

Original Research Article

การพัฒนาเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้ง สำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล Development of The Vertical Ball Rebound Tester for TIS 2739-2016 Futsal Rubber Flooring

ยุทธชัย เรืองรัตน์*, พรพจน์ หนูทอง, อาชีวัน แกสมาน และ อุทัย ไทยเจริญ

Yuttachai Ruangrat*, Pornpot Nuthong, Azizon Kaesaman and Utai Thaicharoen

สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่
จังหวัดสงขลา 90110Office of Scientific Instrument and Testing, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus,
Hat Yai, Songkhla 90110, Thailand

*Corresponding author E-mail: yuthachai.pay@gmail.com

วันที่รับบทความ: 7 มิถุนายน 2565, วันแก้ไขบทความ: 26 กรกฎาคม 2565, วันตอบรับบทความ: 27 กรกฎาคม 2565

Received: 7th June 2022, Revised: 26th July 2022, Accepted: 27th July 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้ง เพื่อการบริการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2739-2559 การทดสอบสมบัติการกระดอนของแผ่นยางปูสนามฟุตบอล โดยอาศัยตัวตรวจวัดระยะด้วยหลักการไทม์ออฟไฟลท์ (Time of flight) เพื่อคำนวณระยะและวิเคราะห์สมบัติการกระดอนของแผ่นยางปูสนามฟุตบอล โดยสัญญาณที่ได้จากการตรวจวัดจะถูกนำเข้าสู่สมการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การกระดอนในรูปแบบของค่า Relative percentage rebound height (R%) ซึ่งวัดค่าระยะของการกระดอนจากผิวสัมผัสของบอลที่กระดอนจากแผ่นยางปูสนามฟุตบอลโดยตรง อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังแสดงผลการเปรียบเทียบการใช้เครื่องมือกับผลการทดสอบห้องปฏิบัติการของผู้บริการทดสอบอื่นที่ได้รับการรับรอง โดยเปรียบเทียบกับค่า R% พบว่าค่าผิดพลาดเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ มีค่าผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.4 ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้เครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้งโดยอาศัยตัวตรวจวัดระยะ ด้วยหลักการไทม์ออฟไฟลท์ยังเป็นเครื่องมือสำหรับการตรวจวิเคราะห์สมบัติการกระดอนของแผ่นยางปูสนามฟุตบอล ที่สามารถสร้างได้ในราคาที่ต้นทุนการผลิตน้อยกว่าการใช้เครื่องมือทดสอบที่นำเข้าจากต่างประเทศ สามารถใช้แทนเครื่องมือสำหรับการตรวจวิเคราะห์สมบัติการกระดอนของแผ่นยางปูสนามฟุตบอลด้วยวิธีวิเคราะห์เสียงจากการตกกระทบ ช่วยแก้ปัญหาผลการทดสอบคลาดเคลื่อนในสถานะการทดสอบที่ถูกรบกวนด้วยเสียงที่ไม่พึงประสงค์อื่นในสถานะแวดล้อมของการทดสอบ อีกทั้งผลการทดสอบจะรายงานผลได้โดยตรงจากตัวเครื่องมือทดสอบ ช่วยลดขั้นตอนในการทดสอบและการออกรายงานผลการทดสอบแก่ผู้ทดสอบได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การกระดอนในแนวตั้ง, แผ่นยางปูสนาม, ไทม์ออฟไฟลท์

Abstract

This research investigates the development of vertical ball rebound tester. This test tool is used for the testing according to the Thai Industrial Standards (TIS) 2739-2559 (2016). The testing of the bouncing properties of futsal rubber flooring is carried out by utilizing a distance meter using the time of flight principle to calculate the distance and analyze the bouncing properties of the futsal rubber flooring. The measured signal is calculated by the bounce percentage analysis equation. The results of the calculation are shown in the form of relative percentage rebound height (R%). It measures the distance of the bounce from the contact surface of the ball that bounces directly from the rubber futsal mat. In addition, this study displays the results of the comparison of the use of the vertical ball rebound tester with the laboratory test results of other accredited testing service providers. According to the testing of the bouncing properties of futsal rubber flooring compared with the R% value, the error value compared with Department of Science Service (DSS) is not more 0.4%, indicating a satisfactory result. Furthermore, the production cost of the vertical ball rebound tester, based on the time-of-flight phase detector which is also a tool for analyzing the bouncing properties of futsal rubber mats, is much cheaper than using an imported instrument. It can also be used instead of an instrument for the analysis of the bouncing properties of rubber paving slabs using incident noise analysis method. Moreover, it helps resolve the test result inaccuracies in the test conditions that are disturbed by other undesirable noises in the test environment. Besides, the test results are reported directly from the test tool. This simplifies the testing process and issues the test reports to testers more quickly.

Keywords: Vertical bouncing, Rubber flooring, Time of flight

บทนำ

ปัจจุบันห้องปฏิบัติการทดสอบแผ่นยางปูสนามฟุตบอล เพื่อหาคุณสมบัติการกระดอนของบอลในแนวตั้ง (R%) สำหรับเป็นส่วนหนึ่งของการขอการรับรองตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล มีจำนวนน้อยและใช้ระยะเวลาในการทดสอบนาน ทำให้เสียโอกาสการแข่งขันทางการค้า และเครื่องมือทดสอบแบบปัจจุบันมีการคำนวณ วิเคราะห์ผลการทดสอบ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ถึง 3 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ อีกทั้งเครื่องมือถูกสัญญาณเสียงรบกวนระหว่างการวิเคราะห์ผลการทดสอบ เนื่องจากเครื่องมืออาศัยการตรวจวัด คำนวณผลของสมบัติการกระดอนของบอลในแนวตั้งจากสัญญาณเสียงของบอลที่ตกกระทบบนพื้นตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ [1] และหากพบว่า สภาวะของการทดสอบที่มีเสียงอันไม่พึงประสงค์ระหว่างกระบวนการทดสอบทำให้ผลการทดสอบผิดพลาด โดยจะแปรผันตรงกับสัญญาณเสียงที่รบกวนในขณะของการทดสอบนั้น รวมถึงต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์ของผู้ทดสอบในการปฏิบัติงานมากขึ้น ในการควบคุมสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ ตลอดจนเครื่องมือทดสอบมีราคาที่สูง เนื่องจากต้องนำเข้าเครื่องมือทดสอบจากต่างประเทศ ซึ่งผูกขาดโดยผู้ผลิตเครื่องมือทดสอบดังกล่าว

การพัฒนาเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เป็นการช่วยเพิ่มเครื่องมือทดสอบ และเพิ่มผู้บริการทดสอบรายใหม่ให้มีมากขึ้น เพื่อตอบสนองการทดสอบสำหรับเป็นส่วนหนึ่งของการขอการรับรองมาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์

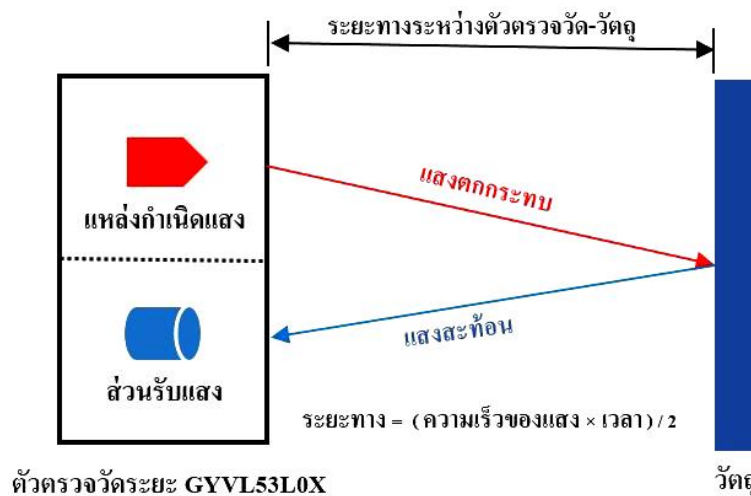
ให้กับผู้ประกอบการที่มีความต้องการทดสอบผลิตภัณฑ์แผ่นยางปูพื้นสนามฟุตบอล ช่วยลดระยะเวลาของการขอการรับรอง ทำให้ผู้ประกอบการมีความคล่องตัวและรวดเร็ว เพื่อการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานที่กำหนด โดยการพัฒนาเครื่องมือทดสอบเพื่อบริการทดสอบสมบัติของแผ่นยางปูสนามฟุตบอลขึ้นในครั้งนี้จะใช้หลักการวิเคราะห์สมบัติการกระดอนของบอลในแนวตั้งด้วยหลักการไทม์ออฟไฟลท์ (Time of flight: ToF) ซึ่งเป็นเทคนิคในการวัดระยะทางระหว่างวัตถุกับตัวตรวจวัด โดยจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของเวลา ระหว่างการส่งสัญญาณกับการเคลื่อนที่กลับมายังตัวตรวจวัด [2] หลังจากที่ถูกสะท้อนโดยวัตถุ โดยแหล่งกำเนิดแสงจากตัวตรวจวัดจะทำการปล่อยแสงไปยังวัตถุที่ต้องการตรวจวัด และแสงจะสะท้อนวัตถุกลับมายังภาครับแสงของตัวตรวจวัด หลังจากนั้นจะทำการคำนวณเพื่อหาระยะทางระหว่างตัวตรวจวัดกับวัตถุ โดยนำความเร็วของแสงที่ทราบค่า กับเวลาตั้งแต่ปล่อยแสงออกจากแหล่งกำเนิดแสง และสะท้อนกลับมายังภาครับ มาทำการคำนวณเป็นระยะทาง ทำให้ทราบระยะทางระหว่างตัวตรวจวัดกับวัตถุได้อย่างแม่นยำและสามารถตรวจวัดวัตถุที่ต้องการได้ [3]

จึงเป็นหลักการทดสอบใหม่ที่ช่วยลดระยะเวลาในการทดสอบ และการออกรายงานผลการทดสอบได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งใช้ระยะเวลาในการทดสอบประมาณ 15 ถึง 30 นาที เพิ่มความละเอียดของผลจากการวัดค่าและประเมินผลค่าจากการทดสอบสมบัติการกระดอนของบอลในแนวตั้งจาก 1% เป็น 0.1% และช่วยลดปัญหาสัญญาณเสียงรบกวนระหว่างกระบวนการวิเคราะห์ผลการทดสอบได้ 100% โดยสามารถพัฒนาเครื่องมือทดสอบได้ในราคาที่ต้นทุนการผลิตน้อยกว่าการใช้เครื่องมือทดสอบที่นำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากสามารถผลิตและใช้งานเครื่องมือทดสอบได้ภายในประเทศ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อพัฒนาเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอลโดยใช้หลักการไทม์ออฟไฟลท์ และ 2) เพื่อทดสอบสมบัติการกระดอนของบอลในแนวตั้งของผลิตภัณฑ์แผ่นยางปูสนามฟุตบอลที่ผลิตโดยผู้ประกอบการ

การออกแบบระบบตรวจวัด

ตัวตรวจวัดระยะ GYVL53LOX ใช้หลักการเทคนิคการวัดระยะแบบไทม์ออฟไฟลท์ ซึ่งมีราคาไม่แพง และสามารถตรวจวัดระยะที่มีความแม่นยำ ช่วงการวัดค่าระยะตั้งแต่ 0.3 ถึง 1.2 เมตร ความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะไม่เกิน 1 มิลลิเมตร สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดเป็นแบบพัลส์ดิจิทัล หลักการเชื่อมต่อกับตัวตรวจวัดผ่านการติดต่อสื่อสารแบบ I2C [4] ซึ่งลักษณะแผนภาพการตรวจวัดของตัวตรวจวัดจะแสดงดังรูปที่ 1

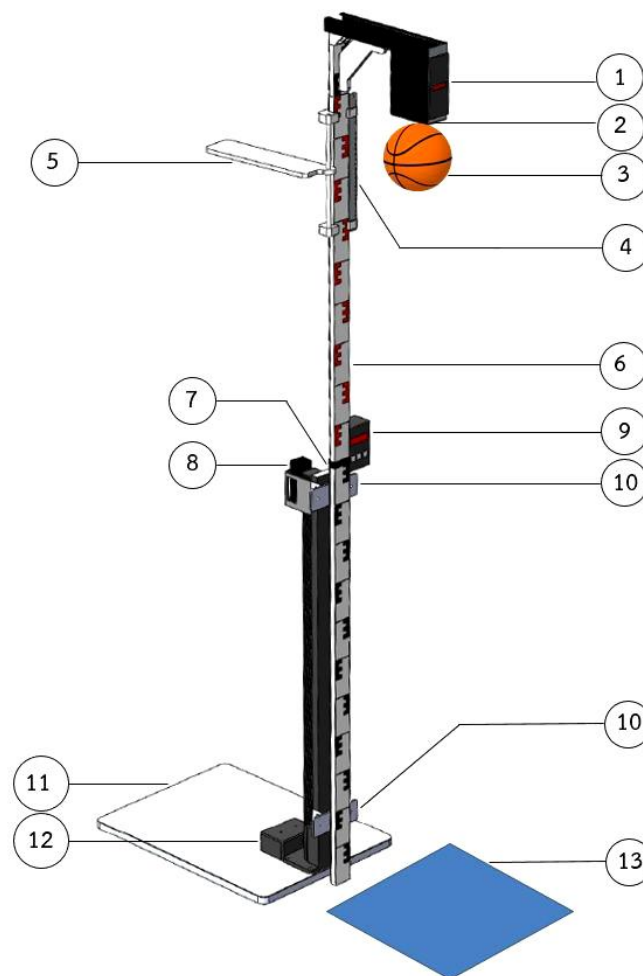


รูปที่ 1 แผนภาพของการตรวจวัดระยะของตัวตรวจวัด GYVL53LOX ด้วยเทคนิคการวัดระยะแบบไทม์ออฟไฟลท์ [3]

โดยขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการปล่อยลูกบาสเกตบอลจากจุดจับยึดให้ตกลงพื้นในแนวตั้งอย่างอิสระ ตัวตรวจวัดจะทำการปล่อยคลื่นแสงอินฟราเรด (IR) [5] ไปตกกระทบบนผิวสัมผัสลูกบอล และสะท้อนกลับมายังตัวรับแสงภายในตัวเดียวกัน จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำสัญญาณไฟฟ้าที่อ่านได้จากตัวตรวจวัดมาคำนวณเป็นระยะในหน่วยเซนติเมตร และทำการคำนวณเป็นค่าระยะความสูงของการกระดอนแสดงผลผ่านจอแสดงผลเครื่องมือทดสอบ โดยผ่านจอแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน (LED 7-Segment) แก่ผู้ทดสอบ ซึ่งผลของการทดสอบจะรายงานผลในรูปแบบของค่า Relative percentage rebound height (R%) ตามสมการของการคำนวณค่า R%

การออกแบบเครื่องมือทดสอบต้นแบบ

ตัวโครงสร้างเครื่องมือทดสอบเลือกใช้การขึ้นรูปด้วยอะลูมิเนียม และแผ่นอะคริลิก โดยการพับอะลูมิเนียมแล้วนำมายึดต่อกับแผ่นอะคริลิก การออกแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks ซึ่งสามารถออกแบบโครงสร้างสามมิติได้ ทำให้เห็นภาพโครงสร้างที่ออกแบบก่อนที่จะสร้างเป็นชิ้นงานจริง ทำให้มีการแก้ไขแบบให้ได้ตามที่ต้องการได้ง่าย และเมื่อได้โครงสร้างของเครื่องมือทดสอบแล้ว จากนั้นจึงออกแบบส่วนการจับยึดบอลด้วยหลักการของสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำกับแผ่นเหล็กขนาดเล็กที่ติดบนผิวลูกบาสเกตบอล เพื่อจับยึดและปล่อยลูกบาสเกตบอลที่ใช้ในการทดสอบให้ตกในแนวตั้งอย่างอิสระ โดยใช้เทคนิคการวัดระยะแบบไทม์ออฟไฟลท์ พร้อมทั้งจัดวางวงจรอิเล็กทรอนิกส์และส่วนควบคุมต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2 และตารางที่ 1

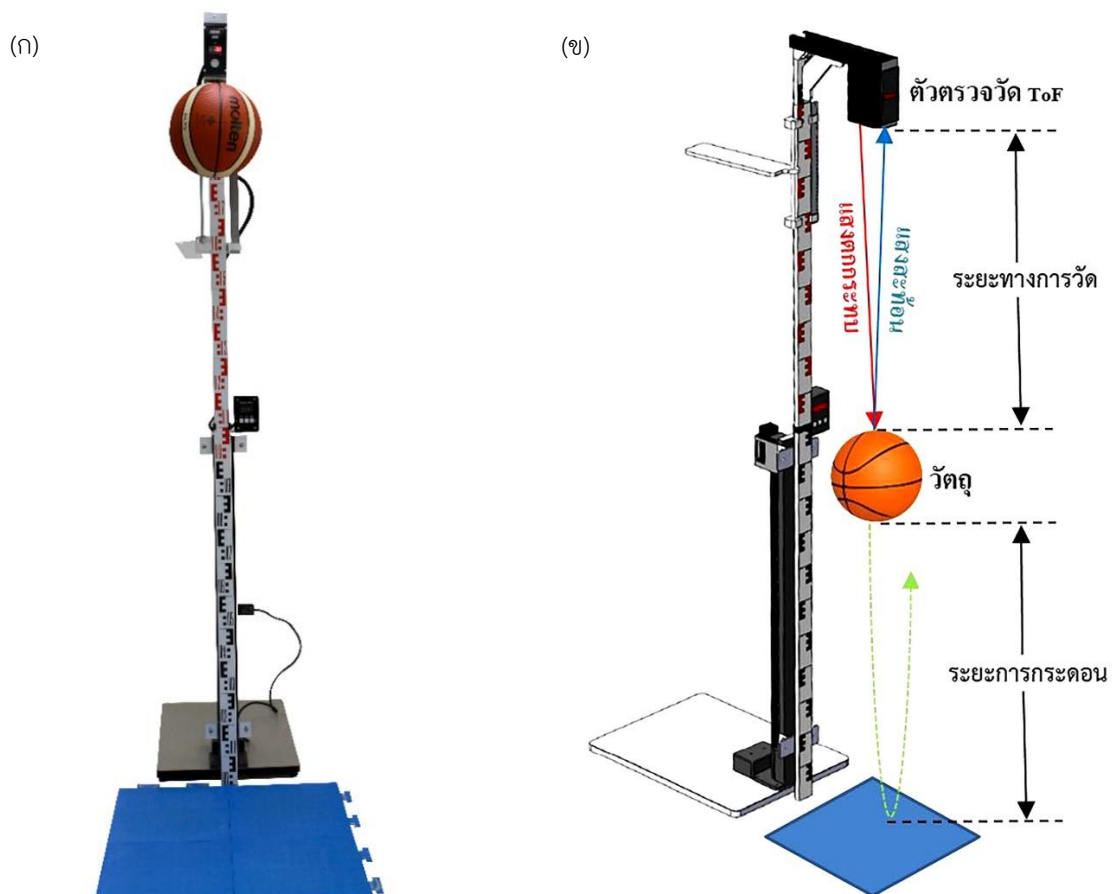


รูปที่ 2 เครื่องมือทดสอบที่ออกแบบสามมิติ และหมายเลขกำกับแสดงส่วนประกอบของเครื่องมือทดสอบ

ตารางที่ 1 แสดงคำอธิบายหมายเลขและชื่อส่วนประกอบของเครื่องมือทดสอบ

หมายเลข	คำอธิบาย / ชื่อส่วนประกอบของเครื่องมือทดสอบ
1	หน้าจอแสดงผลค่าความสูงของการกระดอน หน่วยเซนติเมตร
2	ตัวตรวจวัดระยะการกระดอนในแนวดิ่ง/จุดปล่อยลูกบาสเกตบอลในแนวดิ่งด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
3	ลูกบาสเกตบอลที่ใช้ในการทดสอบ
4	สเกลชุดแกนปรับระยะละเอียดในแนวดิ่ง
5	ชุดแกนปรับระยะละเอียดในแนวดิ่ง
6	ชุดวัดความสูงแบบปรับระยะในแนวดิ่ง
7	ชุดปรับแนวระนาบด้วยระดับน้ำ
8	รีโมทควบคุมการปล่อยลูกบาสเกตบอลและช่องเก็บรีโมท
9	หน้าจอตั้งค่าความหนาแน่นยางปูสนามฟุตบอล หน่วยมิลลิเมตร
10	ชุดล้อปรับแนวระนาบในแนวดิ่ง
11	ชุดแท่นปรับระดับเครื่องมือทดสอบ
12	ชุดรับสัญญาณรีโมทควบคุมการปล่อยลูกบาสเกตบอล/แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเครื่องมือทดสอบ
13	แผ่นยางปูสนามฟุตบอล

หลักการทำงานของเครื่องมือทดสอบ จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการวัดระยะแบบไทม์ออฟไฟลท์ กับ เครื่องมือทดสอบที่พัฒนาขึ้น แสดงดังรูปที่ 3(ก) และ 3(ข)



รูปที่ 3 (ก) เครื่องมือทดสอบจริงที่สร้างตามแบบ และ (ข) หลักการทำงานของเครื่องมือทดสอบที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคนิค ToF

เริ่มต้นจากการจับยึดลูกบาสเกตบอลกับจุดปล่อยบอล ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ใกล้กับตัวตรวจวัด ToF โดยขณะจับยึดลูกบาสเกตบอล ตัวตรวจวัดจะอ่านค่าระยะมีค่าเท่ากับศูนย์ จากนั้นทำการปล่อยลูกบาสเกตบอลให้ตกอย่างอิสระลงบนพื้นแผ่นยางปูสนามฟุตซอล ตัวตรวจวัดจะทำการปล่อยแสงอินฟราเรดไปตกกระทบบนผิวสัมผัสของลูกบาสเกตบอลขอบบน และแสงเกิดการสะท้อนบนผิวสัมผัสของลูกบาสเกตบอลกลับไปยังภาครับแสงของตัวตรวจวัด ซึ่งเป็นการทำงานครบวงจรของการตรวจวัดระยะด้วยเทคนิคการวัดระยะแบบไทม์ออฟไฟลท์ หลังจากนั้นสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากตัวตรวจวัดจะเชื่อมต่อไปยังตัวประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อคำนวณเป็นค่าความสูงของการกระดอนและแสดงผลให้ผู้ทดสอบทราบต่อไป

การพัฒนาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

การพัฒนาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกใช้การพัฒนาด้วยภาษาซี และเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ atmega328p ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับตัวตรวจวัด GYVL53LOX ผ่านขา A4 และ A5 โดยสัญญาณที่วัดได้กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีการเชื่อมกับตัวตรวจวัด ซึ่งติดต่อสื่อสารกันแบบ I2C และแปลงสัญญาณทางไฟฟ้าที่ทำการวัดได้เป็นระยะในหน่วยเซนติเมตร โดยนำค่าระยะที่ได้มาคำนวณตามสมการ โดยแสดงผลผ่านหน้าจอแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน จำนวน 4 ตำแหน่ง ซึ่งประกอบด้วยตัวเลขสามหลักแรกเป็นหลักร้อย และตัวเลขหลักทศนิยมความละเอียด 1 ตำแหน่ง และส่วนของการตั้งค่ามีสวิตช์กด เพื่อเพิ่มและลดระยะความหนาของแผ่นยางปูสนามฟุตซอลที่ใช้ในการทดสอบ และแสดงผลผ่านหน้าจอแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน จำนวน 4 ตำแหน่งอีกจอแสดงผลหนึ่งเช่นกัน โดยหลังจากการทดสอบปล่อยลูกบอลให้ตกลงในแนวตั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการอ่านค่าสัญญาณทางไฟฟ้าผ่านทางตัวตรวจวัด จากนั้นทำการคำนวณและแสดงผลค่าระยะความสูงของการกระดอนอัตโนมัติที่หน้าจอแสดงผลให้ผู้ทดสอบทราบ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 (ก) หน้าจอแสดงผลค่าความสูงของการกระดอน และ (ข) หน้าจอแสดงผลการตั้งค่าความหนาแผ่นยางปูสนามฟุตซอล

การเตรียมตัวอย่างทดสอบที่ใช้สำหรับทดลองทดสอบค่า R%

ตัวอย่างทดสอบที่ใช้เป็นแผ่นยางปูพื้นสนามฟุตซอลสีฟ้า ขนาดกว้าง 36.5 เซนติเมตร ยาว 36.5 เซนติเมตร และหนา 0.7 เซนติเมตร การเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบ ก่อนการทดสอบต้องพักตัวอย่างไว้ในสภาวะเดียวกันกับสภาวะที่ใช้ในการทดสอบไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง ยกเว้นในกรณีที่ตัวอย่างไวต่อความชื้น หรือบางกรณีให้พักตัวอย่างไว้ในสภาวะความชื้น 50 ± 5 %RH ในสภาวะเดียวกับสภาวะที่ใช้ในการทดสอบไม่น้อยกว่า 88 ชั่วโมง หรือพักตัวอย่างไว้ในสภาวะตามที่มีการตกลงกันที่อุณหภูมิ 23 ± 2 °C โดยตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบควรมีขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 100×100 ตารางเซนติเมตร [6]

ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบเพื่อออกผลค่า $R\%$ อ้างอิงจาก มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักที่สำคัญคือ ผลต่างของการวัดความสูงการกระดอนบนพื้นคอนกรีต กับการวัดความสูงของการกระดอนบนพื้นแผ่นยางปูสนามฟุตบอล [7] โดยขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1. การวัดความสูงการกระดอนบนพื้นคอนกรีต โดยการจับยึดลูกบาสเกตบอลไว้บนเครื่องมือทดสอบที่ระดับความสูง 180 ± 1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับความสูงตามที่มาตรฐาน มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอลกำหนด เพื่อใช้ในการทดสอบ จากนั้นปล่อยลูกบาสเกตบอลลงสู่พื้นคอนกรีต ขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 100×100 ตารางเซนติเมตร และหนาไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร โดยลูกบาสเกตบอลต้องไม่ตกลงพื้นบริเวณขอบริม และต้องห่างจากขอบไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร กรณีไม่มีพื้นคอนกรีตใช้ทดสอบ อาจใช้พื้นอย่างอื่นที่แข็งแรงแทนได้ แต่ต้องเป็นพื้นที่มีความเสถียร [8] และทำการบันทึกค่าระยะความสูงของลูกบาสเกตบอลที่กระดอนขึ้นสูงจากพื้นคอนกรีต และนำมาคำนวณค่าความสูงในหน่วย เซนติเมตร จากสูตรสมการ ดังนี้

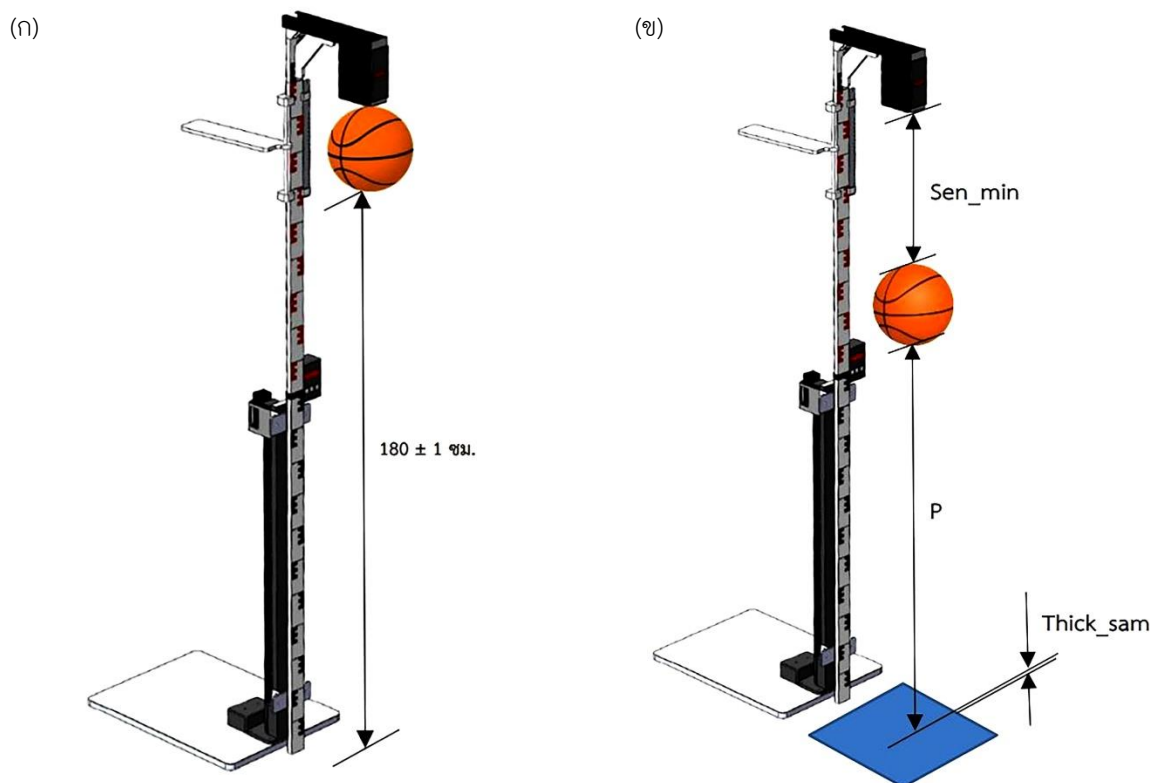
$$P = (1800 - Sen_min) - Thick_sam \quad (1)$$

โดยที่ P คือ ความสูงของการกระดอนบนพื้นคอนกรีต หรือพื้นแผ่นยางปูสนามฟุตบอล (มิลลิเมตร)

Sen_min คือ ระยะการวัดของตัวตรวจวัด (มิลลิเมตร)

$Thick_sam$ คือ ความหนาของแผ่นยางปูสนามฟุตบอล กรณีพื้นคอนกรีตมีค่าเท่ากับศูนย์ (มิลลิเมตร)

และค่าคงที่ 1800 คือ ระดับความสูงที่ 180 ± 1 เซนติเมตร หรือมีค่าเท่ากับ 1800 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระดับของการจับยึดลูกบาสเกตบอลที่ใช้ในการทดสอบทดสอบ ตามมาตรฐาน มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอลกำหนด โดยแสดงตำแหน่ง ชื่อตัวแปร ตามสมการที่ (1) ดังรูปที่ 5(ก) และ 5(ข) ตามลำดับ



รูปที่ 5 (ก) การจับยึดลูกบาสเกตบอลที่ระดับความสูง 180 ± 1 เซนติเมตร และ (ข) ตำแหน่งของตัวแปรตามสมการที่ (1)

การทดสอบ กำหนดให้ทำซ้ำจำนวน 5 ครั้ง โดยทดสอบตำแหน่งต่าง ๆ กันในรัศมีทดสอบ 100 เซนติเมตร และคำนวณค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับความสูงการกระดอนบนพื้นคอนกรีตของลูกบาสเกตบอล โดยค่าระยะต้องอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับที่ระยะ 105 ± 2.5 เซนติเมตร กรณีค่าทดสอบที่ได้ไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ที่ยอมรับ ให้ทำการแก้ไขโดยการเปลี่ยนชนิดลูกบอล และปรับความดันลมของลูกบอลและทดสอบจนค่าอยู่ในเกณฑ์

2. การวัดความสูงการกระดอนบนพื้นแผ่นยางปูสนามฟุตบอล กรณีการทดสอบในห้องปฏิบัติการให้วางแผนยางปูสนามฟุตบอล ซึ่งเป็นตัวอย่างทดสอบลงบนพื้นคอนกรีต และทดสอบเช่นเดียวกับพื้นคอนกรีตเปล่า และกรณีทดสอบในพื้นที่ใช้งานจริง (Onsite) ให้ใช้พื้นแผ่นยางปูสนามฟุตบอล ซึ่งเป็นตัวอย่างทดสอบแทนที่พื้นคอนกรีตและทดสอบเช่นเดียวกันกับพื้นคอนกรีตเปล่า พร้อมระบุอุณหภูมิทดสอบ และสภาวะการทดสอบแบบแห้งหรือเปียก กรณีทดสอบในสภาวะเปียกให้เตรียมพื้นที่ให้ตรงกับสภาวะที่มีการตกลงกันได้ หรือตามคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบนั้น ๆ

การคำนวณผลค่า R% สามารถคำนวณได้จากสูตรสมการ ดังนี้

$$R\% = \left(\frac{R_s}{R_c} \right) \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ R_s คือ ความสูงการกระดอนบนพื้นแผ่นยางปูสนามฟุตบอล (เซนติเมตร)

R_c คือ ความสูงการกระดอนบนพื้นคอนกรีต (เซนติเมตร)

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล ด้วยตัวอย่างทดสอบซึ่งเป็นแผ่นยางปูสนามฟุตบอล โดยผลของค่าการทดสอบและรายงานผลการทดสอบ ซึ่งจะรายงานผลโดยค่า R% ตามสมการ (2)

$$R\% = \left(\frac{R_s}{R_c} \right) \times 100$$

โดย **พื้นคอนกรีต** คือ พื้นที่รองรับการติดตั้งเครื่องมือทดสอบในแนวระนาบที่ตั้งฉากกับเครื่องมือทดสอบ มีลักษณะพื้นผิวเรียบ มีความเสถียร และเป็นพื้นที่รองรับแผ่นยางปูสนามฟุตบอล ขณะทำการทดสอบ **พื้นแผ่นยางปูสนามฟุตบอล** คือ พื้นคอนกรีตที่ถูกวางทับด้วยแผ่นยางปูสนามฟุตบอลที่ทำการทดสอบ และ **สภาวะของการทดสอบ** เป็นแบบแห้ง โดยอุณหภูมิและความชื้นในการทดสอบคือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 23 ± 2 °C และความชื้นอยู่ในช่วง 50 ± 10 %RH ลูกบอลที่ใช้สำหรับการทดสอบเป็นลูกบาสเกตบอล อ้างอิงลูกบอลที่ผ่านการรับรองโดยสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (FIFA) เป็นชนิดและคุณสมบัติเดียวกับการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการทดสอบกรมวิทยาศาสตร์บริการ และใช้ตัวอย่างทดสอบเป็นแผ่นยางปูพื้นสนามฟุตบอลตัวอย่างเดียวกัน

คุณสมบัติลูกบาสเกตบอล

ยี่ห้อ: MOLTEN

รุ่น: GL7X เบอร์ 7

ชนิดของวัสดุ: Natural leather

น้ำหนัก: 618.9 กรัม

เส้นผ่านศูนย์กลาง: 24.2 เซนติเมตร

ความดันลม: 7 PSI (ความดันลมสามารถปรับเพิ่ม-ลดได้ตามความเหมาะสม เพื่อให้ลูกบาสเกตบอล กระดอนอยู่ในช่วงค่าระยะความสูง 105 ± 2.5 เซนติเมตร)

ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณค่า Relative percentage rebound height (R%) เปรียบเทียบกับผลการ ทดสอบกับห้องปฏิบัติการทดสอบกรมวิทยาศาสตร์บริการ หมายเลขปฏิบัติการอ้างอิง L62/00001

ครั้งที่	ระยะการกระดอน บนพื้นคอนกรีต (R_C) (เซนติเมตร)	ระยะการกระดอนบน พื้นแผ่นยางปูสนาม ฟุตซอล (R_S) (เซนติเมตร)	ค่า Relative percentage rebound height (R%) จากสมการที่ (2)	ค่าผิดพลาด (เปรียบเทียบกับผล การทดสอบอ้างอิง ที่ร้อยละ 97)
1	104.6	100.5	96.1	0.9
2	105.5	101.3	96.0	1.0
3	106.8	104.2	97.6	-0.6
4	103.4	102.0	98.6	-1.6
5	104.5	103.1	98.7	-1.7
ค่าเฉลี่ย	104.9	102.2	97.4	-0.4

ค่าผิดพลาดเปรียบเทียบกับผลการทดสอบอ้างอิงที่ร้อยละ 97 โดยเป็นการเปรียบเทียบผลค่า R% ที่ เครื่องมือทดสอบวัดค่าได้จากตัวอย่างทดสอบเดียวกันคือ แผ่นยางปูสนามฟุตซอล โดยส่งทดสอบกับ ห้องปฏิบัติการทดสอบกรมวิทยาศาสตร์บริการ หมายเลขปฏิบัติการอ้างอิง L62/00001 ซึ่งตามมาตรฐาน กำหนดสมบัติที่ดีของแผ่นยางปูสนามฟุตซอลต้องให้ค่าการกระดอนของบอลในแนวดิ่ง โดยผลของค่า R% ต้องไม่ ต่ำกว่า 85% [9] จากผลการทดสอบที่ได้จากห้องปฏิบัติการทดสอบกรมวิทยาศาสตร์บริการ ทำการทดสอบแผ่น ยางปูสนามฟุตซอล ด้วยเครื่องทดสอบพื้นสนามฟุตซอล การวิเคราะห์ผลการทดสอบ มีหลักการทดสอบโดยการ ปล่อยลูกบาสเกตบอลในลักษณะเดียวกันกับเครื่องมือเทคนิคไม้ออฟฟไฟท์ที่พัฒนาขึ้น แต่จะต่างกันในส่วนของ กระบวนการวัดและวิเคราะห์ค่าระยะความสูงการกระดอนของบอล ซึ่งจะใช้ชุดวิเคราะห์เสียง วิเคราะห์ระดับเสียง ที่ได้จากการตกกระทบบนพื้นแผ่นยางปูสนามฟุตซอลของลูกบาสเกตบอล แล้วทำการแปลงค่าระดับเสียงการตก กระบของลูกบาสเกตบอลบนพื้น แสดงผลการวิเคราะห์ระดับเสียงเป็นค่าความสูงของการกระดอนในหน่วย เซนติเมตร

แต่จะพบปัญหาคือต้องทำซ้ำผลค่าการทดสอบ เพื่อยืนยันความถูกต้องในการวัดค่า ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลา มากขึ้น เนื่องจากในห้องที่ติดตั้งเครื่องมือทดสอบมีเสียงรบกวนจากเครื่องมือรอบข้าง และการวางตำแหน่งชุด วิเคราะห์เสียงใกล้ หรือไกลออกไปจากจุดตกของลูกบาสเกตบอลจะมีผลต่อการวิเคราะห์ระดับสัญญาณเสียงเช่นกัน ซึ่งชุดวิเคราะห์เสียงมีความไวต่อเสียงรบกวน ดังนั้นการทำซ้ำผลค่าการทดสอบต้องใช้เวลามากขึ้น เป็นการ เสียเวลาในการทดสอบของผู้ทดสอบ ซึ่งกว่าจะได้ผลการทดสอบที่สมบูรณ์ เนื่องด้วยจากปัจจัยการทดสอบที่ได้ กล่าวมาแล้วนั้น และหลังจากได้ผลการทดสอบที่เป็นค่าระยะความสูงของการกระดอนแล้ว ผู้ทดสอบต้องนำค่า ดังกล่าวไปคำนวณเป็นค่า R% และรายงานผลการทดสอบต่อไป ซึ่งใช้เวลาในการทดสอบกว่าจะแล้วเสร็จทั้งกระ บวนการทดสอบอาจจะใช้เวลาถึง 3 ชั่วโมงได้

อภิปรายผล

ผลจากการทดสอบการใช้งานจริงของเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวดิ่งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตซอล การทดสอบโดยใช้ตัวอย่างทดสอบ แผ่นยางปูสนามฟุตซอล ซึ่งเป็น ตัวอย่างเดียวกันเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการทดสอบกรมวิทยาศาสตร์บริการ อ้างอิงรายงาน ผลการทดสอบห้องปฏิบัติการ หมายเลขปฏิบัติการ L62/00001 วิธีทดสอบ มอก. 2739-2559 ผลการ ทดสอบการกระดอนของบอลในแนวดิ่ง ร้อยละ 97 ซึ่งผลของการทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบการกระดอนของ

บอลในแนวตั้งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล ด้วยเทคนิคการวัดระยะแบบไทม์ออฟไฟลท์ที่พัฒนาขึ้น ผลปรากฏว่า ช่วงระยะการกระดอนบนพื้นคอนกรีตอยู่ในช่วง 103.4 ถึง 106.8 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยคิดเป็น 104.9 เซนติเมตร (เกณฑ์การยอมรับอยู่ในช่วง 105 ± 2.5 เซนติเมตร) ซึ่งผ่านเกณฑ์การทดสอบและช่วงค่า R% อยู่ในช่วงร้อยละ 96.0 ถึง 98.7 ค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 97.4 (ค่าการกระดอนของบอลในแนวตั้งอ้างอิงร้อยละ 97) ค่าความผิดพลาดจากค่าร้อยละอ้างอิงคิดเป็นร้อยละ 0.4 และพบว่า ผลการทดสอบสมบัติการกระดอนของบอลในแนวตั้งสำหรับแผ่นยางปูสนามฟุตบอล ผลการทดสอบผ่านตามมาตรฐานกำหนด โดยสมบัติที่ดีของแผ่นยางปูสนามฟุตบอลต้องให้ค่าการกระดอนของบอลในแนวตั้ง ผลของการทดสอบค่า R% ต้องไม่ต่ำกว่า 85% ซึ่งจากผลสรุปการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานและใช้งานได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ คือ เพื่อพัฒนาเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล โดยใช้หลักการไทม์ออฟไฟลท์ และเพื่อทดสอบสมบัติการกระดอนของบอลในแนวตั้งของผลิตภัณฑ์แผ่นยางปูสนามฟุตบอลที่ผลิตโดยผู้ประกอบการ ตลอดจนส่งผลให้สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีเครื่องมือทดสอบสมบัติการกระดอนของบอลในแนวตั้งของผลิตภัณฑ์แผ่นยางปูสนามฟุตบอลในการบริการทดสอบต่อไป

จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอลที่พัฒนาขึ้น สามารถรายงานผลการทดสอบค่า R% เปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยมีค่าผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.4 แสดงว่าให้ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้ เครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล โดยใช้ตัวตรวจวัดระยะโดยหลักการไทม์ออฟไฟลท์ยังเป็นเครื่องมือสำหรับทดสอบและตรวจวิเคราะห์สมบัติการกระดอนของแผ่นยางปูสนามฟุตบอล เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในขอการรับรองตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2739-2559) ของแผ่นยางปูสนามฟุตบอล โดยสามารถสร้างใช้งานได้เองภายในประเทศในราคาที่ต้นทุนการผลิตไม่สูงมากนัก ลดการนำเข้าเครื่องมือทดสอบที่ราคาสูงจากที่นำเข้าจากต่างประเทศ สามารถนำมาใช้แทนเครื่องมือสำหรับการตรวจวิเคราะห์สมบัติการกระดอนของแผ่นยางปูสนามฟุตบอลด้วยวิธีการวิเคราะห์เสียงจากการตกกระทบแบบเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัด และให้ผลการทดสอบที่ละเอียด และรวดเร็วยิ่งขึ้น ตลอดจนช่วยแก้ปัญหาผลการทดสอบคลาดเคลื่อนในสภาวะการทดสอบที่ถูกรบกวนด้วยเสียงที่ไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ในสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ อีกทั้งผลการทดสอบจะรายงานผลได้โดยตรงจากตัวเครื่องมือทดสอบทันที ช่วยลดขั้นตอนในการทดสอบและการออกรายงานผลการทดสอบแก่ผู้ทดสอบได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อดีของเครื่องมือทดสอบที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องมือทดสอบที่นำเข้าจากต่างประเทศ

หัวข้อ	เครื่องมือทดสอบไทม์ออฟไฟลท์ (Time of flight: ToF)	เครื่องมือทดสอบพื้นสนามฟุตบอล (นำเข้าจากต่างประเทศ)
1. ต้นทุนการผลิต	50,000 บาท	980,000 บาท
2. เวลาที่ใช้ทดสอบ	30 นาที	3 ชั่วโมง
3. เสียงรบกวนในสภาวะการทดสอบ	ไม่มีผล	มีผล
4. ค่าความผิดพลาดของค่า R%	$\pm 0.4 \%$	เสียงรบกวนมีผลต่อสภาวะการทดสอบ
5. ค่าความละเอียดผลการทดสอบ	0.1 %	1 %

คุณสมบัติเครื่องมือทดสอบไทม์ออฟไฟลท์

คุณสมบัติของเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวตั้งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล ด้วยหลักการไทม์ออฟไฟลท์ มีดังนี้

ระบบตรวจวัด: GYVL53LOX, Time of flight distance sensor (ToF)

ระยะการกระดอนในแนวดิ่ง: 0 ถึง 180 เซนติเมตร

ระยะความหนาตัวอย่าง: 0 ถึง 30 มิลลิเมตร

ระบบควบคุม: ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงผลแบบจอแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน (LED 7-Segment)

ขนาดตัวเครื่อง: กว้าง 55.0 ยาว 60.0 สูง 190.0 เซนติเมตร

พลังงาน: AC220V 50/60Hz 50VA

ต้นทุนการผลิต: 50,000 บาท

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นพัฒนาเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวดิ่งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล โดยใช้ตัวตรวจวัดระยะด้วยเทคนิคการวัดระยะแบบไทม์ออฟไฟท์ เพื่อทดสอบและตรวจวิเคราะห์สมบัติการกระดอนของแผ่นยางปูสนามฟุตบอล โดยใช้ลูกบาสเกตบอลทดสอบกับเครื่องมือต้นแบบ เนื่องด้วยห้องปฏิบัติการทดสอบที่ทดสอบสมบัติการกระดอนของบอลในแนวดิ่ง สำหรับตัวอย่างทดสอบที่เป็นแผ่นยางปูสนามฟุตบอล (อ้างอิงผลการทดสอบห้องปฏิบัติการทดสอบ กรมวิทยาศาสตร์บริการ หมายเลขปฏิบัติการอ้างอิง L62/00001) และเพื่อใช้ผลการทดสอบในการอ้างอิงและเปรียบเทียบผลค่าการทดสอบกับเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ผู้พัฒนาเครื่องมือทดสอบจึงได้เลือกใช้ลูกบาสเกตบอลชนิดเดียวกันกับห้องปฏิบัติการทดสอบอ้างอิงดังกล่าวด้วย เพื่อให้การเปรียบเทียบผลการทดสอบที่สมบูรณ์จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นชนิดเดียวกัน โดยจากงานวิจัยในการพัฒนาเครื่องมือทดสอบการกระดอนของบอลในแนวดิ่งสำหรับ มอก. 2739-2559 แผ่นยางปูสนามฟุตบอล ที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการวิจัยต่อไปผู้พัฒนามีแผนจะใช้ชนิดลูกบอลที่ตรงและสอดคล้องกับพื้นสนามที่ใช้จริง และจากการพัฒนาเครื่องมือในครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป เช่น การพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้สำหรับการทดสอบสมบัติการกระดอนของลูกฟุตบอล ลูกวอลเลย์บอล ลูกบาสเกตบอล หรือลูกบอลชนิดอื่น กับพื้นสนามจริงของกีฬาแต่ละประเภท เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนดของสมบัติพื้นกีฬา ของกีฬาแต่ละประเภท เป็นต้น และยังสามารถพัฒนาให้สามารถนำเครื่องมือทดสอบไปบริการทดสอบแบบนอกสถานที่ได้ และสามารถผลิตเครื่องมือทดสอบดังกล่าวเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนานวัตกรรมยางพารา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยด้วยเงินงบประมาณแผ่นดินส่งผลให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณผู้อำนวยการวิศวกร และนักวิทยาศาสตร์ ของสำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำสนับสนุนและเอื้ออำนวยความสะดวกทางด้านพื้นที่ และเครื่องมือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุรสิทธิ์ ตั้งทวีเกียรติ, “เครื่องทดสอบพื้นสนามฟุตบอล”, from <https://www.dss.go.th/purchase/dss/692012098.38127.pdf>. Access on June 3rd, 2022.
- [2] T. Kahlmann, T. Oggier, F. Lustenberger, N. Blanc and H. Ingensand, “3D-TOF sensors in the automobile”, Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 10, 1117 (2005).
- [3] บริษัท ออลเซนเทค จำกัด, “การตรวจจับวัตถุด้วยเทคโนโลยี Time-of-Flight (ToF)”, from https://zentech.in.th/time_of_flight_principle/. Access on July 20th, 2022.
- [4] PhysicsOpenLab, “Light Speed Measure with a Time-of-Flight (ToF) Sensor”, from <https://physicsopenlab.org/2018/09/21/light-speed-measure-with-a-time-of-flight-tof-sensor/>. Access on June 3rd, 2022.

- [5] F. Kazemi, M. Golzarian and S. Mahnan, "Evaluation of vertical ball rebound device with image processing techniques", Conference of 11th National Congress on Biosystems and Mechanization, 3-5 September 2018, Hamedan, Iran (2018).
- [6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "หลักเกณฑ์เฉพาะในการตรวจสอบเพื่อการขออนุญาตสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นยางปูสนามฟุตบอล มาตรฐานเลขที่ มอก. 2739-2559", from <http://law.industry.go.th/laws/file/61132>. Access on June 4th, 2022.
- [7] วิริญญา แก้ววัฒนะ, "การพัฒนาแผ่นยางปูพื้นสนามเด็กเล่น", from <https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/201095>. Access on June 8th, 2022.
- [8] S. Eicher, D. Lay, J. Arthington and M. Schutz, "Rubber flooring impact on health of dairy cows", Journal of Dairy Science, 93, 14-14 (2010).
- [9] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "แผ่นยางปูสนามฟุตบอล", from https://rubber.oie.go.th/box/6Lib_Document/3829/แผ่นยางปูสนามฟุตบอล.pdf. Access on July 25th, 2022.