

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ตอบสนองกับแรงดึง
ในการทดสอบการดึงแบบแกนเดียว
A Study on Response Frequency Related to Applied Force
in Uniaxial Tensile Testing

รามิล เกศวรกุล¹* และ ภาสพิรุฬห์ ศรีสำโรง²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

*E-mail: ramil.k@me.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความถี่ตอบสนองกับแรงดึงในการทดสอบการดึงแบบแกนเดียว ชิ้นทดสอบเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำรีดเย็นเกรด SPCC ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ไมโครโฟนคอนเดนเซอร์ ถูกใช้เป็นเครื่องรับสัญญาณเสียงสำหรับตรวจสอบสัญญาณอคูสติกในย่านความถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ ตามโดเมนของเวลา และบันทึกความถี่ในการดึงที่ 44,100 ช่วงต่อวินาที ใช้ความละเอียด ของระดับสัญญาณที่ 16 บิต ผลที่ได้ถูกแปลงไปสู่โดเมนของความถี่โดยใช้ฟาสฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (FFT) กราฟสเปกตรัมถูกใช้ในการวิเคราะห์ความถี่ตอบสนองของสัญญาณอคูสติก จากนั้นผลของสัญญาณเสียงจะถูกพล็อตและเปรียบเทียบกับเส้นแรงดึงของชิ้นทดสอบ

คำหลัก: อะคูสติก ; ความถี่ตอบสนอง ; การทดสอบแรงดึง

Abstract

This work is a study on response frequency related to applied force in Uniaxial Tensile Testing. A common cold rolled carbon steel sheets grade SPCC, with 1 mm thick is studied. A condenser microphone was used as a sound transducer for acoustic detection of human hearing frequency range in time domain condition, with 44.1 kHz sampling rate and 16 bit depth sound recording. A Fast Fourier transform (FFT) is used to compute the discrete Fourier transform (DFT) and convert the time signals to frequency domain. A spectrogram is used to analyze the respond frequency of acoustic signal. The results of acoustic signal were plotted and compared with the Applied Force.

Keywords: Acoustic; Respond Frequency; Tensile Test

1. บทนำ

การเลือกใช้วัสดุเพื่อผลิตชิ้นงานต่างๆในงานวิศวกรรม จะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติต่างๆของวัสดุทั้งทางด้านความแข็งแรงและความสามารถในการขึ้น

รูปของวัสดุ นั้น สมบัติที่สำคัญประการหนึ่งคือความแข็งแรงดึง เพราะทำให้ทราบได้ว่าชิ้นงานนั้นมีความสามารถต้านทานต่อแรงดึงที่มากกระทำโดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายได้หรือไม่ ความแข็งแรงดึง

AMM-256

ของวัสดุชนิดต่างๆสามารถทดสอบได้โดยเครื่องทดสอบแรงดึง เครื่องทดสอบแรงดึงนี้ทำการทดสอบโดยการสร้างแรงดึงให้กับชิ้นทดสอบอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นงานเกิดการคอดเฉพาะจุด ซึ่งเครื่องทดสอบแรงดึงนี้ประกอบด้วยเครื่องวัดแรงดึงที่กระทำกับชิ้นงาน และระยะยืดของชิ้นงานทดสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งเส้นโค้งความเค้น-ไหลของวัสดุซึ่งมีความสำคัญในการออกแบบทางวิศวกรรมต่อไป

วิธีวิเคราะห์สัญญาณคลื่นอะคูสติกเป็นวิธี ที่อาศัยการตรวจจับสัญญาณเสียงอะคูสติกที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อวัสดุเกิดการเปลี่ยนรูป การแตกร้าวหรือการขยายตัวของรอยแตกร้าว (Crack Propagation) ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างจากการตรวจสอบแบบไม่ทำลายวิธีอื่นๆ อยู่ 3 ประการใหญ่ คือ พลังงานที่ตรวจจับเป็นพลังงานที่ปลดปล่อยมาจากเนื้อวัสดุเอง เมื่อได้รับการกระทบภายนอก สามารถตรวจจับได้ขณะที่ทำการตรวจสอบ (Real Time) และการตรวจสอบสามารถตรวจจับและประเมินค่าความบกพร่องที่สำคัญทั่วทั้งโครงสร้างในการตรวจสอบครั้งเดียว [1-4]

ปัจจุบันวิทยาการทางด้านคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ทำให้สามารถประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมเครื่องทดสอบ และสามารถประมวลผลจากการทดสอบได้ เครื่องทดสอบแรงดึงที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์นี้ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง อีกทั้งการศึกษาด้านสัญญาณอะคูสติกในวัสดุยังมีความซับซ้อน เป็นอุปสรรคที่ทำให้การใช้งานไม่แพร่หลายทั้งในทางอุตสาหกรรมและทางการศึกษา

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอะคูสติกในย่านความถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ กับแรงดึงในการทดสอบการดึงแบบแกนเดียวของชิ้นทดสอบ โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาชิ้นงานทดสอบเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำรีดเย็นเกรด SPCC ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ไมโครโฟนคอนเดนเซอร์ ถูกใช้เพื่อรับสัญญาณเสียงสำหรับตรวจสอบสัญญาณอะคูสติกในย่านความถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ ตามโดเมนของเวลา และบันทึกความถี่ในการดึงที่ 44,100 ช่วงต่อวินาที ใช้ความ

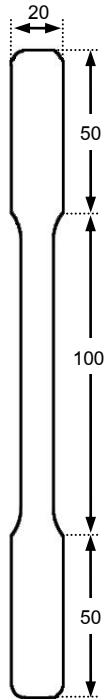
ละเอียด ของระดับสัญญาณที่ 16 บิต ผลที่ได้ถูกแปลงไปสูโดเมนของความถี่โดยใช้ฟาสฟูเรียร์ทรานฟอร์ม (FFT) กราฟสเปกตรัมถูกใช้ในการวิเคราะห์ความถี่ตอบสนองของสัญญาณอะคูสติก จากนั้นผลของสัญญาณเสียงจะถูกพล็อตและเปรียบเทียบกับเส้นแรงดึงของชิ้นทดสอบ

2. ทฤษฎีการทดสอบแรงดึงแกนเดียว [5]

โดยปกติการทดสอบแรงดึงนั้นนิยมใช้ชิ้นงานทดสอบ (Specimen) ตามมาตรฐานสากล แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถใช้ชิ้นทดสอบแบบอื่นที่ทราบค่าพื้นที่หน้าตัดและความยาวเริ่มต้นได้เหมือนกัน การทดสอบแรงดึงแกนเดียวเป็นการตรวจสอบพฤติกรรมทางกลของวัสดุต่าง ๆ ภายใต้สภาวะการยึดตัวในทิศทางเดียวด้วยแรงแบบคงที่ (Static Load) จนกระทั่งมีการเสียรูปแบบถาวรเกิดขึ้น (Plastic Deformation) ด้วยเครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล (Universal Tensile Test) โดยทั่วไปค่าสมบัติทางกลที่ได้จากการทดสอบแรงดึงแกนเดียว ได้แก่ ขีดจำกัดการยืดหยุ่น (Elastic Limit) ร้อยละการยืด (Percent Elongation) มอดูลัส ความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ขีดจำกัดแบบสัดส่วน (Proportional Limit) ร้อยละของพื้นที่หน้าตัดในการลดลง (Percent Reduction in Area) ความแข็งแรงดึง (Tensile Strength) จุดเค้นคราก (Yield Point) และความแข็งแรงเค้นคราก (Yield Strength) เป็นต้น

การทดสอบแรงดึงแกนเดียวตามมาตรฐาน ASTM E8 เป็นการทดสอบชิ้นงานทดสอบจำนวน 5 ชิ้น ที่มีลักษณะและขนาดเป็นรูปทรงกระบอกหรือเป็นแผ่น โดยปลายทั้งสองข้างของชิ้นงานทดสอบต้องมีขนาดและพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการจับยึดกับเครื่องทดสอบ เพื่อเป็นการป้องกันการหลุดออกขณะทำการทดสอบชิ้นงาน ส่วนความยาวของเกจ (Gage Length; L₀) จะถูกกำหนดให้เป็นค่าตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะแปรผันกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D₀) หรือพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (A₀) ดังแสดงในรูปที่ 1

AMM-256



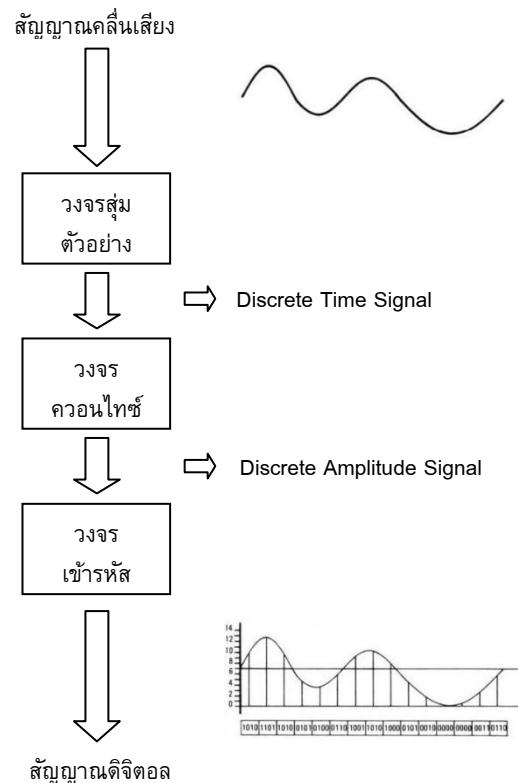
Standard : ASTM E8M-93
Size : Standard
Blanking Tooling
Thickness : 0.5 – 1 mm
Material : SPCC, SUS, AL

รูปที่ 1 ชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐาน
ASTM E8M-93

3. การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล เป็นการศึกษาการประมวลผลสัญญาณที่อยู่ในรูปดิจิทัล (digital) สัญญาณคลื่นเสียง จัดว่าเป็นสัญญาณอนาลอกประเภทหนึ่งที่มีค่าไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดังนั้นการส่งสัญญาณคลื่นเสียงผ่านช่องสัญญาณสื่อสารดิจิทัลเพื่อการบันทึกสัญญาณ และประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จะต้องมีการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล จึงจำเป็นที่จะต้องนำสัญญาณคลื่นเสียงไปผ่านกระบวนการสุ่มตัวอย่างก่อน เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณเชิงเวลาเต็มหน่วย (Discrete Time Signal) จากนั้นจึงนำสัญญาณเชิงเวลาเต็มหน่วย ที่ได้แต่ละการสุ่มตัวอย่างไปผ่านกระบวนการควอนไทซ์ (Quantization) เพื่อให้ได้สัญญาณเชิงแอมพลิจูดเต็มหน่วย (Discrete Amplitude Signal) ก่อนจะนำไปเข้ารหัส (Binary Encoding) เป็นตัวเลขไบนารี 0 และ 1 เป็นลำดับต่อไป ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล ดังรูปที่ 2

สำหรับงานวิจัยนี้จะอาศัยโปรแกรม LogicPro ในการบันทึกข้อมูลสัญญาณคลื่นเสียง โดยการนำสัญญาณที่ผ่านเครื่องขยายสัญญาณคลื่นเสียงเข้าทางช่องอินพุตของการ์ดเสียงของระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยอัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Rate) ได้หลายค่า ซึ่งในการทดลองจะใช้อัตราการสุ่มตัวอย่างที่ 44,100 ตัวอย่างต่อวินาที ขนาด 16 บิต ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เพื่อส่งไปเก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ในรูปของไฟล์ข้อมูลที่เป็นนามสกุล .wav จากนั้นนำข้อมูลของสัญญาณคลื่นเสียงทำการแปลงฟูเรียร์ เพื่อแปลงสัญญาณดิจิทัลซึ่งอยู่ในโดเมนเวลา (Time Domain) ไปเป็นการวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนความถี่ (Frequency Domain) โดยใช้วิธีการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform : FFT) เพื่อแปลงข้อมูลของสัญญาณคลื่นเสียงในโดเมนเวลาไปเป็นสเปกตรัมในโดเมนความถี่ (Spectrum Frequency Domain)



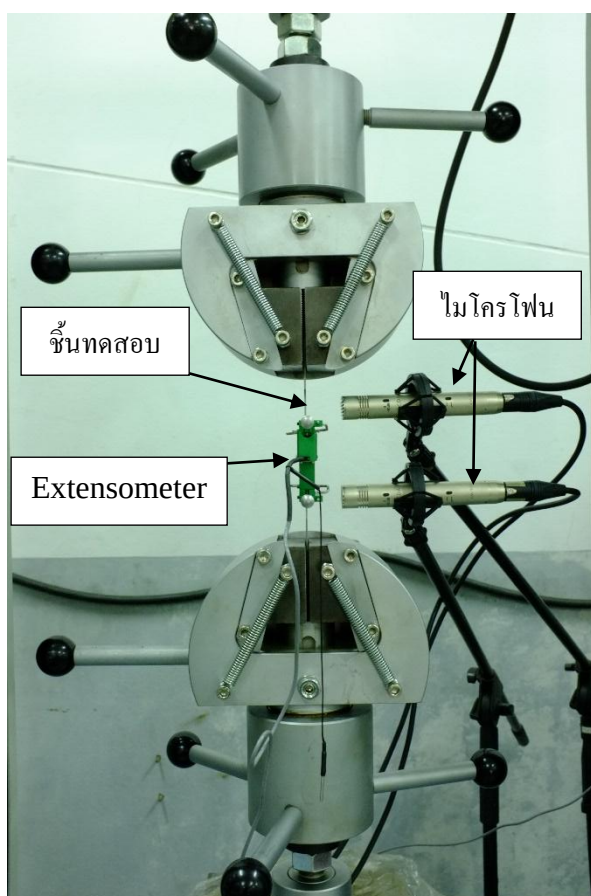
รูปที่ 2 แผนผังการแปลงสัญญาณคลื่นเสียงเป็น
สัญญาณดิจิทัล

AMM-256

4. การทดลองการและผลการทดลอง

4.1 เครื่องจักรและอุปกรณ์

การทดลองนี้ได้ทำการทดสอบกับเครื่องทดสอบวัสดุยูนิเวอร์แซลเอนกประสงค์ ขนาด 100 กิโลนิวตัน ชิ้นงานทดสอบเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำรีดเย็นเกรด SPCC ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ถูกจับยึดเข้ากับเครื่องทดสอบ ไมโครโฟนคอนเดนเซอร์ ถูกใช้เป็นเครื่องรับสัญญาณเสียงสำหรับตรวจสอบสัญญาณอคูสติกในย่านความถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ ตามโดเมนของเวลา และบันทึกที่ความถี่ในการดึงตัวอย่างที่ 44,100 ช่วงต่อวินาที และความละเอียดของระดับสัญญาณที่ 16 บิต ดังแสดงการติดตั้งในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การต่อชุดอุปกรณ์สำหรับกระบวนการในการทดสอบการดึงแบบแกนเดียว และการบันทึกเสียง

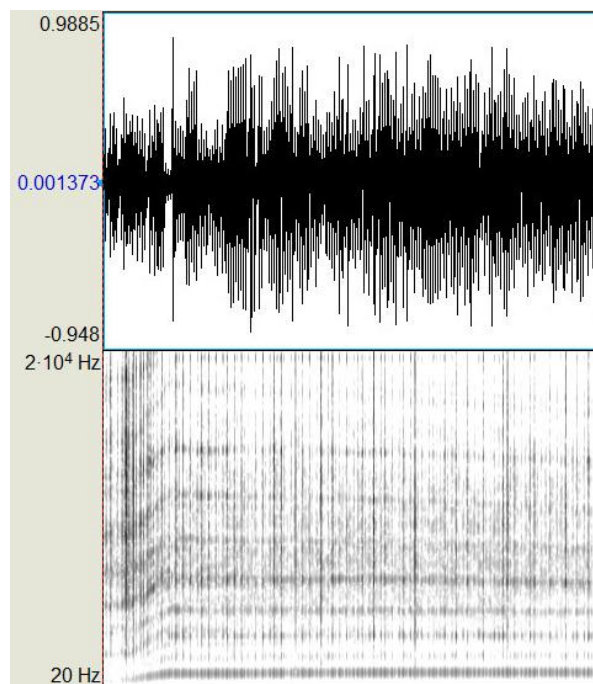
4.2 ผลการทดสอบ

ได้ทำการทดสอบชิ้นรูปชิ้นงานจำนวน 5 ชิ้น รูปที่ 4 แสดงชิ้นงานทดสอบหลังทำการทดสอบการดึงแบบแกนเดียว และบันทึกเสียง



รูปที่ 4 ชิ้นงานทดสอบหลังทำการทดสอบการดึงแบบแกนเดียว และบันทึกเสียง

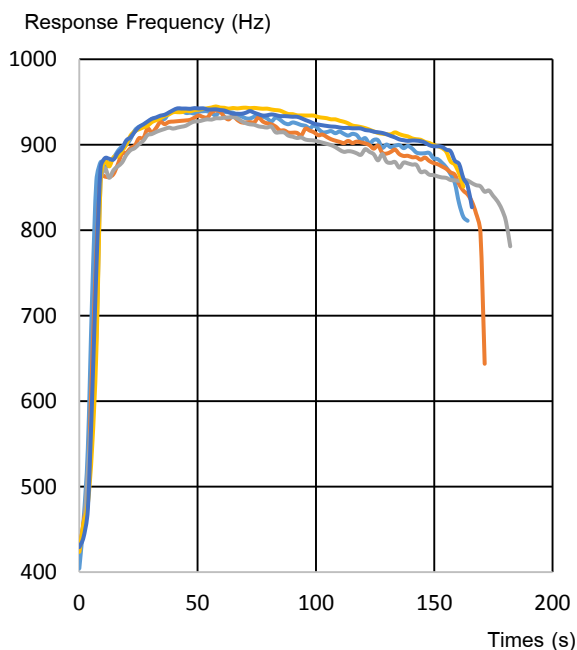
ฟาสฟูเรียร์ทรานฟอร์ม (FFT) ถูกใช้เพื่อคำนวณดิสครีต ฟูเรียร์ ทรานฟอร์ม (DFT) และแปลงไปสู่โดเมนของความถี่ กราฟสเปกตรัมถูกใช้ในการวิเคราะห์ความถี่ตอบสนองของสัญญาณอคูสติก ดังแสดงในรูปที่ 5



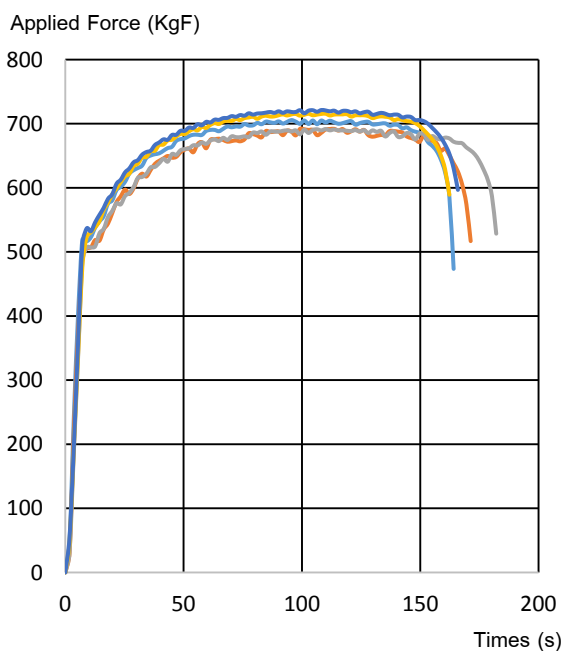
รูปที่ 5 ชิ้นงานทดสอบหลังทำการทดสอบการดึงแบบแกนเดียว และบันทึกเสียง

AMM-256

สัญญาณอนุสติกในย่านความถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ (20 -20,000 Hz) ตามโดเมนของเวลา จากการบันทึกที่ความถี่ในการดิงตัวอย่างที่ 44,100 ช่วงต่อวินาที และความละเอียด ของระดับสัญญาณที่ 16 บิต ของชิ้นงานทดสอบทั้ง 5 ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6 และกราฟแสดงแรงดิงในการทดสอบการดิงแบบแกนเดียวตามโดเมนของเวลาถูกแสดงไว้ในรูปที่ 7

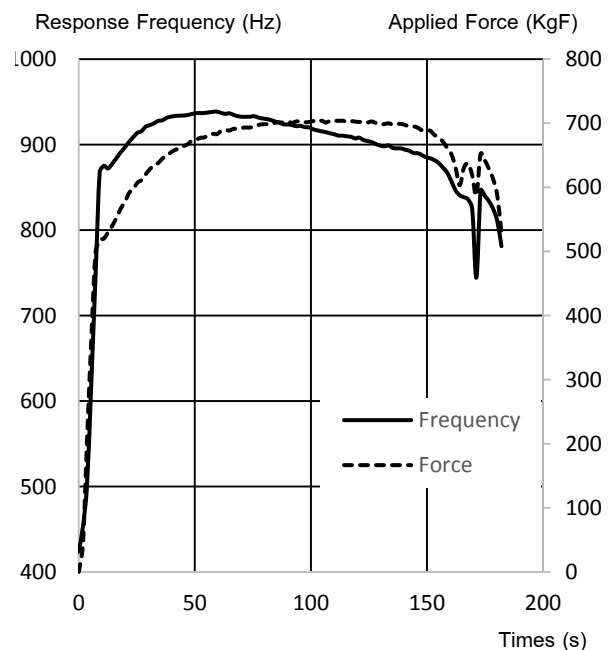


รูปที่ 6 กราฟแสดงความถี่ตอบสนองต่อเวลา



รูปที่ 7 กราฟแสดงแรงดิงในการทดสอบการดิงแบบแกนเดียวต่อเวลา

จากรูปที่ 6 และ 7 จะเห็นได้ว่าลักษณะเส้นทั้งสองกราฟมีความคล้ายคลึงกันเมื่อหาค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทดสอบทั้ง 5 ชิ้นงานจะได้กราฟกับแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งเป็นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความถี่ตอบสนอง และแรงดิงในการทดสอบการดิงแบบแกนเดียวต่อเวลา



รูปที่ 8 กราฟแสดงเฉลี่ยของความถี่ตอบสนอง และแรงดิงในการทดสอบการดิงแบบแกนเดียวต่อเวลา

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบของแรงดิงในการทดสอบการดิงแบบแกนเดียวต่อความถี่ตอบสนองของชิ้นงานทดสอบเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำรีดเย็นเกรด SPCC ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร โดยพิจารณาสัญญาณอนุสติกในย่านความถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ (20 -20,000 Hz) ตามโดเมนของเวลา ในการบันทึกความถี่การดิงตัวอย่างที่ 44,100 ช่วงต่อวินาที และความละเอียด ของระดับสัญญาณที่ 16 บิต ฟาสฟูเรียร์ทรานฟอร์ม (FFT) ถูกใช้เพื่อคำนวณดิคริตฟูเรียร์ทรานฟอร์ม (DFT) และแปลงไปสู่โดเมนของความถี่ กราฟสเปกตรัมถูกใช้ในการวิเคราะห์ความถี่

AMM-256

ตอบสนองของสัญญาณอคูสติก จากนั้นผลของสัญญาณเสียงจะถูกพล็อตและเปรียบเทียบกับเส้นแรงดึงขึ้นทดสอบ เพื่อพิจารณาลักษณะเส้นกราฟที่เกิดขึ้น

จากผลการทดสอบพบว่าลักษณะความคล้อยคลึงของแนวโน้มเส้นกราฟมีความชัดเจนในช่วงสภาพยืดหยุ่น ซึ่งความชันของกราฟตกลงอย่างชัดเจน จากนั้นกราฟจะมีแนวโน้มของความชันแตกต่างกันในช่วงสภาพพลาสติกซึ่งมีผลกระทบมาจากความบางของวัสดุที่เปลี่ยนแปลง

ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปทำนาย yield point จุดคราก ของวัสดุจากความถี่ตอบสนองได้ อย่างไรก็ตาม ผู้ศึกษาเพิ่มเติมสามารถศึกษาความถี่ตอบสนองของวัสดุอื่นๆ อีกทั้งผลกระทบของการบันทึกที่ความถี่ในการดึงตัวอย่างที่ 48, 88.2 หรือ 96 KHz และความละเอียด ของระดับสัญญาณที่ 16 หรือ 24 บิต ได้ต่อไป

[5] เสกศักดิ์ อัสวะวิสิทธิ์ชัย. (2550) การทดสอบแรงดึง. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,.

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Pollock, (1990), A Practical Guide to Acoustic Emission Testing, Princeton, Physical Acoustic Corporation, pp. I-45.
- [2] Walls, R., Harnstad, M.A. and Mukherjee, AK., (1983), "On the Origin of the First Peak of Acoustic Emission in 7075 Aluminium Alloy," Journal of Materials Science, Vol. 18, pp. 1015-1020.
- [3] Yochida, K., Saito, T., Zhu, A., Takagi, H. and Sakamaki, K., (1996), "Acoustic Emission Behaviors during Tensile Defomation of Ni,Al Intermetallic Compound," In Progress in Acoustic Emission VIII, The Japanese Society for NDI, pp. 175-180.
- [4] Nabil Bassim, M., (1996), "Effect of Inclusions on Acoustic Emission in Fatigue," In Progress in Acoustic Emission VIII, The Japanese Society for NDI, pp. 225-230.