

การประเมินความเสียหายจากความล้าของแผงกั้นเสียงพอลิเมอร์เสริมเส้นใยของรถไฟลอยฟ้า

EVALUATION OF FATIGUE DAMAGE OF SKY-TRAIN FIBER-REINFORCED-POLYMER NOISE BARRIERS

ณัฐภัทร บัวเพชร^{1*}, นัทรพันธ์ จินตนาภักดี²¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

* E-mail : nutthapat_b@hotmail.com, 090-961-3936

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันวัสดุผสมชนิดต่างๆ ได้เข้ามามีบทบาททางการก่อสร้างในงานวิศวกรรมมากขึ้นโดยวัสดุประเภทนี้สามารถออกแบบให้สอดคล้องกับการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประเภทพอลิเมอร์เสริมเส้นใย (FRP) ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยที่จะเน้นศึกษาความสามารถในการต้านทานความล้าในส่วนของแผงกั้นเสียงของรถไฟลอยฟ้าซึ่งไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อต้านทาน ต่อแรงสั่นสะเทือนจากตัวขบวนรถและแรงลม ซึ่งในการศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของแผงกั้นเสียงของรถไฟลอยฟ้าที่สังเกตเห็นการสั่นสะเทือนจากตาเปล่าได้มากที่สุดซึ่งเดิมเป็นวัสดุคอนกรีตเสริมเส้นใยแก้ว ซึ่งมีน้ำหนักมากและมีอายุการใช้งาน น้อยซึ่งกำลังจะถูกทดแทนด้วยพอลิเมอร์เสริมเส้นใย โดยทำการวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบว่าโครงสร้าง แผงกั้นเสียงที่เป็นวัสดุพอลิเมอร์เสริมเส้นใยมีอายุการใช้งานได้ยาวนานเพียงใด

คำสำคัญ : การสั่นสะเทือน, ความล้า, แผงกั้นเสียง, พอลิเมอร์เสริมเส้นใย

Abstract

The utilization of fiber composite materials has become more important because they can be specifically designed for the requirements of the application. This could be a combination of different material properties of the individual materials or entire new material properties. In particular, a fundamental advantage of fiber-reinforced polymers is the combination of lower weight with adequate strength. This research seeks bending behavior of sky-train noise barriers which was not designed for going against the wind power and sky-train vibration. The investigation will analyze the vibration of sky-train fiber-reinforced polymer noise barriers that can be visible to the naked eye by analyzing which vibration level that noise barriers can resist, and also analyzing the damage of structure under forced vibration. The research evaluates last useful life of noise barriers under action force. Finally, it will compare to select the most worthy barriers.

Keywords: vibration, fatigue, noise barriers, fiber-reinforced polymer

1. บทนำ

ส่วนประกอบของเครื่องจักรและชิ้นส่วนภายในโครงสร้างต่างๆของเครื่องจักรหรือส่วนประกอบข้างเคียงนั้น โดยปกติในเวลางานจะได้รับความกระทำที่ต่าง ๆ กันและซ้ำไปซ้ำมา (cyclic load) อย่างต่อเนื่อง เป็นผลทำให้ วัสดุนั้นๆ ได้รับ

<http://jeet.siamtechu.net>

ความเค้นสลับ (cyclic stress) ซึ่งนำไปถึงการเกิดความเสียหายต่อโครงสร้างภายในของวัสดุนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า ความล้า (Fatigue) [1] เช่น ปีกของเครื่องบิน ถึงความดัน สะพานและชิ้นส่วนต่างๆ ภายในรถยนต์ เป็นต้น นอกจากนี้ความล้าไม่ได้เกิดในชิ้นส่วน ในบริเวณที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อ รับแรงที่กระทำซ้ำๆ กันอย่าง เห็นได้ชัดเท่านั้น เนื่องจากในบางครั้งถึงแม้ว่าชิ้นส่วนนั้นๆ ไม่ได้ถูกคาดหวังที่จะอยู่ภายใต้ของแรงกระทำที่ซ้ำๆ ก็ก็ตามก็ยังอาจมีความเสี่ยงต่อการรับแรงกระทำซ้ำไปซ้ำมาด้วยเช่นกัน เช่นแผงกันเสียงของรถไฟลอยฟ้า ซึ่งในปัจจุบันนี้ ความเสียหายของส่วนประกอบของระบบขนส่งทางรางส่วนใหญ่ มีสาเหตุมาจากความล้า ถึงแม้ว่าค่าความเค้นที่วัสดุได้รับนั้นจะต่ำกว่าค่าความแข็งแรงสูงสุดก็ตาม ดังนั้นในการผลิตหรือออกแบบชิ้นส่วนที่อยู่ใต้ สภาวะรับแรงกระทำซ้ำไปซ้ำมาจึงจำเป็นที่จะต้องที่จะต้องออกแบบให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง รวมทั้งการ เลือกวัสดุที่มีความทนทานต่อความเสียหายจากความล้าที่ได้รับ

จากเหตุผลในข้างต้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการศึกษาพฤติกรรมการรับ แรงของแผงกันเสียง ของรถไฟลอยฟ้าซึ่งไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อต้านทานต่อแรงสั่นสะเทือนจากตัวขบวนรถและแรงลม ในการศึกษา นี้ จะทำการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของแผงกันเสียงของรถไฟลอยฟ้าที่สถานีสนามเป้าและสถานี อารีย์ ซึ่งสังเกตเห็นการสั่นสะเทือนจากตาเปล่าได้มากที่สุด โดยทำการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าการสร้างแผงกันเสียงจะมีอายุการใช้งานภายใต้แรงกระทำได้นานเพียงใด

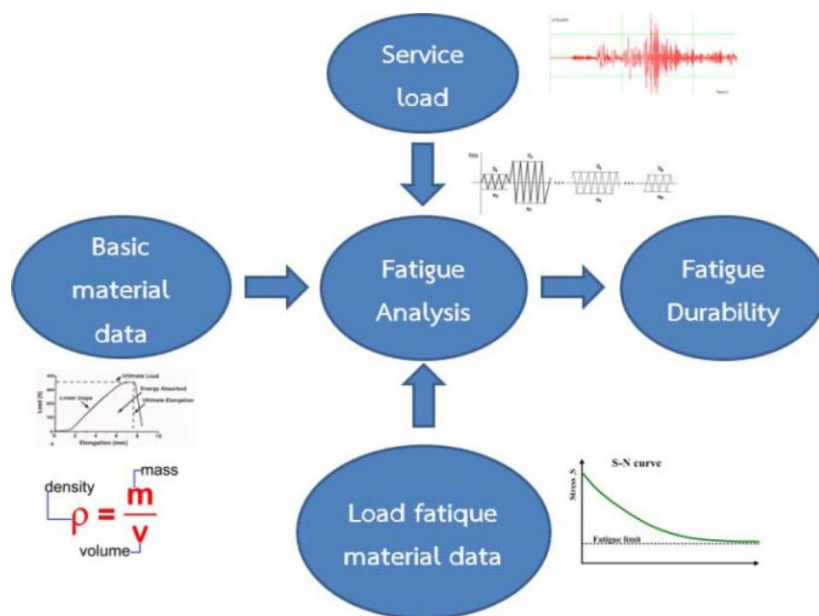
2. ขอบเขตขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 ขอบเขตการศึกษา

หาอายุการใช้งานของแผงกันเสียงโดยพิจารณาจากการสั่นสะเทือนจากขบวนรถและแรงลมเป็นหลัก โดยไม่คำนึงถึงการเสื่อมสภาพเนื่องจากสภาวะแวดล้อมจากการใช้งานเช่น ความชื้น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำฝน

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

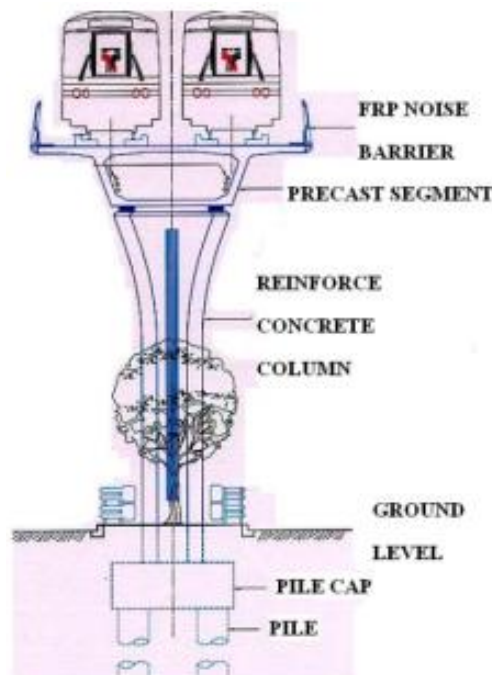
ขั้นตอนการดำเนินงานจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักประกอบไปด้วย (1) การทดสอบภาคสนามโดยเริ่มจากการ เก็บข้อมูลการสั่นสะเทือนจากการใช้งานจริง (Service load) (2) ดำเนินการนำวัสดุไฟเบอร์เสริมเส้นใยมาทดสอบ ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าคุณสมบัติต่างๆที่มีผลต่อการใช้งานเช่น ความหนาแน่น (Density) ค่าโมดูลัสการแตกหัก และที่สำคัญที่สุดคือคุณสมบัติด้านการต้านทานความล้า (Fatigue resistance) แสดงโดยกราฟ (S-N diagram) (3) นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทั้งภาคสนามและห้องปฏิบัติการมาใช้ในการวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของแผงกันเสียง



รูปที่ 1 แผนผังการดำเนินงาน

2.2.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

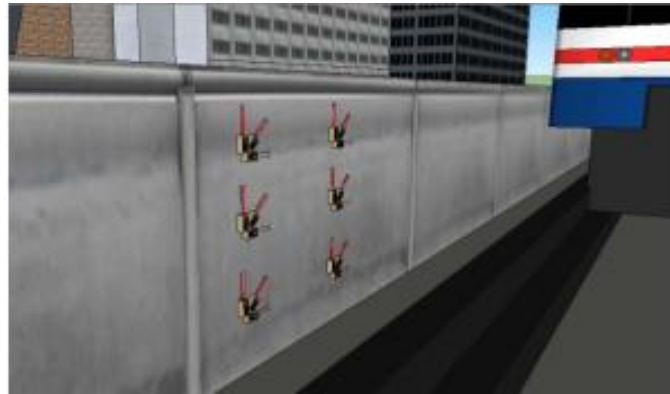
การทดสอบนี้จะบันทึกผลกระทบจากการสั่นสะเทือนโดยบันทึกเป็นค่าการยืดหด (strain) ของแผงกันเสียงในสถานที่จริง ใกล้สถานีรถไฟฟ้าสนามเป้าและอารีย์เพื่อหาระดับความเครียดและความถี่ของการเกิดความเครียดที่ระดับต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานจริงของแผงกันเสียง โดยจะบันทึกค่า strain และความเร่งบนแผงกันเสียงซึ่ง ครอบคลุมช่วงเวลา ที่รถไฟฟ้าถูกใช้งานสูงสุดโดยการติดตั้ง strain gauge เพื่อวัดความเครียดบนแผงกันเสียงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของขบวนรถและแรงลมซึ่งส่งผลให้เกิดแรงสั่นสะเทือนมายังแผงกันเสียงโดยข้อมูล ความเครียดดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดค่าความเครียดในบริเวณด้านในของแผงกันเสียงเพื่อที่จะนับรอบความถี่ของการเกิดความเครียดที่ระดับต่างๆ โดยวิธีการ Rain flow cycle counting [2] ซึ่งเป็นเทคนิคที่ ให้ผลการคำนวณถูกต้องแม่นยำภายใต้แรงกระทำซ้ำๆ แบบไม่คงที่โดยใช้โปรแกรม MATLAB [3] ช่วยในการนับรอบการเกิด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการนับจำนวนรอบมาทำการประเมินค่าอายุการล้าที่เกิดขึ้น และทำนายความเสียหายเนื่องจากการล้าโดยอาศัยกฎของ Palmgren-miner rule [4] การประเมินความเสียหายทำได้โดยนำค่าจำนวนรอบความเค้นที่มีค่าสูงจนมีผลต่อค่าความเสียหายหักทอนค่าเสียหายที่ได้รับต่อวัน



รูปที่ 2 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบรถไฟลอยฟ้า



รูปที่ 3 แผงกันเสียง FRP



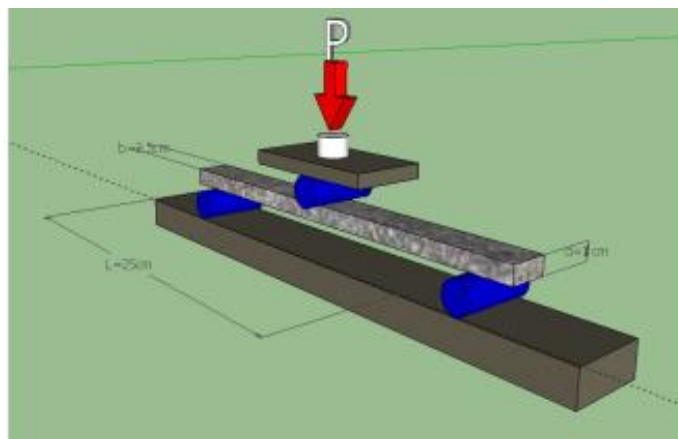
รูปที่ 4 ตำแหน่งการติดตั้ง strain gauge

2.2.2 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการนี้จะทดสอบทั้งคุณสมบัติพื้นฐานที่จำเป็นเช่นหน่วยน้ำหนักและคุณสมบัติด้าน การสั่นไหวของวัสดุที่นำมาใช้ทำแผงกั้นเสียงโดยจะหาความต้านทานการรับแรงดึงค่าโมดูลัสการแตกหักและ กราฟ S-N CURVE

การทดสอบการรับแรงดัดของแผงกั้นเสียงวัสดุ FRP

โดยการทดสอบจะตัดชิ้นส่วนของแผงกั้นเสียงตามแนวยาวของแผ่นกั้นเสียงเพื่อ หาค่าของโมดูลัสแตกหักของ พอลิเมอร์เสริมเส้นใยดังรูปที่ 5 แล้วนำมาให้แรง ณ จุดกึ่งกลางของชิ้นตัวอย่างจนชิ้นตัวอย่างวิบัติแล้วใช้สมการที่ (1) คำนวณค่าโมดูลัสแตกหัก



รูปที่ 5 แบบจำลองแสดงการหาโมดูลัสแตกหัก

$$R = \frac{MC}{I} = \frac{(PL/4)(\frac{d}{2})}{bd^3/12} = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (1)$$

ตารางที่ 1 ค่าโมดูลัสแตกหักของ FRP แต่ละชนิด

FRP	Type A			Type B		
Specimen	no.1	no.2	no.3	no.1	no.2	no.3
โมดูลัสแตกหัก (ksc)	1102	1055	1129	1710	1617	1611
โมดูลัสแตกหักเฉลี่ย (ksc)	1073			1605		
max. strain at rupture	0.0127			0.0195		

การทดสอบการรับแรงดึงของไฟเบอร์เสริมเส้นใยพอลิเมอร์

การทดสอบด้วยการดึงเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าคุณสมบัติความยืดหยุ่น กำลังที่จุดคราก (Yield strength) หรือจุดที่วัสดุรับแรงได้สูงสุดโดยไม่เสียรูป และกำลังสูงสุดที่วัสดุรับได้ (ultimate strength) ซึ่งจากการทดสอบการรับแรงดึงในการทดสอบก่อนหน้าวัสดุได้สมบัติที่ได้คาดซึ่งแสดงว่าวัสดุวิบัติภายใต้แรงดึงที่ได้คาด มากกว่าแรงอัดบนผิวคานซึ่งทำการทดสอบดังรูปที่ 6 โดยจะใช้ค่าการรับแรงดึงสูงสุดเป็นค่าควบคุมความเสียหาย ที่กระทำต่อวัสดุประเภทไฟเบอร์เสริมเส้นใยพอลิเมอร์โดยที่จะนำค่าเหล่านี้ไปเป็นตัวแปรในการทดสอบความล้าต่อไป



รูปที่ 6 การหาความต้านทานการรับแรงดึงรับแรงดึงขณะทำการทดสอบ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการรับแรงดึง

FRP	Type A			Type B		
specimen	no.1	no.2	no.3	no.1	no.2	no.3
stress (ksc)	564	583	575	680	672	667
avg. stress (ksc)	574			673		

การทดสอบสอบการหาการต้านทานความล้าของไฟเบอร์เสริมเส้นใยพอลิเมอร์ ทฤษฎีความล้า (Fatigue)

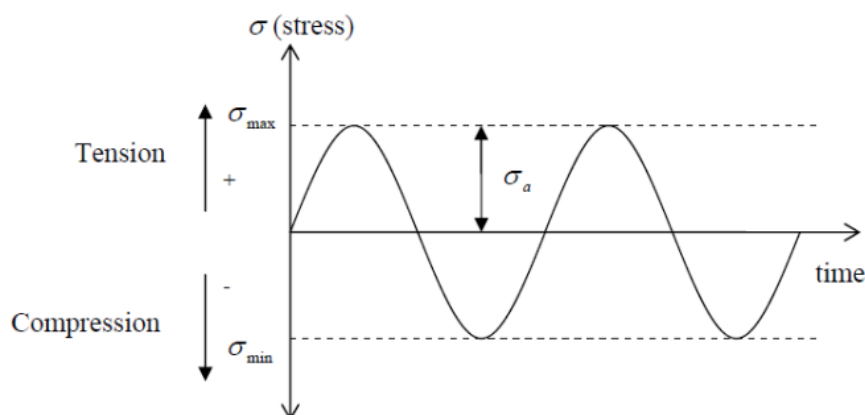
เมื่อวัสดุถูกแรงซึ่งต่ำกว่าค่าความแข็งแรงสูงสุด (ultimate strength) มากระทำกลับไปกลับมาซ้ำ ๆ กัน ก็อาจจะเกิดการแตกหักขึ้นได้ เนื่องจากเกิดความล้าหรือ Fatigue ขึ้น ความล้าที่เกิดในวัสดุนี้ เป็นสาเหตุใหญ่ของการเสียหายของชิ้นส่วนเครื่องจักรต่าง ๆ เพราะตลอดอายุงานของเครื่องจักร เช่น เครื่องยนต์ สวิตช์รีเลย์ ฯลฯ จะต้องเกิดความเค้นสลับไปสลับมาเป็นซึ่งอาจจะมากถึงล้าน ๆ ครั้ง ทำให้เกิดการล้าขึ้นในชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้ จากการศึกษาพบว่าความล้าจะเกิดเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกจะเกิดรอยแตกขึ้น เมื่อมีความเค้นรวมศูนย์ (stress concentration) ในบริเวณนั้น และในระยะที่สอง เมื่อมีความเค้นเข้าไปซ้ำมารอยแตกนี้จะโตขึ้นเรื่อย ๆ จะมีพื้นที่ภาคตัดขวางของวัสดุลดลง จนกระทั่งแรงกระทำต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าค่าความแข็งแรงสูงสุด วัสดุก็จะแตกหัก จากกัน ถ้าเรากำหนดจำนวนรอบของความเค้นที่ทำซ้ำไปซ้ำมาแล้ว (โดยปกติจะใช้ที่ค่า 1 ล้านรอบ) ค่าความเค้นที่ทำให้วัสดุแตกหักได้ที่จำนวนรอบของความเค้นรอบนั้น ๆ เราเรียกว่า Fatigue Strength สำหรับวัสดุที่ใช้งาน ทางด้านวิศวกรรมโยธาโดยเฉพาะพวกเหล็ก จะมีค่าความเค้นอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งถ้าใช้ความเค้นต่ำกว่านั้นแล้ว ไม่ว่าจำนวนรอบของแรงกระทำจะเป็นเท่าใด วัสดุจะไม่แตกออก ค่าความเค้นนี้เรียกว่า Endurance Limit ความเสียหายตามปกติจะเริ่มจากการเกิด Crack initiation ในจุดที่มี Stress Concentration แล้วเกิด Crack Propagation ลามเข้าไปเป็นชั้น ๆ ตามจำนวนครั้งที่ได้รับโหลด เมื่อพื้นที่หน้าตัดที่รับโหลดลดลงจนเกิด Stress สูงกว่า Ultimate tensile strength วัสดุจะเกิดการเสียหายบนพื้นที่รับโหลดที่เหลือเป็นการแตกหักธรรมดา ซึ่ง Fatigue life ของวัสดุทดสอบ เขียนได้เป็นสมการที่ (2)

$$N_f = N_i + N_p \quad (2)$$

โดยที่ คือ จำนวนรอบ Fatigue life ของวัสดุทดสอบ

N_i คือ จำนวนรอบที่ทำให้เกิด Crack initiation

N_p คือ จำนวนรอบที่เกิด Crack Propagation จนกระทั่งวัสดุแตกหัก



รูปที่ 7 ความเค้นแบบคลื่นโดยที่ค่าความเค้นสูงสุดและต่ำสุดมีค่าเท่ากันหรือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์

พารามิเตอร์ในการทดสอบความล้า

Frequency คือ จำนวนของรอบการ ทดสอบต่อระยะเวลาโดยส่วนใหญ่จะใช้ หน่วยเป็น Hz ยิ่งมีมากก็ทำให้เกิด failure ได้เร็วโดยการทดสอบจะใช้ความถี่ในการทดสอบความล้าเท่ากับ 2 Hz

Stress Amplitude คือ ปริมาณของโหลดที่กระทำต่อชิ้นงานซึ่งเป็นไปได้ทั้งความเค้นหรือความเครียด โดย หาได้จาก

$$\text{stress amplitude} = \frac{\text{max stress} - \text{min stress}}{2}$$

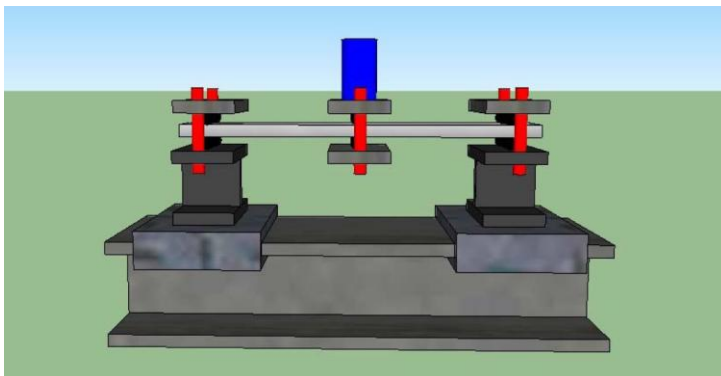
$$\text{mean stress} = \frac{\text{max stress} + \text{min stress}}{2}$$

$$\text{stress range} = \text{max stress} - \text{min stress}$$

$$R = \frac{\text{min stress}}{\text{max stress}}$$

วิธีการทดสอบ

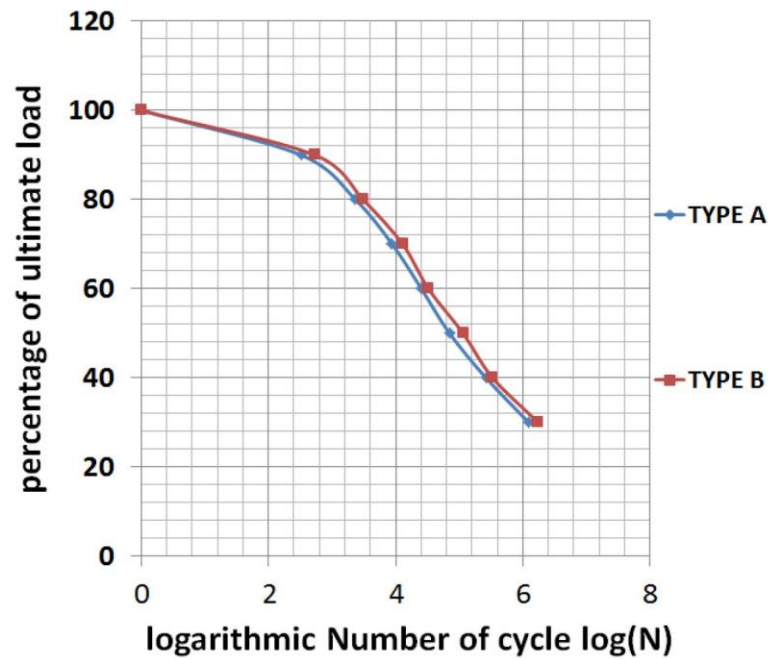
การทดสอบความล้าในที่นี้จะใช้วิธีการให้แรงกระทำแบบกราฟไซน์โดยที่ค่าเฉลี่ยของแรงกระทำเป็นศูนย์ ดังรูปที่ 10 โดยมีความถี่ในการทดสอบ 2 รอบต่อวินาทีโดยแบ่งเป็นระดับการให้แรงกระทำตั้งแต่ 30, 40 จนถึง 100% ของกำลังสูงสุดที่ชิ้นงานสามารถรับได้โดยชนิดของการทดสอบในที่นี้คือ three point bending โดยได้ผลทดสอบดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การติดตั้งตัวจับยึดชิ้นงาน

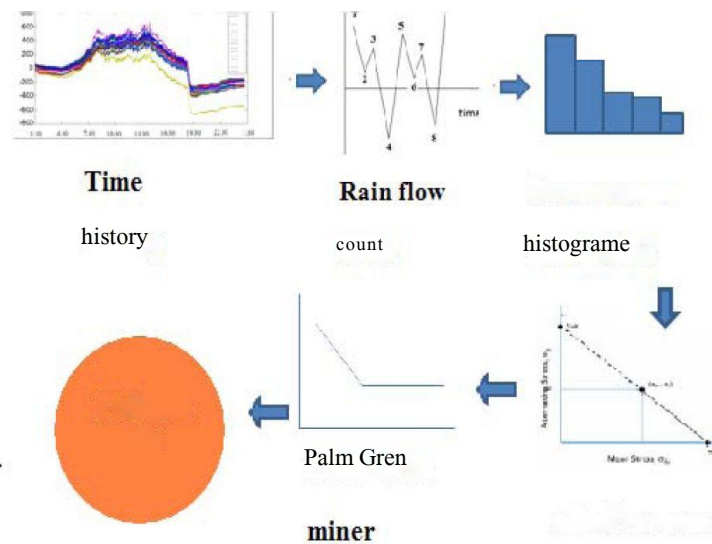


รูปที่ 9 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบความล้าขณะทำการทดสอบโดยเครื่อง Shimadzu servo-pulser ขนาด 10 ton



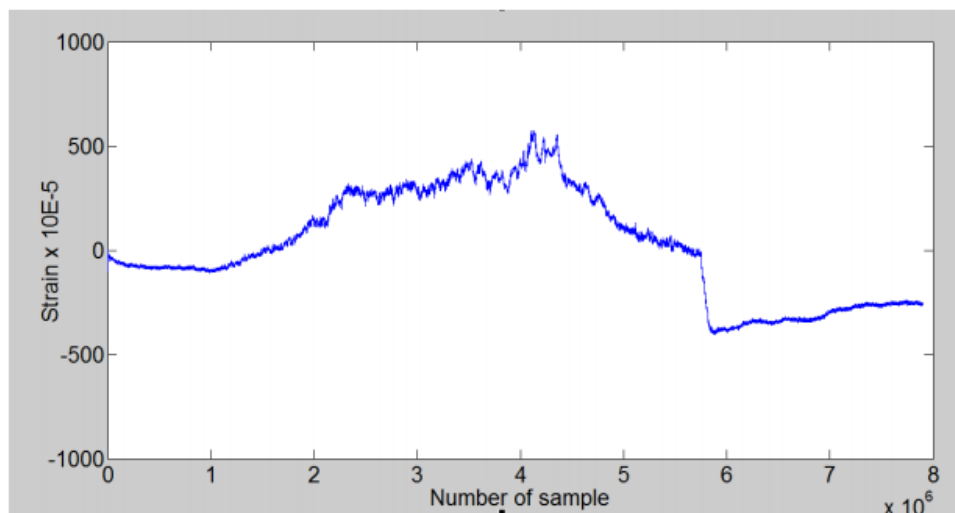
รูปที่ 10 กราฟแสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ แรง ที่กระทำและจำนวนรอบที่สามารถรับได้
(Constant life diagram)

3. ผลการศึกษา

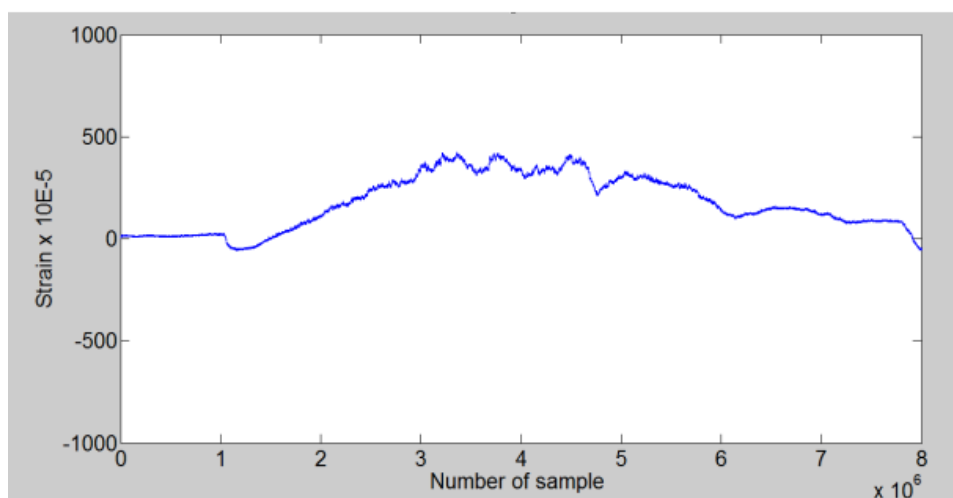


รูปที่ 11 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

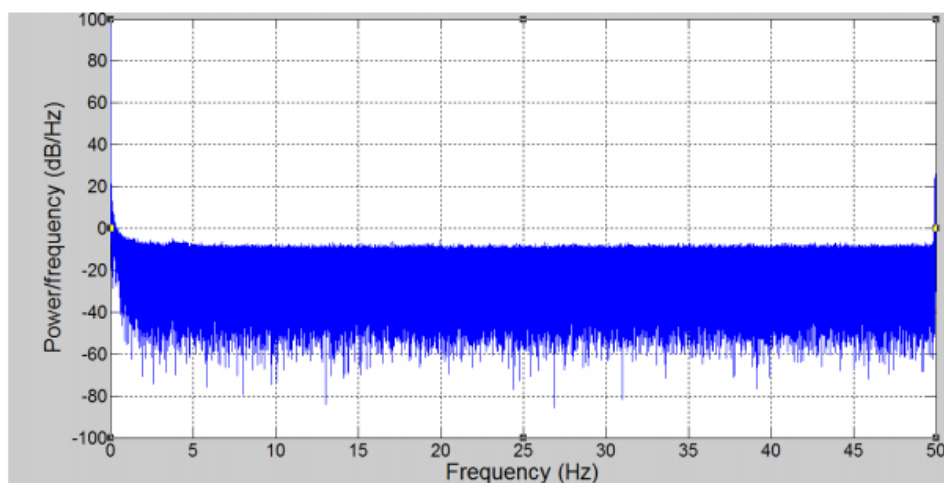
จากผลการทดสอบความต้านทานความล้าในรูปที่ 10 สรุปได้ว่าแรงกระทำที่ต่ำกว่า 30% ของกำลังสูงสุดจะไม่ มีผลกระทบให้เกิดความเสียหายในด้านการรับแรงล้า ซึ่งจะเปรียบเทียบกับ Service load ที่เกิดขึ้นบนแผงกัน เสียงที่วัดค่า ได้จากการวัดค่าจากการทดสอบภาคสนามซึ่งได้ผลดังรูปที่ 12 และ 13 ตามลำดับ



รูปที่ 12 ผลการตรวจวัดความเครียดของแผงกันเสียงชนิด A ที่เก็บข้อมูลจากภาคสนามเป็นระยะเวลา 1 วัน
โดยใช้ความถี่ในการวัด 100 HZ

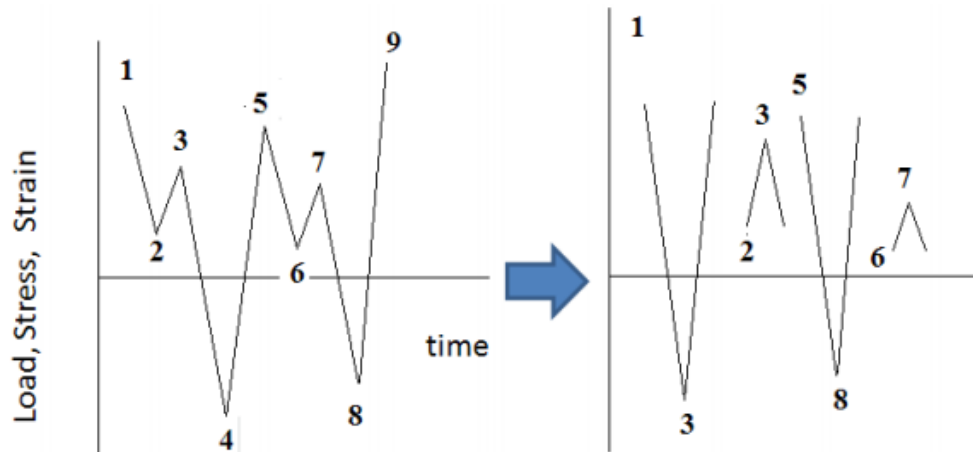


รูปที่ 13 ผลการตรวจวัดความเครียดของแผงกันเสียงชนิด B ที่เก็บข้อมูลจากภาคสนามเป็นระยะเวลา 1 วัน
โดยใช้ความถี่ในการวัด 100Hz

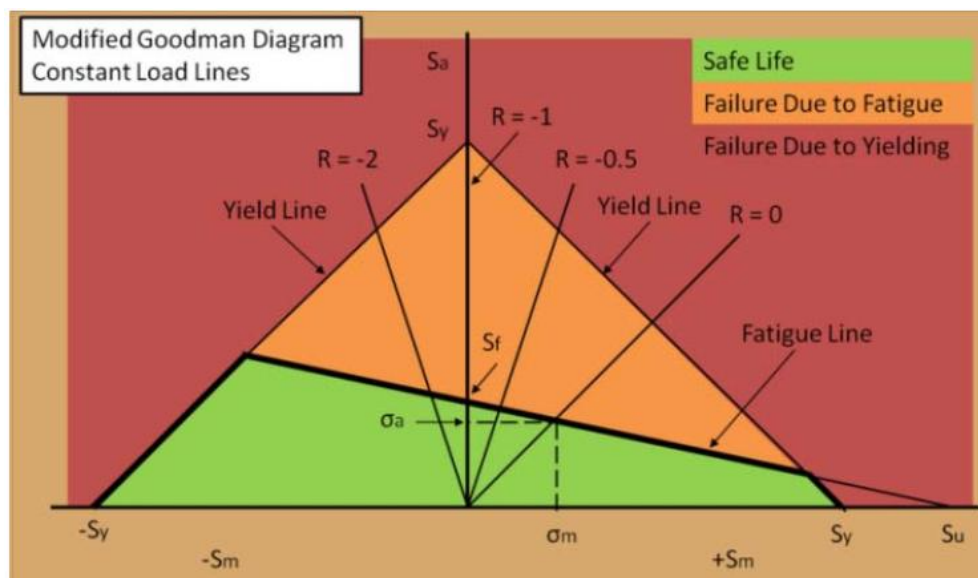


รูปที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความความถี่การสั่นสะเทือนของแผงกันเสียงเนื่องจากขบวนรถไฟ

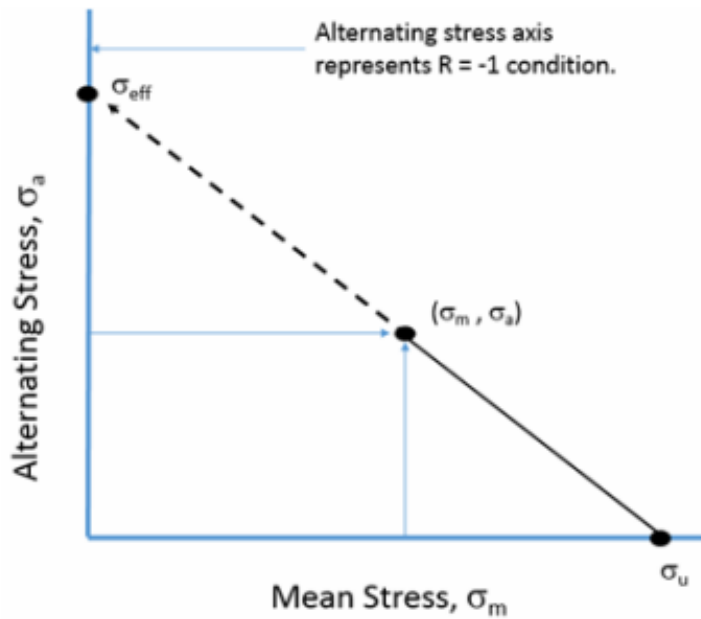
เนื่องด้วยข้อมูลจากภาคสนามเป็นข้อมูลแบบสุ่มซึ่งยากต่อการวิเคราะห์โดยตรงจึงอาศัยวิธีการ Rain flow counting มาช่วยวิเคราะห์ ดังรูปที่ 18 แล้ววิเคราะห์หาความเค้นเทียบเท่าที่มีค่า mean stress เป็นศูนย์ซึ่งโดยใช้ modified goodman diagram constant load line ดังรูปที่ 16 และ 17 โดยอาศัยสมการที่ (3) แก่ ผลกระทบจากค่า mean stress ที่ค่าต่างๆ โดยจะความเสียหายมีความสัมพันธ์ กับการอายุการล้าแบบเชิงเส้นดังนั้น ความเสียหายสะสม (damage accumulation) สามารถนิยามได้ว่า เป็นผลรวมของความเสียหายในแต่ละช่วง ของความเค้น ซึ่งคำนวณได้จากสมการ(4)



รูปที่ 15 การแปลงข้อมูลจากความเค้นอิสระไปเป็นค่าความเค้นเทียบเท่า



รูปที่ 16 Modified Goodman Diagram Constant Load Lines



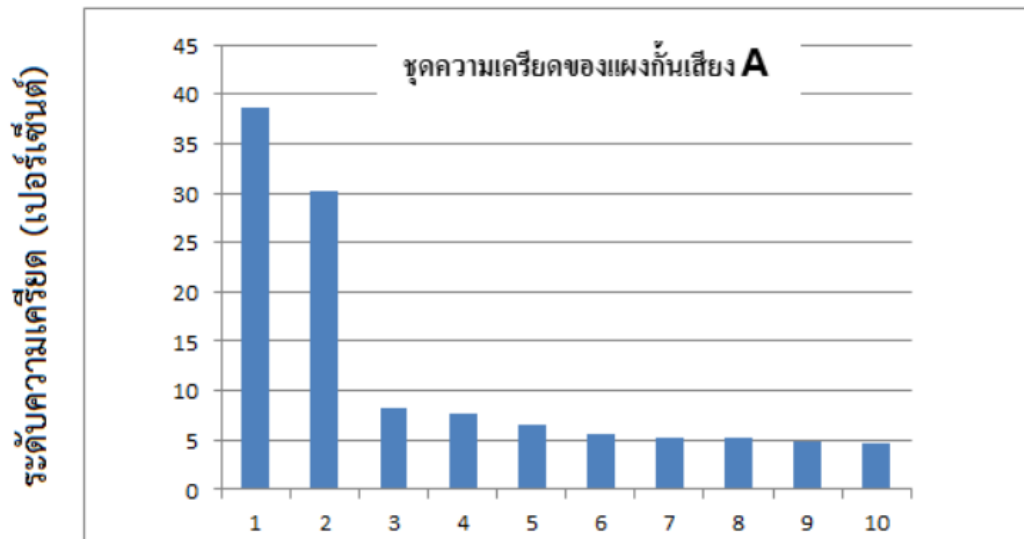
รูปที่ 17 การปรับแก้ผลกระทบจากค่า mean stress ในระดับต่างๆ

$$\text{effective stress} = \text{stress amplitude} \left[\frac{\text{ultimate stress}}{\text{ultimate stress} - \text{mean stress}} \right] \quad (3)$$

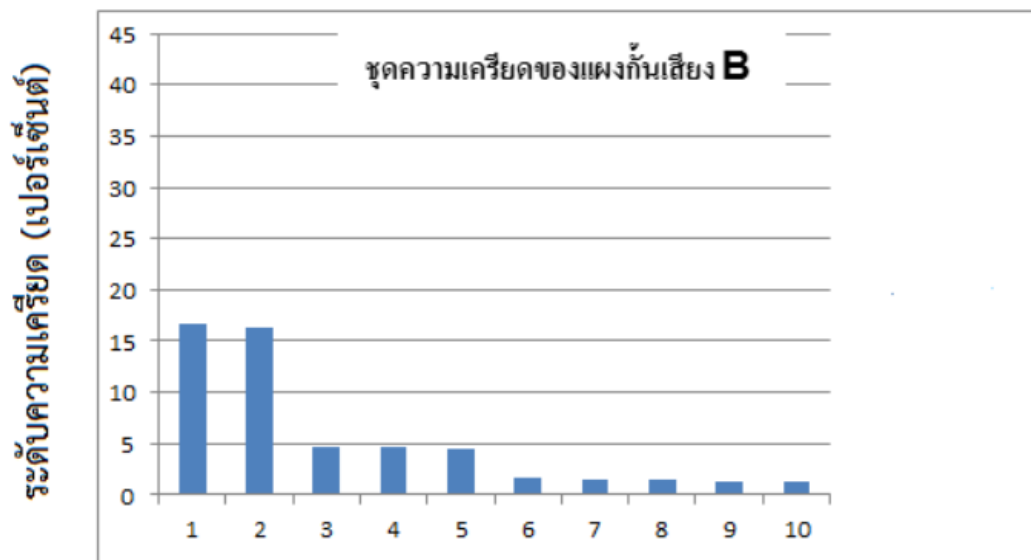
$$D = \sum_{i=1}^k \left(\frac{n_i}{N_f} \right) \quad (4)$$

เมื่อ n_s คือ จำนวนของค่าอัตราส่วนความเสียหาย และ D คือ ความเสียหายสะสม ซึ่งหมายความว่าความเสียหายของวัสดุจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ เท่ากับ 1

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเค้นอิสระโดยใช้วิธี Rain flow counting ได้ผลดังตารางที่ 4 และ 5 สำหรับ FRP ชนิด A และ B ตามลำดับ



รูปที่ 19 ระดับความเค้นเทียบเท่าที่เกิดขึ้นมากที่สุด 10 อันดับแรกของแผงกันเสียง FRP ชนิด B



รูปที่ 18 ระดับความเค้นเทียบเท่าที่เกิดขึ้นมากที่สุด 10 อันดับแรกของแผงกันเสียง FRP ชนิด A

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความเสียหายสะสมและอายุการใช้งานภายใต้แรงกระทำซ้ำซากของ FRP ชนิด A

Type A			
Load %	n_i	N_f	n_i/N_f
90-100	0	1	0
80-90	0	325	0
70-80	0	2330	0
60-70	0	8805	0
50-60	0	25343	0
40-50	0	70415	0
30-40	2	167223	0.000012
		Total damage/day	0.000012
		Durability (Year)	228

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความเสียหายสะสมและอายุการใช้งานภายใต้แรงกระทำซ้ำซากของ FRP ชนิด B

Type B			
Load %	n_i	N_f	n_i/N_f
90-100	0	1	0
80-90	0	538	0
70-80	0	3071	0
60-70	0	12850	0
50-60	0	32674	0
40-50	0	114538	0
30-40	0	223860	0
20-30	0	1743980	0
10-20	2	13592633	0.00000015
		Total damage/day	0.00000015
		Durability (year)	More than 1000

4. บทสรุป

วัสดุไฟเบอร์เสริมเส้นใยพอลิเมอร์ (FRP) เป็นวัสดุที่สามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้เป็นอย่างดีเนื่องจาก ไม่เป็นสนิมอีกทั้งยังมีน้ำหนักเบาต่อการติดตั้งมีความเหนียวสูงอีกทั้งยังมีกำลังรับแรงอัดและแรงดึงสูงเมื่อ เปรียบเทียบกับคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปและมีอายุการใช้งานยาวนานซึ่งเหมาะสมกับประเภทงานประเภทแผงกัน เสียงมากเนื่องจาก ไม่สามารถถอดเปลี่ยนได้บ่อยเนื่องจากการเดินขบวนรถค่อนข้างมากจึงสรุปได้ว่าแผงกันเสียง ประเภทไฟเบอร์เสริมเส้นใยพอลิเมอร์เป็นทางเลือกในการทดแทนวัสดุประเภทแผงกันเสียงคอนกรีตเสริมใยแก้ว ได้เป็นอย่างดีโดยแผงกันเสียงชนิด A ความต้านทานความล้า 228 ปี และแผงกันเสียงชนิด B ความต้านทานความล้า มากกว่า 1000 ปี

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. Lee, J. Pan, Richard B. Hathaway and Mark E. Barkey. Fatigue Testing and Analysis, Chrysler Group LLC, 2012.
- [2] S. Ariduru. "Fatigue Life Calculation by Rain flow Cycle Counting Method." M.s. thesis, Middle East Technical University, 2004.
- [3] MATLAB® 7 Getting started Guide © COPYRIGHT 1984-2008 by The Math Works, Inc.
- [4] M. A. Miner. "Cumulative Damage in Fatigue," Journal of Applied Mechanics, ASME, 12(3), pp. A159 - A164, 1945.
- [5] J. Goodman. "Mechanics Applied to Engineering". Longmans, Green & Co, New York 1899, Reprint of 9th edition, 1954.
- [6] A. Palmgren. "Die Lebensdauer von Kugellagern" Verfid-mwsrrchinik, Berlin 1924,
- [7] Miner, M. A., "Cumulative damage in fatigue" Applied Mechanics, 1945, 67, A 159-A 164.