

ชุดวัดการกระจายแรงสำหรับทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุน

The Distributed Force Measuring Set for Personal Body Armor Testing

นระรา เกลิมกลิ่น¹ และฉัตรชัย สุภพิทักษ์สกุล²

บทคัดย่อ

บทความนี้แนะนำเสนอการออกแบบชุดวัดการกระจายแรงสำหรับทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุนประเภทเกราะอ่อนที่ระดับ IIA ในการป้องกันกระสุน ขนาด 9 มิลลิเมตร มวล 8.0 กรัม ที่ความเร็วกระสุน 314 เมตรต่อวินาที ตามมาตรฐานของ National Institute of Justice-0101.04 (NIJ Standard-0101.04) โดยใช้ทรานสดิวเซอร์วัดแรงที่ได้ออกแบบ ซึ่งประกอบด้วยกระบอกสูบทำหน้าที่รับแรง ร่วมกับฮอลล์เอฟเฟคทเซ็นเซอร์ (Hall Effect Sensor) ที่มีราคาถูก ตอบสนองเร็ว และเป็นเชิงเส้นในส่วนการรับรู้ ทำหน้าที่ในการแปลงค่าแรงกระแทกให้เป็นแรงดันไฟฟ้า โดยแรงดันไฟฟ้าจากทรานสดิวเซอร์ที่เป็นสัญญาณอนาลอกจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วย Data Acquisition และส่งผ่านไปยังส่วนบันทึกค่า ประมวลผล และแสดงผลในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW ซึ่งการกระจายแรงกระแทกของเสื้อเกราะที่เกิดจากกระสุนจะแสดงในรูปของกราฟิกสองและสามมิติ เพื่อแสดงการกระจายแรง และการยุบตัวของเสื้อเกราะ โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน NIJ Standard-0101.04 ที่ทำการทดสอบบนดินน้ำมันชนิด Roma Plastilina No.1 ผลที่ได้จากการทดลองยังคงด้วยกระสุนปืนจริง ชุดวัดการกระจายแรงที่ออกแบบสามารถ แสดงผลกราฟิกของการกระจายแรง และการยุบตัวของเสื้อเกราะกันกระสุนได้เป็นที่น่าพอใจ

คำสำคัญ: NIJ Standard-0101.04, ประเภทที่ IIA, Roma Plastilina No.1, เสื้อเกราะกันกระสุน, ฮอลล์เอฟเฟคทเซ็นเซอร์, ทรานสดิวเซอร์วัดแรง, LabVIEW

Abstract

This paper presents a designing of distributed force measuring set for testing of the personal body armor type IIA (9 mm, 8.0g, 314m/s). The employed transducers are designed for this purpose. The designed transducer consists of an air cylinder and the moving permanent magnet bar in order to transfer input force to voltage with Hall Effect sensor. The Hall Effect with low-cost provides a linear output voltage and quick respond. The obtained analog voltage from the transducers are converted to digital signal data

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

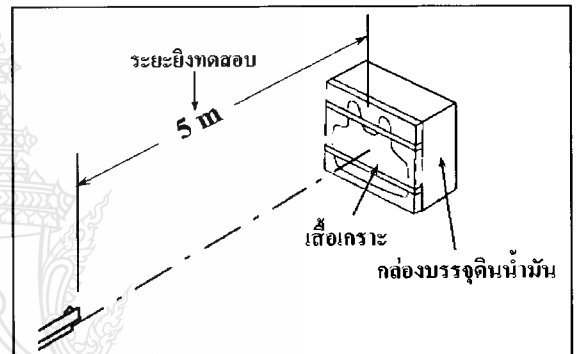
²อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

with the Data Acquisition card then passed to record at the computer. The recorded data is computed and plotted in 2 and 3 dimensions with LabVIEW program. The experiments are carried on to measure the impact force from the gun fire. Then the results are compared to the tradition method according to NIJ standard 0101.04 which employs Roma Plastilina No.1 clay. From the experiments, the satisfactory results are provided.

Keywords: NIJ Standard-0101.04, Type IIA, Roma Plastilina #1 clay, body armor, Hall Effect Sensor, Force Transducer, LabVIEW

1. บทนำ

การทดสอบเสื้อเกราะอ่อนป้องกันกระสุนในประเทศไทยนั้น อ้างอิงวิธีการทดสอบมาตรฐานของ NIJ Standard-0101.04 [1] ซึ่งแบ่งระดับการทดสอบตามระดับความรุนแรงของกระสุนปืน คือระดับ I, IIA, II, IIIA, III และ IV ตามลำดับ ซึ่งมีวิธีการทดสอบด้วยการยิงเสื้อเกราะในระยะ 5 เมตร (จากปลายกระบอกปืนถึงเสื้อเกราะ ดังรูปที่ 1) โดยที่เสื้อเกราะถูกรองด้วยกระบะดินน้ำมันชนิด Roma Plastilina No.1 ผลที่ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ กระสุนต้องไม่ทะลุเสื้อเกราะ และรอยยุบตัวของเสื้อเกราะที่วัดได้จากความลึกของดินน้ำมัน ไม่เกิน 44 มิลลิเมตร แต่ปัญหาที่พบอันดับแรกในปัจจุบันคือ ในประเทศไทยมีสถานที่ ที่ใช้ในการทดสอบมีน้อย ในการทดสอบแบบนี้ต้องทำการเปลี่ยนตำแหน่งการยิงทดสอบบนดินน้ำมันทุกครั้ง เพราะดินน้ำมันจะเสียรูปร่างหลังจากถูกยิง และต้องทำการวัดความลึกด้วยเครื่องมือวัดละเอียด โดยผลที่ได้ไม่สามารถแสดงการกระจายของแรงบนเสื้อเกราะได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าว จะสามารถนำไปใช้ช่วยในการออกแบบ และพัฒนาเสื้อเกราะได้ อีกทั้งขั้นตอนในการทดสอบทำได้ไม่สะดวก



รูปที่ 1 วิธีการทดสอบด้วยการยิงเสื้อเกราะ



รูปที่ 2 ผลการทดสอบบนดินน้ำมัน

จากปัญหาดังกล่าว เป็นที่มาของการพัฒนาและออกแบบสร้างชุดการทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุนประเภทเกราะอ่อนเพื่อใช้ในเชิงวิเคราะห์ที่

สามารถแสดงการกระจาย และการยุบตัวของเส้นใ้
 เกราะในรูปแบบของกราฟิกสามมิติ เพื่อให้มีการใช้
 งานที่สะดวก และได้ข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่ง
 บทความนี้ได้นำทรานสดิวเซอร์วัดแรงที่ได้ทำการ
 ศึกษาออกแบบ [2-3] มาทำการประยุกต์ใช้วัดการ
 กระจายแรงบนเส้นใ้เกราะกันกระสุน โดยใช้ทราน
 สดิวเซอร์ทั้งหมด 25 ชุด โดยทรานสดิวเซอร์ 1 ตัว
 จะวัดแรงครอบคลุมพื้นที่ 0.8 ตารางนิ้ว โดยวางเรียง
 กันเป็น 5 ตัวต่อแถว ทั้งหมด 5 แถว ครอบคลุมพื้นที่
 ทดสอบการกระจายแรงของเส้นใ้เกราะประมาณ 25
 ตารางนิ้ว

ในบทความนี้ แบ่งออกเป็นส่วนต่างๆดังนี้
 คือในหัวข้อที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการ
 คำนวณหาค่าของแรง เพื่อใช้สำหรับออกแบบชุดวัด
 การกระจายแรง และประเภทของเซ็นเซอร์ที่นำมา
 ใช้ในบทความนี้ ในหัวข้อที่ 3 เป็นการออกแบบชุด
 วัดการกระจายแรง ในส่วนผลการทดลองนำเสนอ
 ในหัวข้อที่ 4 และหัวข้อที่ 5 เป็นการสรุปผลการ
 ทดสอบ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาค่า
 แรง (force) และความดัน (pressure) เพื่อใช้ในการ
 ออกแบบชุดรับแรงกระแทก สำหรับทดสอบเส้นใ้
 เกราะกันกระสุนอย่างมีประสิทธิภาพ

2.1 แรง (Force, F)

แรงหมายถึง การกระทำของวัตถุหนึ่งต่ออีก
 วัตถุหนึ่ง ซึ่งแรงจะพยายามผลักหรือดึงให้วัตถุ
 เคลื่อนที่ไปตามทิศทางของแรงนั้น โดยที่แรงเป็น
 ปริมาณทางเวกเตอร์ และการบอกคุณลักษณะ

เฉพาะอย่างสมบูรณ์ของแรงจะต้องประกอบด้วย
 ขนาด ทิศทาง และจุดที่แรงกระทำ สามารถคำนวณ
 แรงจากในสมการ (1) [4]

$$F = ma \quad (1)$$

โดย F: แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) หรือ (kg-m/s²)

a: ความเร่ง มีหน่วยเป็น (m/s²)

m: มวล มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

2.2 การเคลื่อนที่เมื่อความเร่งคงที่

ถ้าอนุภาคเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร่ง
 คงที่ ความเร็วจะเปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอเมื่อเทียบกับ
 เวลา [4]

$$V^2 = V_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (2)$$

โดยที่ V: ความเร็วปลาย มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที
 (m/s)

V₀: ความเร็วต้น มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

x₀: ตำแหน่งเริ่มต้น มีหน่วยเป็น เมตร (m)

x: ตำแหน่งสุดท้าย มีหน่วยเป็น เมตร (m)

2.3 การดลและโมเมนตัม

การดลคือ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม [4]

$$P = mv \quad (3)$$

โดยที่ P: โมเมนตัม

$$F(t - t_0) = mv - mv_0 \quad (4)$$

โดยที่ F: แรงมีหน่วยเป็นนิวตัน (N) หรือ (kg-m/s²)

v₀: เป็นความเร็วของอนุภาคที่ t = t₀

v: เป็นความเร็วที่ t = t

2.4 ความดัน (Pressure, P)

ความดันหมายถึง แรงกดดันของอากาศที่กระทำต่อพื้นที่ 1 ตารางหน่วย [4]

$$P = F/A \tag{5}$$

โดยที่ F: แรงมีหน่วยเป็นนิวตัน (N) หรือ (kg-m/s²)

A: พื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m²)

P: ความดัน หน่วยเป็น N/m² คือ ค่าของ ปาสคาล (Pascal) เขียนย่อว่า Pa

2.5 ค่าความดันมาตรฐาน

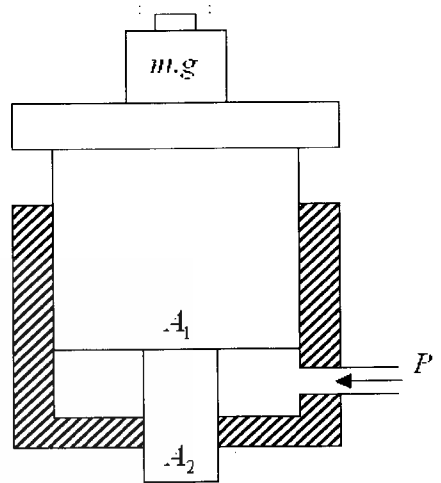
ในรูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันมาตรฐาน P (Kgf/cm²) กับน้ำหนักที่กดทับ mg (N) โดยมีตัวแปรคือ พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ A₁ - A₂ (cm²) [4]

$$P = mg/(A_1 - A_2) \tag{6}$$

2.6 ฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ (Hall Effect Sensing device)

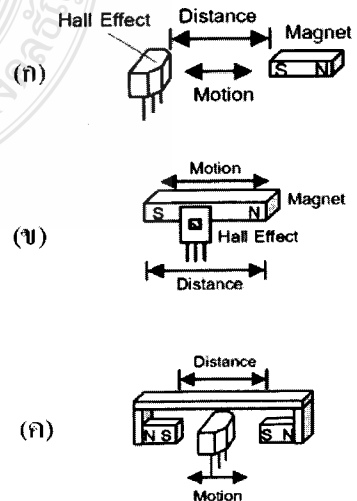
ฮอลล์เอฟเฟกต์ใช้ในการตรวจจับความเข้มของสนามแม่เหล็กซึ่งอาศัยปรากฏการณ์ฮอลล์ทำให้เกิดความต่างศักย์ค่าหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงตามความเข้มของ สนามแม่เหล็ก [8] ถ้านำขั้วเหนือเข้าใกล้ค่าความต่างศักย์จะเพิ่มขึ้นทางด้านลบ (-) แต่ถ้านำขั้วใต้เข้าใกล้ค่าความต่างศักย์จะเพิ่มขึ้นทางด้านบวก (+) ความต่างศักย์ที่เปลี่ยนไปมีความสัมพันธ์กับความเข้มของ สนามแม่เหล็ก หรือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กดังนี้

$$B = (V - V_0).K^I \tag{7}$$



รูปที่ 3 เทคนิคการลดพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ

โดยที่ V₀ คือความต่างศักย์ขณะไม่มีสนามแม่เหล็ก; V คือความต่างศักย์ขณะมีสนามแม่เหล็ก; K⁻¹ คือสัมประสิทธิ์ความไว มีหน่วยเป็นโวลต์ต่อเทสลา (V/T); B คือความเข้มของสนามแม่เหล็กหรือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเทสลา (T) ค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างสนามแม่เหล็กที่เข้าใกล้บริเวณ

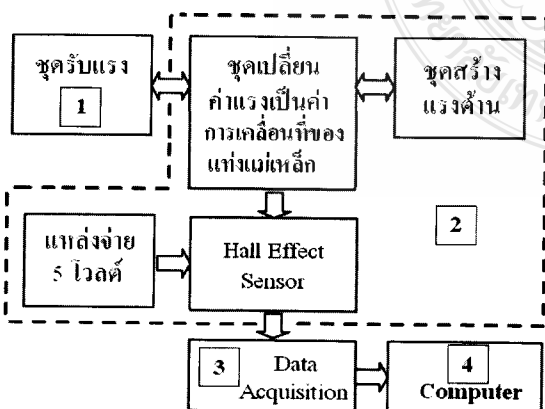


รูปที่ 4 (ก) Unipolar head-on Mode (ข) Bipolar slide-by และ(ค) Push-Push approach

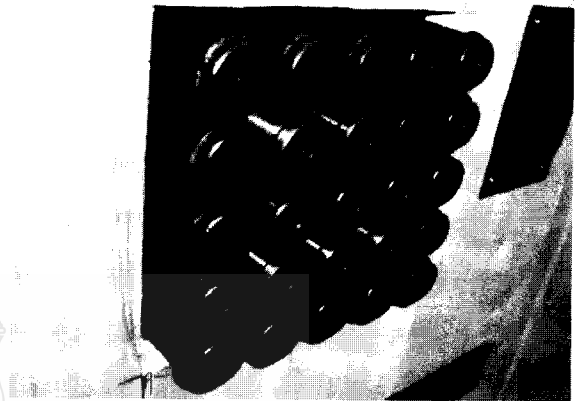
ตัวนำกระแสไฟฟ้าภายในฮอลล์เอฟเฟกต์ถ้าอยู่ใกล้ค่าความต่างศักย์ที่ได้จะสูง แต่ถ้าอยู่ไกลค่าความต่างศักย์จะต่ำลงจนเหลือเท่ากับครึ่งหนึ่งของความต่างศักย์ที่จ่ายให้ การใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์สำหรับการตรวจสอบตำแหน่งหรือการเคลื่อนที่วิธีพื้นฐานที่ง่ายที่สุดคือ การวัดความเข้มของสนามแม่เหล็กแบบ Unipolar Head-on Mode ดังรูปที่ 4 (ก) ส่วนวิธีแบบ Bipolar Slide-by และ Push-push Approach ดังรูปที่ 4 (ข) และ (ค) [5-8]

3. การออกแบบชุดวัดการกระจายแรง

วัตถุประสงค์ในการออกแบบชุดวัดการกระจายแรงคือ สามารถรับแรงของกระสุนปืนในระดับ IIA (ประมาณ 186 นิวตัน) ที่มีความรุนแรงและรวดเร็วได้ พร้อมทั้งแสดงผลในกราฟิกสองและสามมิติ เพื่อแสดงการกระจายแรง และรอยยุบตัวของสื่อเกราะ โดยชุดวัดการกระจายแรงประกอบไปด้วย 4 ส่วนคือ 1. ส่วนรับแรงกระแทก 2. ทรานสดิวเซอร์วัดแรง 3. ส่วนรับสัญญาณไฟฟ้าจากทรานสดิวเซอร์ และ 4. ส่วนบันทึกค่าประมวลผลและแสดงผล ดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 5



รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมชุดวัดการกระจายแรง



รูปที่ 6 ชุดรับแรงกระแทก

3.1 ส่วนรับแรงกระแทก

ในการออกแบบชุดรับแรงกระแทกต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของอุปกรณ์เป็นหลัก เนื่องจากแรงที่เกิดจากการกระแทกของกระสุนปืนมีความเร็ว และรุนแรง ซึ่งส่วนรับแรงทำมาจากเหล็กเพลาดันชุบแข็งจำนวน 25 ชุด ดังรูปที่ 6 แต่ละชุดมีพื้นที่รับแรงเท่ากับ 0.8 ตารางนิ้ว ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 25 ตารางนิ้ว หรือประมาณ 4,032.3 ตารางเซนติเมตร ระยะการเคลื่อนที่ 50 มิลลิเมตร ค่าที่กำหนดได้มาจากการวัดความกว้างของรอยยุบตัวของสื่อเกราะที่ทดสอบด้วยการใช้ดินน้ำมันมาตรฐาน

3.2 ทรานสดิวเซอร์วัดแรง

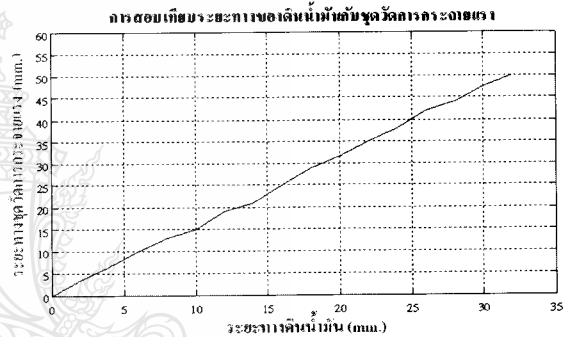
ทรานสดิวเซอร์วัดแรง เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงแรงที่ได้รับจากชุดรับแรงกระแทกให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้า) เนื่องจากทรานสดิวเซอร์ที่มีในท้องตลาดมีราคาแพง ซึ่งในงานวิจัยต้องใช้ทรานสดิวเซอร์จำนวนมากประมาณ 25 ตัว อีกทั้งการประยุกต์ใช้งานไม่เหมาะสมกับความต้องการ ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาและ

ออกแบบทรานสดิวเซอร์ขึ้นมาเองโดยมีส่วนประกอบ ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมส่วนที่ 2 ทรานสดิวเซอร์ ที่ออกแบบจะอาศัยหลักการของตัวรับรู้ หรือเซนเซอร์แบบฮอลล์เอฟเฟคท ที่มีราคาถูก ตอบสนองเร็ว และเป็นเชิงเส้น ทำงานร่วมกับกระบอบอกสูบชนิดสองแกนรุ่น CJ2W16-45 หลักการคือ เมื่อกระบอบอกสูบเคลื่อนที่จะมีปริมาณลมออกมาตามระยะการเคลื่อนที่ของกระบอบอกสูบ จากนั้นนำลมที่ได้ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่งยึดแม่เหล็กถาวร ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในอัตราส่วน 1.0 : 0.2 มิลลิเมตร (ชุดรับแรงต่อแท่งยึดแม่เหล็กถาวร) เพื่อใช้ในการแปลงค่าแรงที่เป็นปริมาณฟิสิกส์ให้เป็นแรงดันไฟฟ้าด้วยฮอลล์เอฟเฟคท

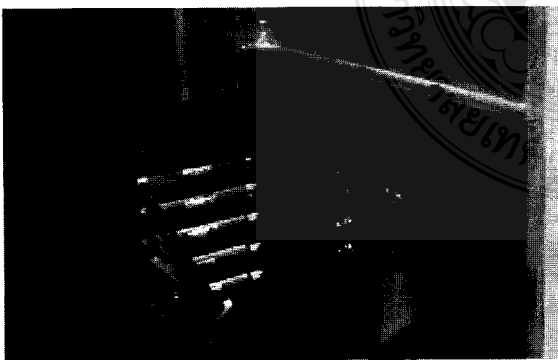
การออกแบบชุดสร้างแรงต้านแทนการใช้ดินน้ำมันจะส่งผลกับแรงที่ตกกระทบบจะไม่สามารถทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ระยะทางตามผลของแรง เนื่องจากวัตถุมีความเฉื่อย ดังนั้นจึงต้องทำการสอบเทียบระยะทางของดินน้ำมันกับชุดวัดการกระจายแรง ดังรูปที่ 9



รูปที่ 8 ฮอลล์เอฟเฟคทเซ็นเซอร์ที่ออกแบบ



รูปที่ 9 การสอบเทียบระยะทางของดินน้ำมันกับชุดวัดการกระจายแรง



รูปที่ 7 ชุดเปลี่ยนค่าแรงเป็นลม และชุดสร้างแรงต้าน

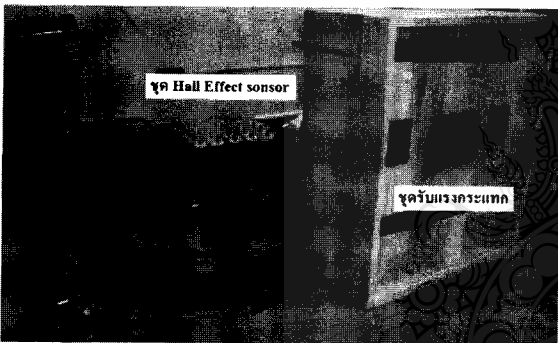
3.3 ส่วนรับข้อมูล (Data Acquisition)

ส่วนรับข้อมูลทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากทรานสดิวเซอร์ทั้ง 25 ตัว ซึ่งเป็นสัญญาณต่อเนื่อง หรือที่เรียกว่า “สัญญาณ อนุาลอก” ทำการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อประโยชน์ในการบันทึกค่าของแรงที่แปลงอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าเพื่อใช้ในการคำนวณ และแสดงผลต่อไป ซึ่งในส่วนนี้ต้องทำงานด้วยความเร็วสูง เนื่องจากต้องทำการเก็บค่าสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ในเวลาเดียวกันจากทรานสดิวเซอร์ทั้ง 25 ตัว ในส่วนนี้ ใช้ Data

Acquisition PCI-Card รุ่น CI1715U ของบริษัท AdvanTech ที่มีช่องรับสัญญาณอนาล็อก 32 ช่อง มีอัตราการเก็บตัวอย่างของสัญญาณ (Sampling rate) 500 ks/s

3.4 ส่วนบันทึกค่า ประมวลผล และแสดงผล

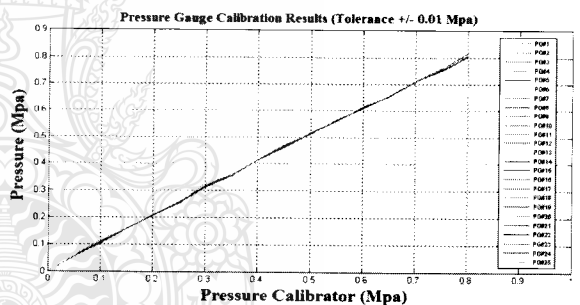
ในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ และส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ โดยใช้โปรแกรม LabView ในการติดต่อและรับค่าจากส่วนรับข้อมูล มาบันทึกเพื่อใช้ในการคำนวณ และแสดงผลกราฟฟิคสำหรับการวิเคราะห์การกระจายแรงของลวดเกาะกันกระสุนต่อไป



รูปที่ 10 ชุดวัดการกระจายแรง

ความแน่นอนของชุดสร้างแรงด้านทั้ง 25 ตัวซึ่งได้แยกการทำงานอย่างอิสระ โดยใช้ Precision Pressure Calibrator Druck DPI 605 ที่ผ่านการสอบเทียบมาตรฐานแล้ว ที่ย่านการวัด 0.0 ถึง 0.8 Mpa ที่ความละเอียด 0.05 Mpa ผลคือ เซ็นเซอร์ทั้ง 25 ตัวอยู่ในมาตรฐานตลอดย่านการใช้งานดังรูปที่ 11

ในส่วนของฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ที่ใช้ทั้ง 25 ตัวนั้น มีความแตกต่างกันสำหรับความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กเนื่องจากขาดความแน่นอนในการติดตั้ง จึงทำให้แต่ละตัวมีย่านการวัดที่แตกต่างกันไป แต่ยังคงรักษาความเป็นเชิงเส้นเอาไว้ ดังรูปที่ 12

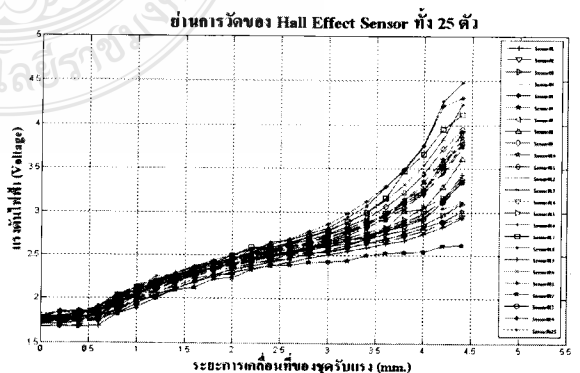


รูปที่ 11 ผลการสอบเทียบ Pressure Gauge

4. ผลการทดลอง

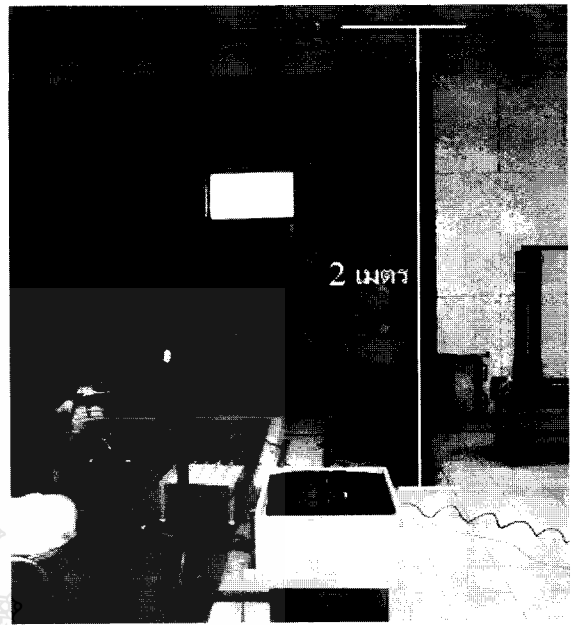
จากการศึกษาที่นำเสนอไปแล้ว [3] ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับเทคนิคที่ใช้ในการตรวจจับเส้นแรงแม่เหล็กของฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ร่วมกับชุดรับ-ส่งแรง ที่เป็นเชิงเส้นดีสุดคือ แบบ Push-Push Approach จึงได้นำมาประยุกต์ใช้กับการทดลองนี้ ประกอบไปด้วยชุดเซ็นเซอร์วัดการกระจายแรง 25 ชุด

การสอบเทียบ Pressure Regulator กับเครื่องปรับเทียบแรงดันมาตรฐานนั้นเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อ



รูปที่ 12 ย่านการวัดของ Hall Effect Sensor

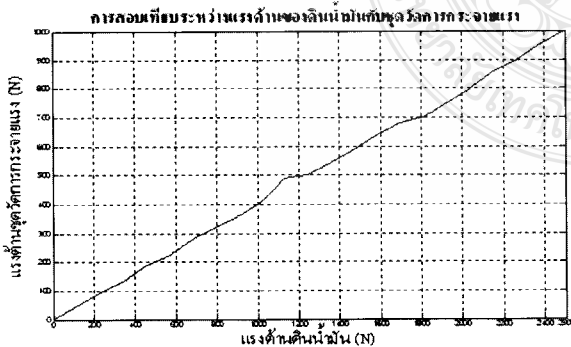
ตามมาตรฐานของ NIJ Standard-0101.04 ได้ทำการทดสอบดินน้ำมัน Roma Plastilina No.1 ด้วยลูกตุ้มเหล็กขนาด $1,043 \pm 5$ กรัม ที่ความสูง 2 เมตร รอยยุบที่เกิดขึ้นต้องอยู่ระหว่าง 19 ± 2 มิลลิเมตร หรือถ้าคำนวณหาค่าแรงต้านของดินน้ำมันจะได้เท่ากับ 1,076 นิวตัน จากนั้นทำการทดสอบด้วยวิธีเดียวกันกับชุดวัดการกระจายแรง สามารถวัดความลึกได้เท่ากับ 30 มิลลิเมตร หรือเท่ากับเครื่องวัดการกระจายแรงมีค่าแรงต้านเท่ากับ 682 นิวตัน ทั้งสองแตกต่างกันประมาณ 57% ดังนั้นต้องทำการสอบเทียบระหว่างแรงต้านของดินน้ำมันกับชุดวัดการกระจายแรงดังรูปที่ 13 หลังจากทำการทดสอบด้วยลูกตุ้มเหล็กพบว่าเครื่องสามารถแสดงผลกราฟฟีกของการกระจายแรง และการยุบตัวได้ดังรูปที่ 15 หลังจากทำการปรับเทียบกับวิธีมาตรฐานแล้วจึงนำเครื่องวัดการกระจายแรงไปทำการทดสอบด้วยการยิงกับแผ่นเกราะ โดยในเบื้องต้นต้องยิงกับดินน้ำมันด้วยวิธีมาตรฐานก่อนให้แน่ใจว่าสื่อเกราะไม่ทะลุ เพื่อป้องกันความเสียหายกับเครื่องวัดการกระจายแรง



รูปที่ 14 การสอบเทียบด้วยลูกตุ้มเหล็ก



รูปที่ 15 กราฟฟีกสองและสามมิติ ของการกระจายแรง และการยุบตัว จากการปล่อยลูกตุ้มเหล็ก



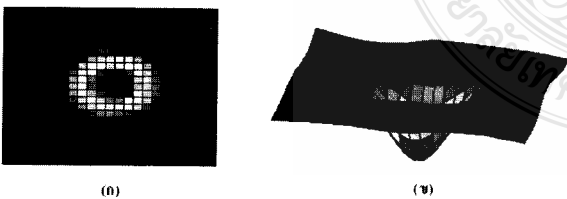
รูปที่ 13 การสอบเทียบระหว่างแรงต้านของดินน้ำมันกับชุดวัดการกระจายแรง



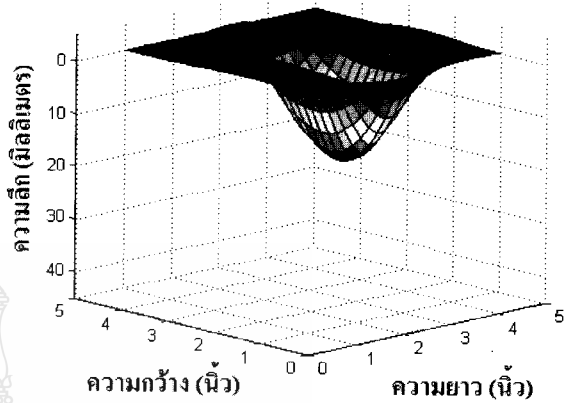
รูปที่ 16 ชุดวัดการกระจายแรงทำการทดสอบสื่อเกราะกันกระสุน

ในการทดสอบนั้นใช้แผ่นเกราะอ่อนที่มีความเหนียว ยืดหยุ่น และโครงสร้างต่างกัน 3 ชนิด คือ 1. ผ้าไม้ทอ 2. ผ้าถักแนวเส้นยืน และ 3. ผ้าทอ โดยทำการยิงชนิดละ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ยิงทดสอบกับดินมาตรฐานคูการทะเลู ครั้งที่ 2 และ 3 ยิงโดยใช้เครื่องวัดการกระจายแรง โดยวางแผ่นเกราะทดสอบโดยตรงกับชุดรับแรงกระแทก และการตั้งปืนต้องตั้งให้เข้าจุดที่ตรงกับตำแหน่งของตัวรับแรงตรงกลาง เพื่อลดโอกาสที่กระสุนจะเข้าไปในบริเวณช่องว่างระหว่างตัวรับแรงแต่ละตัว ซึ่งถ้ากระสุนเข้าไม่ตรงเป้าจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้

ผลการทดสอบแผ่นเกราะป้องกันกระสุนปืนชนิดผ้าไม้ทอ ด้วยกระสุนปืนขนาด 9 mm. (8.0g, 335.87m/s) บนดินน้ำมัน Roma Plastilina No.1 ได้รับความลึก 15 มิลลิเมตร จากนั้นทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดการกระจายแรงกับกระสุนขนาด 9 mm. (8.0g, 336.75m/s) เพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยสามารถวัดความลึกได้ประมาณ 18 มิลลิเมตร รูปการกระจายแรง และการยุบตัวของผ้าไม้ทอแสดงในรูปที่ 17 และ 18

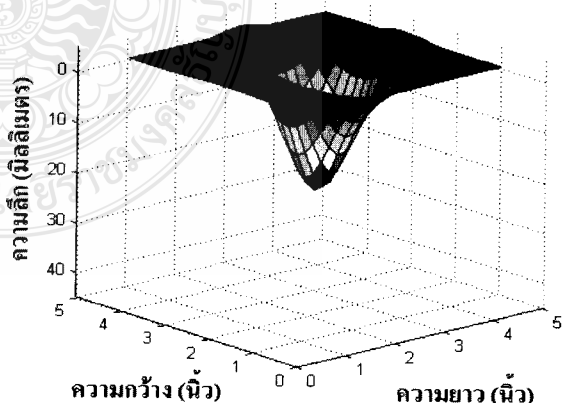


รูปที่ 17 กราฟิกสองและสามมิติ ของการกระจายแรง และการยุบตัว จากการยิงแผ่นเกราะชนิดผ้าไม้ทอ

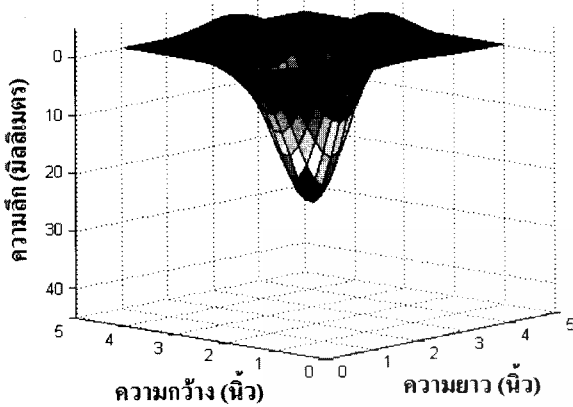


รูปที่ 18 การยุบตัวของแผ่นเกราะชนิดผ้าไม้ทอ

ทดสอบเสื้อเกราะป้องกันกระสุนปืนชนิดผ้าถักแนวเส้นยืน ด้วยกระสุนปืนขนาด 9 mm. (8.0g, 346.03m/s) บนดินน้ำมัน Roma Plastilina No.1 ได้รับความลึก 22.2 มิลลิเมตร จากนั้นทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดการกระจายแรงกับกระสุนขนาด 9 mm. (8.0g, 335.35m/s) เพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยสามารถวัดความลึกได้ประมาณ 25 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 การยุบตัวของแผ่นเกราะชนิดผ้าถักแนวเส้นยืน



รูปที่ 20 การยุบตัวของแผ่นเกราะชนิดผ้าทอ

ทดสอบเสื้อเกราะป้องกันกระสุนปืนชนิด “ผ้าทอ” ด้วยกระสุนปืนขนาด 9 mm. (8.0g,343.73m/s) บนดินน้ำมัน Roma Plastilina No.1 ได้ความลึก 25 มิลลิเมตร จากนั้นทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดการกระจายแรงกับกระสุนขนาด 9 mm. (8.0g, 340.98m/s) เพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยสามารถวัดความลึกได้ประมาณ 27 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 20

5. สรุปผลการทดลอง

จากการสอบเทียบชุดวัดการกระจายแรงกับดินน้ำมัน Roma Plastilina No.1 ด้วยลูกตุ้มเหล็ก ผลที่ได้คือดินน้ำมันยุบตัวเท่ากับ 19 มิลลิเมตร ส่วนชุดวัดการกระจายแรงยุบตัวเท่ากับ 30 มิลลิเมตร หมายความว่า ดินน้ำมันมีค่าแรงต้านทานมากกว่าชุดวัดการกระจายแรง

การทดสอบยิงแผ่นเกราะป้องกันกระสุนปืนทั้งสามประเภทคือ ผ้าไม่ทอ ผ้าถักแนวเส้นยืน และผ้าทอ ด้วยกระสุนปืนขนาด 9 mm. บนดินน้ำมัน Roma Plastilina No.1 ได้ความลึกเท่ากับ 15, 22.2 และ 25 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ส่วนการทดสอบแผ่นเกราะกันกระสุนทั้งสามประเภทในข้างต้นกับชุดวัดการกระจายแรงนั้น ผลที่ได้สามารถแสดงกราฟฟีกสอง และสามมิติของการกระจายแรง และการยุบตัวของแผ่นเกราะ และสามารถแสดงความแตกต่างกันทั้งสามประเภทของการทดสอบข้างต้นได้ โดยมีความลึกเท่ากับ 18, 25, และ 27 มิลลิเมตรตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำผลที่ได้ระหว่างการทดสอบด้วยดินน้ำมันมาเปรียบเทียบกับผลของชุดวัดการกระจายแรงนั้นผลปรากฏว่าค่าที่ได้เป็นไปในแนวทางเดียวกันคือ ผ้าไม่ทอมีความสามารถในการป้องกันกระสุนปืนได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ผ้าถักแนวเส้นยืน และผ้าทอตามลำดับที่มีความถูกต้องเท่ากับ 82.5%

สิ่งที่ต้องทำการปรับปรุง คือ การติดตั้งชุดแม่เหล็กถาวรสำหรับฮอลล์เอฟเฟคเซนเซอร์ ควรติดตั้งให้มีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กในปริมาณที่เท่ากันทุกตัว เพื่อให้มีย่านการวัดเดียวกัน จะเป็นการสะดวก ความถูกต้องของชุดวัดการกระจายแรงเป็นสิ่งที่จะต้องมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น อีกทั้งความละเอียดของชุดเซนเซอร์ที่ต้องมีมากขึ้นเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลที่ดีกว่าเดิม

ท้ายที่สุดสำหรับผลงานวิจัยที่นำเสนอ คือ ได้เครื่องต้นแบบในการวัดการกระจายแรง และการยุบตัวของเสื้อเกราะกันกระสุนชนิดเกราะอ่อน ซึ่งยังสามารถนำไปพัฒนาให้มีความแม่นยำและศักยภาพสูงขึ้นได้ อีกทั้งเครื่องต้นแบบที่นำเสนอสามารถปรับปรุงให้เหมาะสมกับงานทดสอบที่มีลักษณะคล้ายกับประเภทอื่นได้

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอแห่งประเทศไทย (Thailand Textile Institute) สัญญาเลขที่ สสท. ๐๕๓/๒๕๕๑ และสนับสนุนเครื่องสอบเทียบทรานสดิวเซอร์จากห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดศูนย์ปิโตรเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นอกจากนี้ขอขอบคุณทีมวิจัยสื่อเกาะกัน กระสุน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในการสนับสนุนตัวอย่างแผ่นเกาะในการทดสอบ รวมไปถึงกองพลารักษ์ สำนักงานตำรวจแห่งชาติที่อำนวยความสะดวกสถานที่ อุปกรณ์ และบุคลากรในการยิงทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- [1] John Ashcroft, Deborah J. Daniels and Sarah V. Hart, 2001. **Selection and Application Guide to Personal Body Armor**. The National Institute of Justice's National Law Enforcement and Corrections Technology Center Lance Miller.
- [2] นระา เฉลิมกลิ่น และ ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, 2551. การออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดแรงโดยใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์. การประชุมเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี
- [3] นระา เฉลิมกลิ่น และ ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, 2552. การประยุกต์ใช้ฮอลล์เอฟเฟกต์เซ็นเซอร์ในการออกแบบทรานสดิวเซอร์วัดแรง. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 7 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
- [4] ผศ.จรัส บุญยธรรมมา, 2543. **ฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัยภาคกลศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น. หน้า 267-297.
- [5] วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์, 2548. **เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ในระบบการวัดและระบบควบคุม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). หน้า 51-63.
- [6] สมศักดิ์ กิริติวุฒิเศรษฐ์, 2546. **หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). หน้า 17-1~17-8.
- [7] David S. Nyce, 2004. **Linear Position Sensors Theory and Applications**. USA: Wiley-interscience.
- [8] Joe Gilbert and Ray Dewey. **Linear Hall-Effect Sensors**. Allegro Micro Systems, Inc.