตรฐาน $L_{eq\ 24\ hr}$	70 เดซิเบล (เอ)		

6. บทสรุป

จากการพัฒนาออกแบบต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงแบบไวนิล (Vinyl Noise Barrier) มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือชนิดและความหนาของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตต้นแบบกำแพงกั้นเสียง เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพิจารณาออกแบบ เนื่องจากกำแพงกั้นเสียงที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีความหนาที่เพียงพอ และเป็นไปตามมาตรฐาน สามารถป้องกันคลื่นเสียงดังกล่าวไม่ให้ทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของกำแพงกั้นเสียงได้

ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบกำแพงกั้นเสียงชนิดสะท้อนเสียงแบบไวนิล (Vinyl Noise Barrier) จะเห็นได้ว่า สามารถลดผลกระทบด้านระดับเสียงที่เกิดจากการจราจรบนทางพิเศษได้เป็นอย่างดี โดยมีประสิทธิภาพการลดทอนเสียงที่ดีกว่ากำแพงกั้นเสียงแบบสะท้อนเสียงแบบเดิมที่เคยติดตั้งร้อยละ 3.78 และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานระดับเสียงทั่วไปเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ [4]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัท เอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด ที่ได้ให้ความร่วมมือในด้านการวิจัยและพัฒนากำแพงกั้นเสียง และเจ้าหน้าที่พนักงานกองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้คำปรึกษา เสียสละเวลาอันมีค่าช่วยเหลือในการทดสอบและเก็บข้อมูลในการศึกษาวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

เอกสารอ้างอิง

[1] Knauer, H. S., Pedersen, S., Lee, C. S., & Fleming, G. G. (2000). *FHWA highway noise barrier design handbook* (No. FHWA-EP-00-005). United States. Federal Highway Administration.

[2] ASTM, (2004). *Classification for Rating Sound Insulation*, E413-04. American Society for Testing and Material.

[3] ASTM, (2004). Standard Test for Method for Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions and Elements, E90-04. American Society for Testing and Material.

[4] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540). เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 27ง. 3 เมษายน 2540.