ผลกระทบของการสั่นสะเทือนต่อเครื่องชั่งที่ใช้ในห้องปฏิบัติการที่มีความละเอียดและน้ำหนักชั่งแตกต่างกัน
Vibration effect on laboratory balance with different readability and loading

3

จิตตกานต์ อินเที่ยง[1*], วีระชัย วาริยาตร์[1], สมโภชน์ บุญสนิท[1], พลับพลึง นาคเกิด[2]
Jittakant Intiang[1*],Weerachai Variyart[1], Sompote Boonsanit[1], Phlapphlueng Nakkead[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการหาผลกระทบการสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการอ่านค่าของเครื่องชั่งในห้องปฏิบัติการที่มีค่าความละเอียดและน้ำหนักที่ชั่งแตกต่างกัน เพื่อจัดทำเป็นแนวทาง (guideline) สำหรับการติดตั้งเครื่องชั่งในสภาวะแวดล้อมที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือน ส่งผลให้ใช้งานเครื่องชั่งได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยทำการทดลองกับเครื่องชั่งที่มีค่าความละเอียด 0.01 g, 0.001 g, 0.0001 g, 0.00001 g และ 0.000001 g และที่ค่าน้ำหนักที่ชั่งแตกต่างกัน ระบบที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยโต๊ะลดการสั่นสะเทือนสำหรับวางเครื่องชั่งเพื่อใช้ลดผลกระทบของการสั่นสะเทือนที่มาตามพื้นผิวห้อง ตัวสร้างการสั่นสะเทือน (Exciter) ใช้ป้อนสัญญาณการสั่นสะเทือน และหัว probe วัดความเร่ง (Accelerometer) เพื่อใช้วัดระดับการสั่นสะเทือน โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติของระบบเครื่องชั่ง (Hz) และค่าแอมปลิจูดการสั่น ที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการอ่านค่าของเครื่องชั่ง สำหรับเครื่องชั่งที่มีค่าความละเอียดแตกต่างกัน พบว่าส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบในย่านความถี่สูง (มากกว่า 400 Hz) ยกเว้นเครื่องชั่งความละเอียด 0.01 g ที่ได้รับผลกระทบที่ค่าความถี่ 30 Hz ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับแหล่งกำเนิดแรงสั่นสะเทือนส่วนใหญ่ในห้องปฏิบัติการ เช่น มอเตอร์เครื่องปรับอากาศ ที่มีค่าความถี่อยู่ในช่วงประมาณ 30 Hz ถึง 50 Hz และในส่วนของค่าแอมปลิจูดของการสั่นมีค่าอยู่ที่ 0.3 m/s^2 ถึง 0.7 m/s^2 ในส่วนของเครื่องชั่งที่มีค่าน้ำหนักที่ชั่งแตกต่างกันพบว่าเครื่องชั่งส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบที่ค่าความถี่เท่ากันหรือแตกต่างกันไม่มาก ณ น้ำหนักชั่งใดๆ ในช่วงค่าความสามารถในการชั่งสูงสุดของเครื่องชั่ง ดังนั้นค่าน้ำหนักไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความถี่ธรรมชาติของระบบเครื่องชั่ง

Abstract

This research is aimed to find the vibration effect on the performance of laboratory balances with different readability and loading in order to propose the guideline for installing the balance in the environment avoiding the vibration effect for ultimate performance. The balances with different readability 0.01 g, 0.001 g, 0.0001 g, 0.00001 g, 0.000001 g and different loading value are investigated. The experimental setup is consisted of the anti-vibration table for installing the balance in order to exclude the vibration from the floor, the exciter used to generate the vibration, and the accelerometer used for detecting the vibration signal. The natural frequency (Hz) of the balance system and the amplitude of vibration which effect to the reading performance of the balances are measured. The results show that most balances (different readability) response to the high frequency (> 400 Hz) except the balance with 0.01 g readability that the natural frequency is 30 Hz which is low frequency the same as the source of vibration in the laboratory; motor of the air-conditioner ~30 Hz to 50 Hz. The amplitude of vibration is in the range of 0.3 m/s^2 to 0.7 m/s^2. Furthermore, the natural frequency of most balances are the same or slightly different at different loading in the range of maximum capacity. Therefore, the loading value is insignificant effect to the natural frequency of the balance system.

คำสำคัญ: การสั่นสะเทือน, ความถี่ธรรมชาติ, เครื่องชั่งน้ำหนัก, ค่าความละเอียด

Keywords: Vibration, Natural frequency, Electronic balance, Readability

[1] กรมวิทยาศาสตร์บริการ

[2] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

[*] Corresponding author E-mail address : jittakant@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

เครื่องชั่งน้ำหนักเป็นเครื่องมือวัดพื้นฐานที่สำคัญและใช้งานกันอย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์ งานวิทยาศาสตร์ ทางการแพทย์ และภาคอุตสาหกรรม ในปัจจุบันมีความต้องการใช้งานเครื่องชั่งที่มีความถูกต้องสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งก็ได้รับการตอบสนองจากผู้ผลิตเครื่องชั่งโดยการผลิตเครื่องชั่งที่มีความถูกต้องสูงออกมา แต่พบว่าเมื่อผู้ใช้งานเครื่องชั่งได้นำเครื่องชั่งไปติดตั้งใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่มีผลกระทบจากแรงสั่นสะเทือน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องชั่งไม่เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการ ซึ่งงานวิจัยของ Stanescu และ Micu (Stanescu and Micu, 2008) ได้กล่าวไว้ว่าการสั่นสะเทือนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องชั่ง ซึ่งหากห้องปฏิบัติการไม่มีข้อมูลในส่วนของระดับความสั่นสะเทือนที่ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องชั่ง ก็จะทำให้ห้องปฏิบัติการมีความเสี่ยงต่อการได้มาซึ่งผลการชั่งน้ำหนักที่ผิดพลาดได้

ปัจจุบันได้มีการผลิตโต๊ะสำหรับวางเครื่องชั่งเพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนที่มากระทำกับตัวเครื่องชั่งออกจำหน่าย ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนให้กับห้องปฏิบัติการในการจัดหาโต๊ะสำหรับวางเครื่องชั่งที่เหมาะสม ดังนั้นหากมีการติดตั้งเครื่องชั่งในสภาวะแวดล้อมที่การสั่นสะเทือนไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องชั่ง ก็จะทำให้ทางห้องปฏิบัติการไม่ต้องลงทุนเพิ่มในส่วนของการจัดหาโต๊ะสำหรับวางเครื่องชั่งเพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาผลกระทบของแรงสั่นสะเทือนที่มีต่อการใช้งานเครื่องชั่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทาง (guideline) สำหรับการเลือกหรือปรับปรุงลักษณะทางเทคนิคของสถานที่ติดตั้งเครื่องชั่งให้มีความเหมาะสม เพื่อลดผลกระทบของแรงสั่นสะเทือนที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องชั่ง เครื่องชั่งน้ำหนักที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นเครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งสามารถแบ่งออกตามความละเอียดของเครื่องชั่งได้ดังตารางที่ 1 (Weyhe, 1997)

ตารางที่ 1 ประเภทของเครื่องชั่งน้ำหนักห้องปฏิบัติการ (laboratory balances)

Readability	Designation	Usual max. capacity
0.1 µg	Ultra-microbalance	up to 5 g
1 µg	Microbalance	1 to 25 g
10 µg	Semi-microbalance	30 to 200 g
0.1 mg	Macro-balance or analytical balance	50 to 500 g
≥ 1 mg	Precision balance or scale	≥ 100 g

ได้มีการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการชั่ง เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การสั่นสะเทือน การแทรกสอดของสนามแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น โดยปัจจัยเหล่านี้ไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อเครื่องชั่งความถูกต้องสูงเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อเครื่องชั่งรถบรรทุกหรือเครื่องชั่งแบบสายพานได้เช่นเดียวกัน (Stanescu and Micu, 2008) ผลกระทบจากการสั่นสะเทือนถือเป็นปัจจัยหนึ่งในหลายๆปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของตัวเครื่องชั่ง โดยลักษณะของผลกระทบนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องชั่งและทิศทางการสั่นที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ค่าเบี่ยงเบน (standard deviation) และค่าผิดพลาดทางระบบ (systematic errors) มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งในการลดค่าความผิดพลาดนี้สามารถกระทำได้โดยการติดตั้งเครื่องชั่งบนโต๊ะวางเครื่องชั่งที่มีความเสถียรที่อยู่บนพื้นที่มีความเสถียรเช่นกัน (Schwartz, Borys and Scholz, 2007) ในปัจจุบันโต๊ะสำหรับวางเครื่องชั่งส่วนใหญ่จะมีแผ่นยางรองการสั่นสะเทือน (anti-vibration mounts) ติดตั้งอยู่ระหว่างส่วนบนที่ใช้สำหรับวางเครื่องชั่งและขาโต๊ะเครื่องชั่ง แต่อย่างไรก็ตามการใช้แผ่นยางรองการสั่นสะเทือนนี้ไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหาที่ดีเสมอไป วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดก็คือการติดตั้งโต๊ะวางเครื่องชั่งในสภาวะแวดล้อมที่ปราศจากการสั่นสะเทือนนั่นเอง (Morris and Fen, 2003) ในส่วนของการสอบเทียบมวลได้มีการกล่าวถึงข้อกำหนดเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนสำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบมวลในแต่ละระดับชั้นไว้ดังแสดงในตารางที่ 2 (Gläser, 1997)

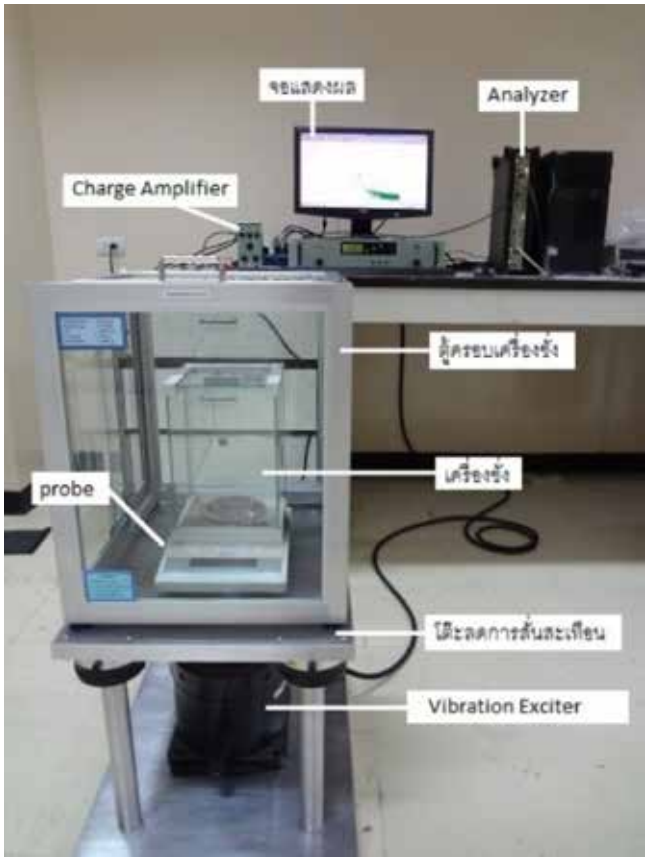
ตารางที่ 2 ข้อกำหนดทางด้านการสั่นสะเทือนสำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบมวล

Acceleration (mm/s^2)	Classification				
	E1	E2	F1	F2	M1
< 3 Hz	5x10-4	1.5x10-3	5x10-3	1.5x10-2	5x10-2
3 Hz – 30 Hz	5x10-3	1.5x10-2	5x10-2	0.15	0.5
> 30 Hz	1.5x10-2	5x10-2	0.15	0.5	1.5

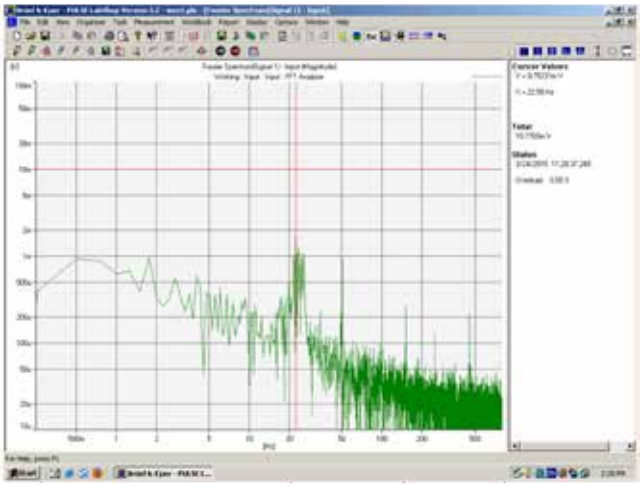
นอกจากนี้ในส่วนของการวัดค่าความแข็งก็ได้มีการกล่าวถึงข้อกำหนดของค่าการสั่นสะเทือนที่สามารถยอมรับได้สำหรับตัว Vickers hardness ไว้เช่นเดียวกัน (BS 6507-3:2005) และได้มีการศึกษาใหม่เพิ่มเติมเพื่อทำการปรับปรุง (Sanponpute and Meesaplak, 2010) และในส่วนของการวัดค่าความแข็งแบบ Rockwell Scale ก็ได้มีการศึกษาถึงผลกระทบของการสั่นสะเทือนที่มีต่อการวัด เพื่อจัดทำเป็นแนวทาง (guideline) ออกมาเช่นเดียวกัน (Sanponpute and Meesaplak, 2009) แต่สำหรับเรื่องการสอบเทียบเครื่องชั่งหรือการใช้งานเครื่องชั่งในห้องปฏิบัติการไม่ได้มีการกล่าวถึงข้อกำหนดเกี่ยวกับค่าการสั่นสะเทือน เพียงแต่กล่าวไว้ว่าควรหลีกเลี่ยงการใช้งานเครื่องชั่งในสภาวะที่มีการสั่นสะเทือนเท่านั้น (UKAS LAB14, 2015) ดังนั้นเพื่อให้ผู้ใช้งานเครื่องชั่งความถูกต้องสูงสามารถใช้งานเครื่องชั่งได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการจัดทำแนวทาง (guideline) สำหรับการติดตั้งเครื่องชั่งในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมโดยได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือนน้อยที่สุด

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

ระบบที่ใช้ทดสอบผลกระทบของการสั่นสะเทือนต่อประสิทธิภาพของเครื่องชั่ง ประกอบด้วยโต๊ะลดการสั่นสะเทือนที่ทำการติดตั้งตัวลดการสั่นสะเทือน (Mount Pneumatic) ไว้ที่ตำแหน่งขาโต๊ะ (รูปที่ 1) สัญญาณการสั่นสะเทือนจะถูกป้อนค่าผ่านโปรแกรม PULSELabShop Version 5.2 ไปยังตัว Analyzer จากนั้นทำการขยายสัญญาณด้วย power amplifier ส่งต่อไปยังตัว Exciter และถูกส่งผ่านแท่งอะลูมิเนียม slender rod ไปยังโต๊ะลดการสั่นสะเทือนที่ใช้สำหรับวางเครื่องชั่ง โดยระดับการสั่นสะเทือนบนโต๊ะจะถูกตรวจวัดด้วย Accelerometer และส่งผ่านสัญญาณวัดให้กับ Charge Amplifier และตัว Analyzer ต่อเพื่อทำการวิเคราะห์ระดับการสั่น โดยแสดงออกมาในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่และค่าแอมปลิจูดของการสั่น โดยที่แกน X แสดงค่าความถี่ และแกน Y แสดงค่าแอมปลิจูด (รูปที่ 2) ซึ่งบอกค่าระดับการสั่นสะเทือนว่ามีค่ามากสุด ณ ค่าความถี่ใด ขณะเดียวกันก็ทำการพิจารณาค่าความถี่ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอเครื่องชั่งมากที่สุด



รูปที่ 1 ระบบทดสอบผลกระทบของการสั่นสะเทือนต่อประสิทธิภาพของเครื่องชั่ง



รูปที่ 2 กราฟแสดงระดับการสั่นสะเทือนที่ได้จากเครื่อง Analyzer

สำหรับในเรื่องของการสั่นสะเทือนจะมีตัวแปรอยู่ 2 ตัวที่ต้องนำมาพิจารณาร่วม คือ ค่าความถี่ และค่าแอมปลิจูดของแรงสั่นสะเทือน นอกจากนี้วัตถุหรือระบบแต่ละระบบจะมีความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ภายในตัวอยู่แล้ว ซึ่งค่าความถี่นี้หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_n}{m_n}} \qquad (2.1)$$

โดยที่ f คือค่าความถี่

k คือค่าคงตัวของสปริง

m คือค่ามวลของระบบ

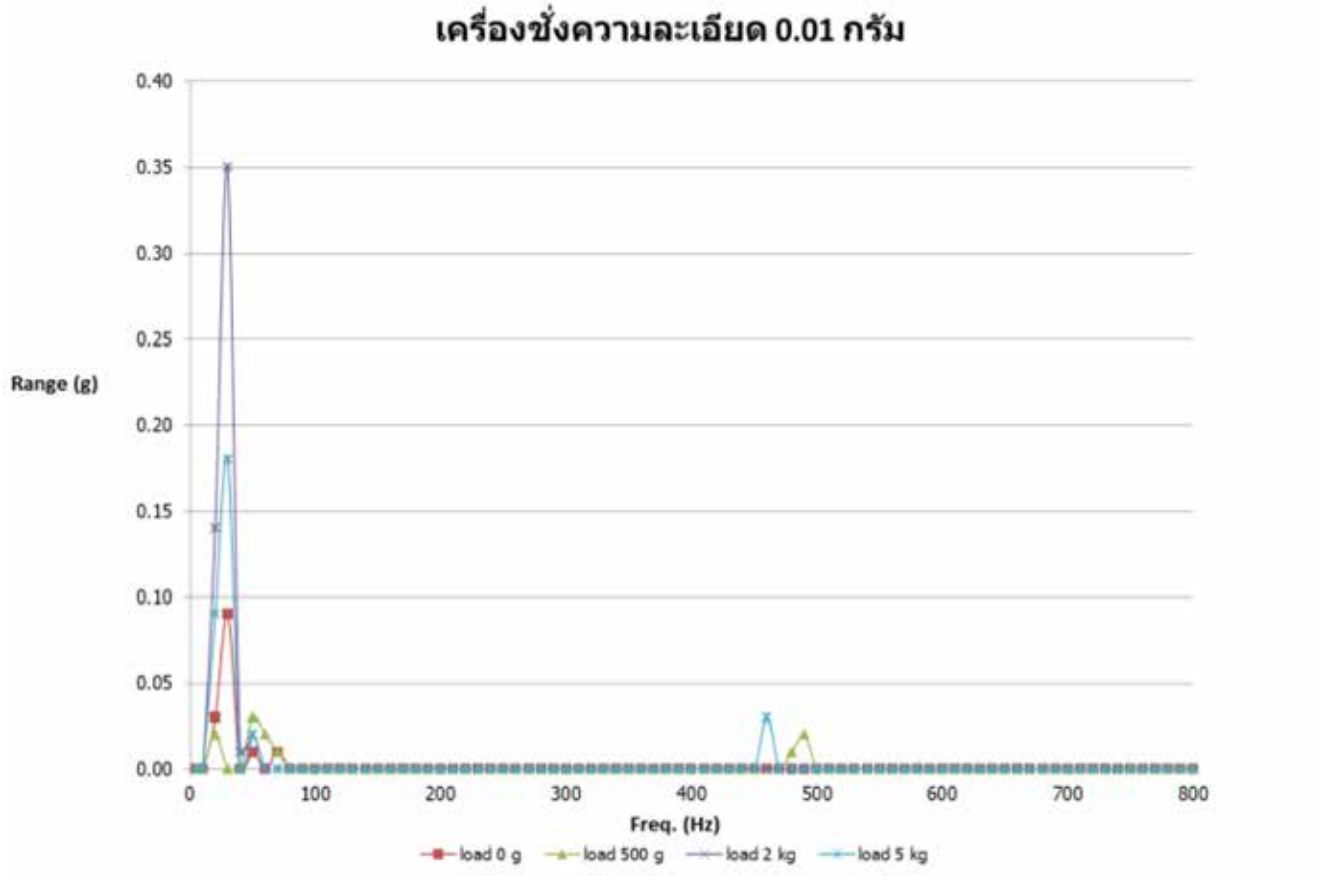
n คือโหมดของการสั่นสะเทือน (ในระบบการสั่นสะเทือนอาจมีโหมดการสั่นได้มากกว่า 1 โหมด)

ในการทดลองจะทำการพิจารณาค่าความถี่ธรรมชาติของระบบเครื่องชั่งที่มีค่าความละเอียดและค่าน้ำหนักที่ชั่งแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3 และทำการหาค่าแอมปลิจูดของการสั่นที่เครื่องชั่งตอบสนองจนส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าที่อ่านได้บนเครื่องชั่ง เมื่อทำการป้อนค่าความถี่สำหรับเครื่องชั่งแต่ละเครื่อง ขณะที่ไม่มีการวางน้ำหนัก

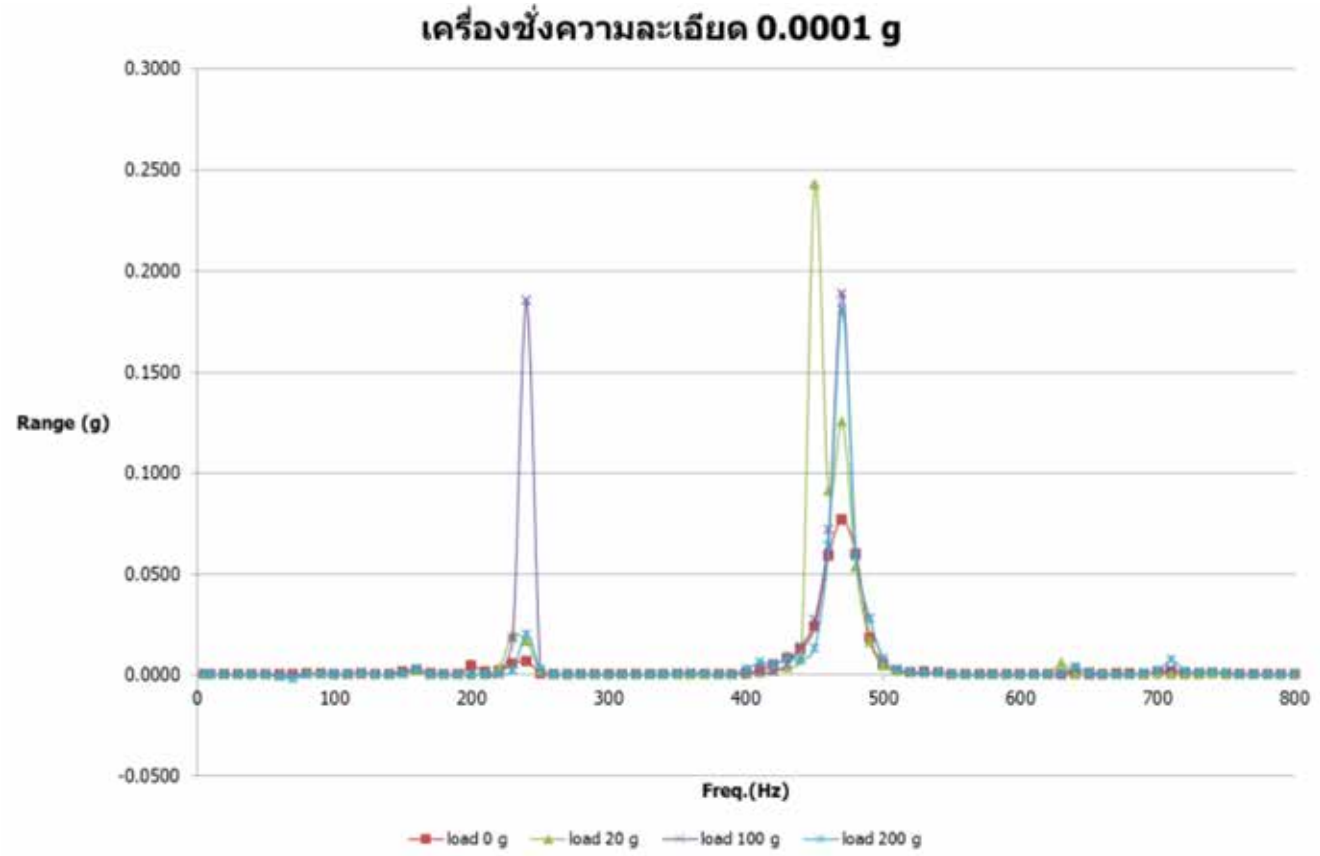
จากข้อมูลในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าเครื่องชั่งส่วนใหญ่มีค่าความถี่ธรรมชาติอยู่ในย่านความถี่สูง (> 100 Hz) ยกเว้นเครื่องชั่งความละเอียด 0.01 g ซึ่งมีค่าความถี่ธรรมชาติ 26 Hz ซึ่งอยู่ในย่านความถี่ต่ำ ดังนั้นเครื่องชั่งส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดที่มีค่าความถี่ต่ำ จึงเป็นไปได้ว่าผู้ผลิตส่วนใหญ่พยายามออกแบบเครื่องชั่งให้ตอบสนองต่อค่าความถี่สูง (ตั้งแต่ 200 Hz ขึ้นไป) เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากแหล่งกำเนิดที่มีค่าความถี่ต่ำ ยกเว้นเครื่อง 0.01g ที่มีค่าความถี่ธรรมชาติต่ำ ซึ่งทางผู้ผลิตอาจใช้วิธีการอื่นเพื่อลดผลกระทบ เช่น การเพิ่ม damping (ความถี่เดิม แต่ลดระดับแอมปลิจูดของการสั่นสะเทือน ณ ค่าความถี่นี้)

3.2 ค่าความถี่ธรรมชาติของเครื่องชั่งที่มีค่าน้ำหนักที่ชั่งแตกต่างกัน

เครื่องชั่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับชั่งวัตถุเพื่อหาค่าน้ำหนัก ดังนั้นน้ำหนักที่วางบนเครื่องชั่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามวัตถุที่นำมาชั่ง ในการทดลองนี้จะทดลองทำการหาค่าความถี่ธรรมชาติของเครื่องชั่งขณะที่มีการวางค่าน้ำหนักแตกต่างกัน โดยจะทำการสังเกตค่าความถี่ธรรมชาติตั้งแต่ไม่มีการวางน้ำหนักจนถึงค่าน้ำหนักสูงสุดที่เครื่องชั่งแต่ละเครื่องสามารถรับน้ำหนักได้ รูปที่ 4 และ 5 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่และค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักที่อ่านได้ ณ ที่น้ำหนักต่างๆ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่และค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักที่อ่านได้ ณ ที่น้ำหนักต่างๆ
ของเครื่องชั่งความละเอียด 0.01 กรัม



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่และค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักที่อ่านได้ ณ ที่น้ำหนักต่างๆ
ของเครื่องชั่งความละเอียด 0.0001 กรัม

จากรูปที่ 4 และ 5 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าจะมีโหมดของการสั่นสะเทือนอยู่ 2 โหมด จากรูปที่ 4 ขณะที่ไม่มีการชั่งน้ำหนัก มีค่าความถี่ธรรมชาติค่าเดียว อยู่ที่ประมาณ 30 Hz แต่เมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักเป็น 500 g ทำให้ค่าความถี่ธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไป โดยมีค่าความถี่ธรรมชาติเกิดขึ้น 2 โหมด ซึ่งโหมดที่ 1 มีค่าประมาณ 50 Hz และโหมดที่ 2 มีค่าประมาณ 490 Hz รวมทั้งส่งผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงค่าที่อ่านได้บนเครื่องชั่ง และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักที่ชั่ง ค่าความถี่ธรรมชาติก็มีการเปลี่ยนแปลงไปตามค่าน้ำหนักที่ชั่งดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความถี่ธรรมชาติของเครื่องชั่งที่มีค่าน้ำหนักที่ชั่งแตกต่างกัน

ลำดับที่	ความละเอียดเครื่องชั่ง (g)	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz) @ ค่าน้ำหนักต่างๆ		
		น้ำหนัก	โหมด 1	โหมด 2
1	0.01	0 g	30	-
		500 g	50	490
		2 kg	30	-
		5 kg	30	460
2	0.001	0 g	210	620
		100 g	210	620
		500 g	200	620
		1 kg	110	590

3	0.0001	0 g	240	470
		20 g	240	450
		100 g	240	470
		200 g	240	470
4	0.00001	0 g	-	470
		10 g	-	460
		50 g	460	700
		100 g	450	700
5	0.000001	0 g	210	690
		2 g	210	690
		10 g	210	690
		20 g	140	690

จากผลการทดลองในตารางที่ 5 พบว่าเครื่องชั่งบางเครื่องมีค่าความถี่ธรรมชาติลดลงเมื่อน้ำหนักที่วางบนเครื่องชั่งมีค่ามากขึ้นสอดคล้องกับสมการที่ 2.1 เนื่องจากค่าความถี่ธรรมชาติมีค่าผกผันกับค่ามวลของระบบ ในขณะที่เครื่องชั่งบางเครื่องมีค่าความถี่ธรรมชาติเท่าเดิมหรือเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยในช่วงค่าความสามารถในการรับน้ำหนักสูงสุดของแต่ละเครื่องชั่ง ดังนั้นสามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่าค่าน้ำหนักที่ชั่งไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความถี่ธรรมชาติของระบบเครื่องชั่ง

3.3 ค่าแอมปลิจูดของการสั่นสะเทือน

ผลการทดลองหาค่าการตอบสนองต่อแอมปลิจูดของการสั่นสะเทือนที่ส่งผลกระทบต่อการอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่งโดยทำการป้อนค่าความถี่ธรรมชาติของระบบเครื่องชั่งแต่ละเครื่องขณะที่ไม่มีการวางน้ำหนักถูกแสดงในตารางที่ 6

จากผลการทดลองสามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่าเครื่องชั่งส่วนใหญ่มีค่าความถี่ธรรมชาติอยู่ในย่านความถี่สูงและมีการตอบสนองต่อค่าแอมปลิจูดของการสั่นอยู่ในช่วง 0.3 m/s^2 – 0.7 m/s^2 ซึ่งเครื่องชั่งที่ดีควรมีการตอบสนองต่อค่าแอมปลิจูดค่าสูงเพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นกับเครื่องชั่ง แต่ถ้าเครื่องชั่งมีการตอบสนองที่ค่าแอมปลิจูดต่ำๆ ก็ควรพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนของระบบที่ใช้ลดระดับการสั่นของเครื่องชั่ง

ตารางที่ 6 ค่าแอมปลิจูดของการสั่นสะเทือนที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าที่อ่านได้สำหรับเครื่องชั่งที่ความละเอียดต่างๆ

ลำดับที่	ความละเอียดเครื่องชั่ง (g)	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz)		ค่าแอมปลิจูดการสั่น (m/s^2)
		โหมด 1	โหมด 2	
1	0.01	30	-	0.5
2	0.001	210	620	0.5
3	0.0001	240	470	0.7
4	0.00001	-	470	0.5
5	0.000001	210	690	0.3

4. สรุป (Conclusion)

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเครื่องชั่งส่วนใหญ่ไม่ได้รับอิทธิพลจากแหล่งกำเนิดความถี่ทั่วไปภายในห้องปฏิบัติการที่มีค่าความถี่อยู่ในย่านความถี่ต่ำ และค่าความละเอียดและน้ำหนักที่ชั่งของเครื่องชั่งไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องชั่ง ณ สภาวะที่มีการสั่นสะเทือน อย่างไรก็ตามจากข้อมูลในตารางที่ 4 ทำให้ทราบสภาวะการสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องชั่งที่มีค่าความละเอียดแตกต่างกัน แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าเครื่องชั่งที่มีค่าความละเอียดตามนี้จะมีสภาวะการสั่นสะเทือนเหมือนกันทุกเครื่อง เนื่องจากมีเงื่อนไขหลากหลายที่ส่งผลกระทบต่อการอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่ง ดังนั้นในทางปฏิบัติเครื่องชั่งแต่ละเครื่องควรได้รับการตรวจสอบเพื่อหาสภาวะการสั่นสะเทือนเฉพาะตัวก่อนเพื่อที่จะได้ทำการติดตั้งในสถานที่ที่เหมาะสม

ดังนั้นข้อมูลจากผลการทดลองสามารถชี้บ่งในเบื้องต้นถึงการออกแบบของผู้ผลิตได้ โดยผู้ผลิตส่วนใหญ่ออกแบบเครื่องชั่งให้สามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบของการสั่นสะเทือนโดยการออกแบบโครงสร้างที่มีความแข็งแรง (stiffness, k_n) สูงๆ โดยที่ค่าความแข็งแกร่ง (stiffness) นี้หมายถึง สมบัติของวัสดุที่แสดงความสามารถในการต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือต่อการเปลี่ยนรูปในขณะที่กำลังรับแรงกระทำนั้นๆอยู่ ซึ่งตามสมการ 2.1 เมื่อค่า k_n มีค่ามาก จะส่งผลให้ค่าความถี่ธรรมชาติมีค่าอยู่ในช่วงความถี่สูง แต่ถ้าโครงสร้างของเครื่องชั่งไม่ได้ถูกออกแบบให้มีค่า k_n มาก ซึ่งทำให้เครื่องชั่งมีค่าความถี่ธรรมชาติอยู่ในย่านความถี่ต่ำ ผู้ผลิตก็สามารถใช้ระบบการ damping เพิ่มเติมในการออกแบบเพื่อช่วยลดผลกระทบจากการสั่นสะเทือน โดยผลที่ได้จะให้ค่าความถี่ธรรมชาติเท่าเดิม แต่ค่าแอมปลิจูดของ

การสั่นมีค่าลดลง แต่หากเครื่องชั่งมีการตอบสนองต่อค่าความถี่ธรรมชาติต่ำและค่าแอมปลิจูดของการสั่นสูงด้วย ผู้ใช้งานเครื่องชั่งควรพิจารณาหาสถานที่ติดตั้งเครื่องชั่งที่หลีกเลี่ยงค่าความถี่ต่ำเพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือน

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณสมโภชน์ บุญสนิท กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ให้คำปรึกษา และขอขอบคุณ บริษัท ซาร์โทเรียส (ประเทศไทย) จำกัด (Sartorius (Thailand) Co., Ltd.), บริษัท เมทเล่อร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (Mettler-Toledo (Thailand)) Co., Ltd.) และบริษัท โอเฮ้าส์ อินโดไชน่า จำกัด (OHAUS INDOCHINA LTD.) ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องชั่งสำหรับใช้ในงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง (Reference)

[1] STANESCU, M. and CA. MICU. Influencing factors for the measuring results. Error sources and some possibilities to reduce for those errors. *Fascicle of Management and Technological Engineering. 2008,* VII(XVII), 1077-1084.

[2] WEYHE, S. *Weighing Technology in the Laboratory: Technology and Applications.* Goettingen : Sartorius, 1997, pp. 12-13.

[3] SCHWARTZ, R., M. BORYS and F. SCHOLZ. *PTB-MA-80e : Guide to mass determination with high accuracy.* Braunschweig: PTB, 2007, pp. 25, 34-35.

[4] MORRIS, EC. and KMK, FEN. *The Calibration of Weights and Balances.* Sydney : CSIRO, 2003, pp. 115.

[5] GLÄSER, M. *PTB-MA-52: Advices for the calibration of mass standards.* Braunschweig : PTB, 1997, pp. 22.

[6] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Metallic materials – Vickers hardness test: Calibration of reference blocks. *BS 6507* Part 3. 2005, pp. 4.

[7] SANPONPUTE, T. and A. MEESAPLAK. Vibration effect on Vickers hardness measurement. *IMEKO 2010 TC3, TC5 and TC22 Conferences Metrology in Modern Context,* November, 2010, pp. 145-149.

[8] SANPONPUTE, T. and A. MEESAPLAK. Vibration effect on Rockwell scale hardness measurement. *XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology,* September, 2009, pp. 1006-1010.

[9] UNITED KINGDOM ACCREDITATION SERVICE. Calibration of Weighing Machines. *UKAS LAB14.* 2015.

[10] Non- automatic weighing instrument, Part 1: Metrology and technical requirements – Test, *OIML R 76-1.*