



การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสอบเทียบมาตรฐานสำหรับเครื่องวัดระนาบชนิดมีระดับน้ำ

วิศรุต คงสกุล¹ และ ฤฎวัลย์ จันทรส^{2*}

¹ ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา

² ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: ruephuwc@eng.buu.ac.th

วันที่รับบทความ: 9 มกราคม 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 6 มิถุนายน 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 11 มิถุนายน 2568

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 19 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือมาตรฐานสำหรับใช้สอบเทียบเครื่องมือวัดระนาบชนิดมีระดับน้ำที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานและใช้ขอรับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 : 2017 ในขอบข่ายการสอบเทียบระดับน้ำได้ งานวิจัยเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมความต้องการการใช้งานเครื่องมือสอบเทียบฯ ของบุคลากรในห้องปฏิบัติการสอบเทียบจำนวน 30 คน โดยการสัมภาษณ์และการตอบแบบสอบถาม เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) ได้ถูกนำมาประยุกต์เพื่อถ่ายทอดความต้องการสู่ข้อกำหนดเชิงเทคนิคของเครื่องมือสอบเทียบฯ ขั้นตอนต่อมาได้ออกแบบแนวคิดทางเลือกของเครื่องมือสอบเทียบฯ จำนวน 3 แนวคิดและได้คัดเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดด้วยเทคนิคการให้คะแนนแนวคิด (Concept Scoring) จากนั้นได้ปรับปรุงแนวคิดสุดท้ายตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอบเทียบและด้านวิศวกรรม ก่อนนำมาสร้างเป็นเครื่องมือสอบเทียบต้นแบบ (Prototype) มีชื่อเรียกว่า Precision Bar การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเครื่องมือสอบเทียบฯ เก่าที่เคยใช้งานอยู่กับเครื่องมือสอบเทียบฯ ที่พัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ ได้ผลดังนี้ (1) เวลาที่ใช้ในการสอบเทียบลดลงจากเดิม 120 นาที เป็น 52 นาที คิดเป็นลดลง 57%, (2) สามารถสอบเทียบระดับน้ำได้ตามมาตรฐาน JIS B 7510 : 1993 เหมือนกัน (3) น้ำหนักของเครื่องมือสอบเทียบฯ ลดลงจากเดิม 25 กิโลกรัม เป็น 2 กิโลกรัม (4) เครื่องมือสอบเทียบฯ สามารถปรับพื้นเอียงเล็กน้อยที่สุด 1 ช่วงสเกล 0.02 มิลลิเมตร/เมตร ได้ และ (5) กำไรต่อการสอบเทียบระดับน้ำเพิ่มขึ้นจาก 200 บาท เป็น 600 บาท นอกจากนี้เครื่องมือสอบเทียบใหม่นี้ยังมีความสามารถในการสอบเทียบได้ทัดเทียมกับเครื่องมือสอบเทียบมาตรฐานที่นำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาถูกกว่าถึง 110,000 บาท หรือคิดเป็นราคาที่ลดลง 73%

คำสำคัญ: การสอบเทียบ; เครื่องวัดระนาบชนิดมีระดับน้ำ; เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ; มาตรฐาน ISO/IEC 17025 : 2017

Design and Development of Standard Calibrator for Horizontal Spirit Level

Wissarut Kongsagul¹ and Ruephuwan Chantrasa^{2*}

¹ Calibration Center for Industry, Faculty of Engineering, Burapha University

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University

* Corresponding author, E-mail: ruephuwc@eng.buu.ac.th

Received: 9 January 2025; Revised: 6 June 2025; Accepted: 11 June 2025

Online Published: 19 August 2025

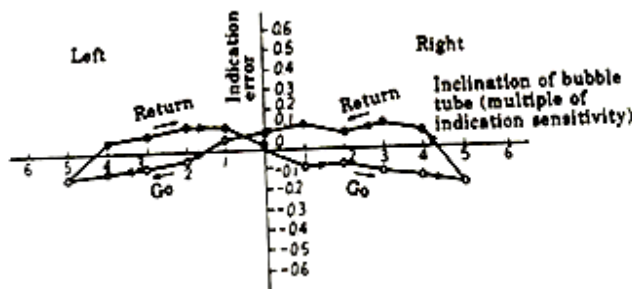
Abstract: The objective of this research is to design and develop a standard calibrator for a horizontal spirit level that is efficient and can be used to obtain the laboratory accreditation ISO/IEC17025: 2017 in the scope of spirit level calibration. The research began with collecting needs for using the calibrator of 30 people in the calibration laboratory by face-to-face interviews and questionnaires. Quality Function Deployment (QFD) was then applied to translate these needs into technical requirements of the calibrator. The next step was to generate 3 design concepts of the calibrator, and the most prominent one was then selected using the concept scoring technique. Subsequently, the selected design concept was finally revised based on recommendations from calibration and engineering experts before developing the prototype, which was called the Precision Bar. A comparative test of performance between the previously used calibrator and the one developed in this study showed the following results; (1) Calibration time has been reduced from 120 minutes to 52 minutes, (2) Spirit levels can be calibrated according to the same JIS B 7510: 1993 standard, (3) The weight of the calibrator has been reduced from 25 kg to only 2 kg, (4) The floor slope of the calibrator can be adjusted as small as 0.02 mm/m per one scale, and (5) Profit from calibration service increased from 200 baht to 600 baht. Moreover, the new calibrator also has the same calibration capability as the standard calibrator imported from abroad, and its cost was 110,000 baht lower, or 73% price reduction.

Keywords: Calibration; Horizontal spirit level; Quality Function Deployment (QFD); ISO/IEC 17025: 2017

1. บทนำ

การสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibration) เป็นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของเครื่องมือวัด โดยการวัดเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานซึ่งมีความละเอียดถูกต้องสูงมากกว่า เพื่อให้เครื่องมือวัดที่จะนำไปใช้งานมีผลการวัดที่ถูกต้องแม่นยำ เกิดความเป็นธรรมเชิงพาณิชย์เป็นที่ยอมรับได้ในระดับสากล [1-3] และสอดคล้องกับหลักการมาตรฐานวิทยาศาสตร์ไว้ในพระราชบัญญัติพัฒนาระบบมาตรฐานวิทยาแห่งชาติ พ.ศ. 2559 ดังนั้นการสอบเทียบเครื่องมือวัดจึงเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตเป็นอย่างมาก เพราะจะช่วยให้เกิดการตรวจสอบและสร้างความมั่นใจได้ว่าผลการวัดที่ได้จากเครื่องมือวัดนั้นจะมีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ เพราะการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้นจะส่งผลกระทบต่อทั้งประสิทธิภาพ ความปลอดภัย การบำรุงรักษา ความยั่งยืนของโรงงาน รวมไปถึงคุณภาพของสินค้าและผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง [4] ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดสำหรับอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยบูรพา (CIB-BUU) เป็นหน่วยงานภาครัฐที่มีการให้บริการดังนี้ (1) สอบเทียบเครื่องมือวัดทั้งด้านมิติและด้านมวล (2) วัดชิ้นงานตามแบบ GD&T และ (3) จัดฝึกอบรมด้านการวัดและการสอบเทียบ [5] โดยมีลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการหลัก คือ โรงงานอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกและระเบียงเศรษฐกิจพิเศษ EEC ในปัจจุบัน CIB-BUU เป็นห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการสอบเทียบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 [6] แล้วจำนวนทั้งสิ้น 29 เครื่องมือ และมีแผนงานที่จะขยายขีดความสามารถ

ในการสอบเทียบให้เพิ่มขึ้น รวมไปถึงการสอบเทียบเครื่องวัดระนาบชนิดมีระดับน้ำ (Horizontal Spirit Level) หรือที่เรียกว่าระดับน้ำ อ้างอิงวิธีการสอบเทียบระดับน้ำตามมาตรฐาน JIS B 7510: 1993 [7] สามารถแสดงการเคลื่อนที่ของลูกน้ำภายในท่อ (Bubble Tube) ได้ตามกราฟรูปที่ 1 ในการสอบเทียบต้องวัดความเอียงของพื้นที่วางระดับน้ำทั้งทางขวามือและทางซ้ายมือโดยการเคลื่อนที่ของลูกน้ำในทิศทางไปและกลับทั้ง 2 ด้าน เครื่องมือสอบเทียบฯที่ CIB-BUU ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเรียกว่าเครื่อง Level Tester แสดงดังรูปที่ 2 มีลักษณะการทำงานคล้ายกับเครื่อง Angle Generator คือต้องปรับระดับความเอียงของพื้นที่วางระดับน้ำให้ได้ระดับก่อนแล้วจึงปรับค่าความเอียงของพื้น อ่านค่าความเอียงของพื้นด้วย Digital Indicator จำนวน 3 เครื่อง วัดหน่วยเป็น mm ใช้โปรแกรม MS Excel คำนวณค่าความเอียงของพื้นในหน่วย mm/m คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนที่ระดับน้ำอ่านได้กับความเอียงของพื้นจริง โดยเครื่อง Level Tester มีข้อจำกัดการใช้งานได้แก่ (1) ใช้เวลาในการสอบเทียบระดับน้ำนานส่งผลให้ต้นทุนดำเนินการสูง (2) วิธีปรับระดับความเอียงของพื้นทำได้ยากและมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนมาก และ (3) เครื่องมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากทำให้เคลื่อนย้ายลำบากเป็นต้น ดังนั้น CIB-BUU จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องมือมาตรฐานสำหรับสอบเทียบระดับน้ำขึ้นใหม่ ออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการสอบเทียบที่สูงขึ้น เพื่อนำมาทดแทนเครื่องมือสอบเทียบฯ เครื่องเก่า และใช้สำหรับขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC17025: 2017 ต่อไป



รูปที่ 1 การสอบเทียบระดับน้ำ JIS B 7510 [8]



รูปที่ 2 เครื่องมือสอบเทียบฯ Level Tester ที่ CIB-BUU ใช้งานในปัจจุบัน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องมือวัดระดับความเอียงของพื้นชนิดมีระดับน้ำ

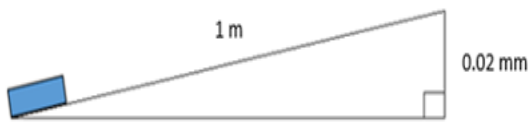
เครื่องมือสำหรับวัดระดับความเอียงของพื้นชนิดมีฟองอากาศอยู่ในท่อหรือที่นิยมเรียกว่าระดับน้ำ เป็นเครื่องมือที่สามารถอ่านค่าความเอียงของพื้นได้ในหน่วยวัด mm/m นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากให้ผลการวัดที่มีความถูกต้องสูง มีความละเอียดของผลการวัดมากกว่าระดับน้ำที่ใช้งานทั่วไปที่แสดงผลการวัดเพียงบอกว่าพื้นเอียงไปทางขวาหรือเอียงไปทางซ้ายเท่านั้น โดยเครื่องวัดระดับน้ำชนิดนี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 3

สำหรับวิธีการอ่านค่าความเอียงของพื้นด้วยระดับน้ำจะวัดจากจำนวนช่องที่ฟองอากาศลอยผ่าน โดยฟองอากาศจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่มีพื้นเอียงสูงกว่า



รูปที่ 3 เครื่องวัดระดับชนิดมีระดับน้ำ

อีกด้านเสมอ เช่น ถ้าระดับน้ำมีฟองอากาศลอยไปทางขวามือ 1 ช่องสเกล ถ้า 1 ช่องสเกลมีค่า 0.02 mm/m จะหมายความว่าพื้นทางด้านขวาของระดับน้ำจะเอียงสูงกว่าด้านซ้าย 0.02 mm ที่ปลายความยาว 1 m ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 พื้นด้านขวาเอียงขึ้น 0.02 mm/m

2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

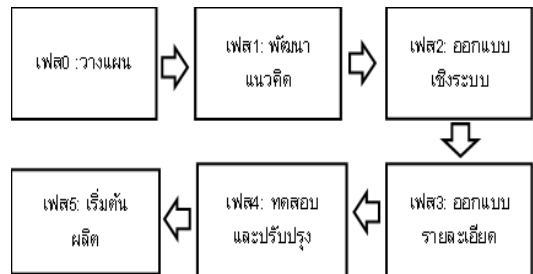
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Development) เป็นกระบวนการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เริ่มต้นด้วยการกำหนดโอกาสของโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์และสิ้นสุดลงที่การผลิตและการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 6 ขั้นตอน ดังรูปที่ 5

เฟส 0: การวางแผน เป็นขั้นตอนเริ่มต้นก่อนที่โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะถูกอนุมัติและเริ่มดำเนินการ ขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดโอกาส การประเมินสถานการณ์ด้านเทคโนโลยีและการตลาด

เฟส 1: การพัฒนาแนวคิด เป็นขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการ การกำหนดคุณลักษณะเชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์ การสร้างแนวคิดและคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสม

เฟส 2: การออกแบบเชิงระบบ เป็นขั้นตอนในการกำหนดสถาปัตยกรรมผลิตภัณฑ์ การออกแบบระบบย่อย โดยแสดงในลักษณะของรูปทรงเรขาคณิตของผลิตภัณฑ์

เฟส 3: การออกแบบรายละเอียด เป็นการออกแบบในรายละเอียดทางเทคนิคของชิ้นส่วนต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ นิยมแสดงในรูปของพิมพ์เขียวเพื่อใช้ในการผลิตและการจัดซื้อชิ้นส่วน



รูปที่ 5 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ [8]

เฟส 4: การทดสอบและการปรับปรุง เป็นขั้นตอนในการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Prototype) เพื่อทดสอบรูปลักษณะ และการใช้งานของผลิตภัณฑ์ว่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่

เฟส 5: การเริ่มต้นผลิต เป็นขั้นตอนในการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการผลิตที่กำหนดขึ้น และการฝึกพนักงานก่อนที่จะทำการผลิตจริงในปริมาณมาก [8]

2.3 เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการศึกษาความต้องการของลูกค้าและสามารถถ่ายทอดความต้องการให้เป็นคุณลักษณะเชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์และงานบริการได้ QFD สามารถดำเนินการด้วยการสร้างเป็นบ้านคุณภาพ (House of Quality) ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 6 ส่วน ดังรูปที่ 6 การสร้างบ้านคุณภาพจะเริ่มต้นจากส่วน A ซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมและกำหนดความต้องการของลูกค้า ส่วน B เป็นการประเมินความสำคัญและความพึงพอใจของลูกค้า ตลอดจนความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์คู่แข่งกัน เพื่อกำหนดค่าคะแนนดิบ ในส่วน C จะกำหนดคุณลักษณะ

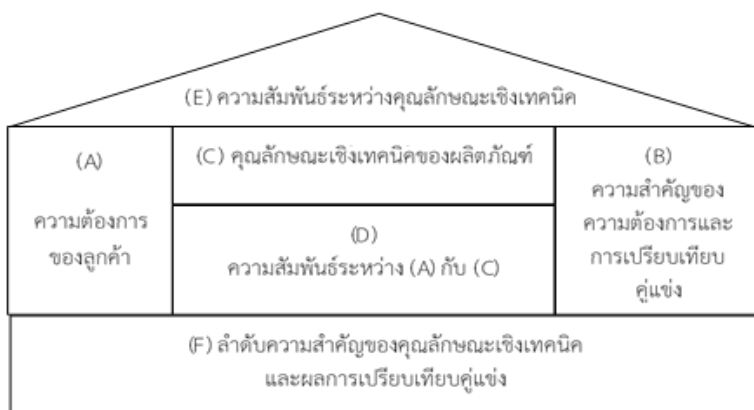


เชิงเทคนิคของผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการลูกค้าแต่ละข้อ ในส่วน D เป็นการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างส่วน A และ C ด้วยสเกล 0,1,3,9 ในส่วน E เป็นการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะเชิงเทคนิค ว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกหรือเชิงลบต่อกัน ในส่วน F เป็นการคำนวณค่าคะแนนความสำคัญของคุณลักษณะเชิงเทคนิคหรือเรียกว่าค่าอิทธิพล โดยคุณลักษณะเชิงเทคนิคที่มีค่าอิทธิพลสูง หมายถึงมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของลูกค้ามาก ซึ่งในการออกแบบผลิตภัณฑ์ควรให้ความสำคัญต่อคุณลักษณะเชิงเทคนิคเหล่านี้ [10]

QFD นับเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์และได้นำไปประยุกต์อย่างแพร่หลายในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์และสิ่งประดิษฐ์เชิงวิศวกรรม ดังที่ปรากฏในงานวิจัยหลายฉบับ เช่น การประยุกต์ QFD แบบ 2 เมตริกซ์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ชุดโต๊ะเก้าอี้เรียน [11] การบูรณาการ QFD และการยศาสตร์ในการออกแบบเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ [12] การพัฒนาเครื่องย่อยเศษกิ่งไม้ใบไม้โดยประยุกต์กระบวนการ

ออกแบบผลิตภัณฑ์ร่วมกับ QFD [13] สำหรับการประยุกต์ QFD ในการออกแบบเครื่องมือสอบเทียบนั้น วิศรุต [14] ได้ประยุกต์ QFD เป็นเครื่องมือหลักในงานวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดสำหรับการสอบเทียบไขควงวัดแรงบิดตามมาตรฐาน ISO 6789: 2003 (E)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นประยุกต์ทฤษฎีกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสอบเทียบระดับน้ำ ตั้งแต่เฟสที่ 1 การพัฒนาแนวคิดจนถึงเฟสที่ 4 การทดสอบและการปรับปรุง เพื่อสร้างความมั่นใจว่ามีการดำเนินการที่เป็นระบบ ครบถ้วนและตรวจสอบได้ และประยุกต์หลักการ QFD เป็นแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการและการกำหนดคุณลักษณะเชิงเทคนิคฯ สร้างความมั่นใจว่าเครื่องมือสอบเทียบฯ ที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องเดิม ตอบสนองต่อความต้องการและนำมาใช้ในการสอบเทียบระดับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 6 บ้านคุณภาพ [9]



3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 6 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 รวบรวมข้อมูลความต้องการเกี่ยวกับเครื่องมือสอบเทียบฯ

ขั้นตอนแรกของงานวิจัยเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการและปัญหาของเครื่องมือสอบเทียบฯ ที่ CIB-BUU ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน โดยข้อมูลความต้องการที่รวบรวมได้จะถูกนำมาจัดกลุ่มเป็นความต้องการหลักด้วย Affinity Diagram ทำให้ได้เป็นความต้องการหลักของเครื่องมือสอบเทียบฯ จำนวน 13 ข้อ

ความต้องการทั้ง 13 ข้อนี้ได้นำมาสร้างเป็นข้อคำถามในแบบสอบถามปลายปิดเพื่อสำรวจระดับความสำคัญและระดับความพึงพอใจ ด้วยระดับคะแนน 1-5 ตาม Likert สเกล โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรผู้ปฏิบัติงานและมีประสบการณ์ในการสอบเทียบระดับน้ำจำนวน 30 คน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างในการสำรวจระดับความสำคัญของความต้องการ

หน่วยงาน	จำนวน (คน)
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ	5
ห้องปฏิบัติการสอบเทียบได้การรับรอง 17025	10
ห้องปฏิบัติการสอบเทียบไม่ได้การรับรอง 17025	10
บริษัทขายเครื่องมือวัด	5
รวม	30

โดยการสำรวจนี้ได้ใช้รูปแบบเป็นแบบสอบถาม Online ด้วย Google Form พร้อมทั้งมีการสัมภาษณ์เพิ่มเติมประกอบด้วย ผลการสำรวจจะระดับความสำคัญของความต้องการเรียงลำดับคะแนนจากมากไปน้อยดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการสำรวจความต้องการของเครื่องมือมาตรฐานฯ

ลำดับ	ความต้องการ	ความสำคัญ
1	สอบเทียบระดับน้ำได้ทั้ง 2 ผัง ตามมาตรฐาน JIS B 7510: 1993	4.95
2	สามารถปรับความละเอียดเล็กสุด 1 ช่องสเกล 0.02 mm/m ได้	4.80
3	ใช้เวลาในการสอบเทียบระดับน้ำไม่นาน	4.76
4	เครื่องมือมาตรฐานฯ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก	4.75
5	ค่าใช้จ่ายในการนำเครื่องมือมาตรฐานฯ ไปสอบเทียบไม่สูง	4.60
6	เครื่องมือมาตรฐานฯ มีราคาถูก	4.51
7	มีค่าความไม่แน่นอนในการวัดต่ำ	4.40
8	แยกเฉพาะเครื่องมือวัดความสูงไปสอบเทียบ ไม่ต้องส่งทั้งเครื่อง	4.25
9	สามารถแสดงหน่วยวัด mm/m ขณะสอบเทียบได้	4.22
10	ทำจากวัสดุที่แข็งแรง ทนทาน บำรุงรักษาง่าย	4.20
11	ปรับพื้นเอียงง่าย ไม่เกิดความเมื่อยล้าขณะสอบเทียบ	4.15
12	มีไฟส่องสว่างช่วยในการอ่านขีดสเกล	3.90
13	ลดข้อผิดพลาดในการถ่ายโอนข้อมูลเพื่อนำไปออกใบ Certificate	3.85



จากตารางที่ 2 ความต้องการที่ได้คะแนนความสำคัญสูงสุด 3 อันดับแรกที่เครื่องมือมาตรฐานจะต้องทำให้ได้คือ (1) ต้องสามารถสอบเทียบระดับน้ำได้ทั้ง 2 ฝั่งตามมาตรฐาน JIS B 7510: 1993 คือลูกน้ำจะต้องลอยได้ทั้งทางด้านขวามือและทางด้านซ้ายมือโดยการวางระดับน้ำไว้ในตำแหน่งเดิม ไม่ต้องหมุนระดับน้ำ 180° แล้วมาเสียเวลาในการเซตระดับน้ำใหม่ (2) สามารถปรับความละเอียดเล็กสุด 1 ช่องสเกล 0.02 mm/m ได้ เพื่อให้มีขีดความสามารถในการสอบเทียบระดับน้ำให้ครอบคลุมระดับน้ำที่มีความละเอียดสูงได้ (3) ใช้เวลาในการสอบเทียบระดับน้ำไม่นาน ควรจะใช้ตัวปรับความสูงที่สามารถปรับละเอียดได้ง่ายจะช่วยลดเวลา และลดต้นทุนการดำเนินงานสอบเทียบของห้องปฏิบัติการลงได้

3.2 ประยุกต์ QFD เพื่อกำหนดคุณลักษณะเชิงเทคนิคของเครื่องมือสอบเทียบฯ

ขั้นตอนนี้เป็น การประยุกต์เทคนิค QFD เพื่อกำหนดและจัดลำดับความสำคัญของคุณลักษณะเชิงเทคนิค เพื่อจะนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องมือมาตรฐานการสอบเทียบระดับน้ำต่อไป การประยุกต์ QFD จะแสดงในรูปของบ้านคุณภาพ (House of Quality) ดังรูปที่ 7 ในส่วน A ของบ้านคุณภาพแสดงความต้องการ 13 ข้อ ส่วน B ประกอบด้วย B1 และ B2 เป็นคะแนนความสำคัญและความพึงพอใจซึ่งได้มาจากการสำรวจความต้องการ B3 เป็นคะแนนจุดมุ่งหมายกำหนดโดย CIB-BUU ซึ่งจะมีค่าน้อยเท่ากับความพึงพอใจหรือสูงกว่าเพื่อเป็นแรงบันดาลใจที่จะให้บรรลุค่าเป้าหมายนี้ B4 เป็นอัตราส่วนการปรับปรุง ซึ่งเกิดจากการคำนวณสัดส่วนของ B3:B2 สำหรับ B5 เป็นค่า

จุดขายซึ่งกำหนดโดย BIE-BUU B6 เป็นการคำนวณคะแนนดิบ มีการคำนวณแสดงดังสมการที่ (1)

$$B6 = B1 \times B4 \times B5 \quad (1)$$

ส่วน C ของบ้านคุณภาพแสดงถึงคุณลักษณะเชิงเทคนิคของเครื่องมือสอบเทียบฯ และค่าเป้าหมาย โดยที่ค่าเป้าหมายนี้กำหนดขึ้นจากการเทียบเคียง (Benchmarking) ข้อมูลการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการสอบเทียบอื่น แล้วพิจารณากำหนดเป็นค่าเป้าหมายที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบเครื่องมือสอบเทียบฯ ที่จะพัฒนาขึ้นใช้งานที่ CIB-BUU ผลของบ้านคุณภาพได้คุณลักษณะเชิงเทคนิคของเครื่องมือสอบเทียบฯ จำนวน 10 ข้อ เรียงลำดับตามคะแนนค่าน้ำหนักได้ดังตารางที่ 3 โดยคุณลักษณะเชิงเทคนิคที่มีคะแนนค่าน้ำหนักสูงสุด ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการสอบเทียบไม่เกิน 60 นาที ลำดับที่ 2 ได้แก่ สอบเทียบได้ตามมาตรฐาน JIS B 7510 : 1993 และลำดับที่ 3 ได้แก่ น้ำหนักของเครื่องมือสอบเทียบฯ ไม่เกิน 5 กิโลกรัม

ตารางที่ 3 ลำดับความสำคัญและค่าเป้าหมายของคุณลักษณะเชิงเทคนิคเครื่องมือสอบเทียบฯ

ลำดับ	คุณลักษณะเชิงเทคนิค	ค่าเป้าหมาย
1	เวลาที่ใช้ในการสอบเทียบ	ไม่เกิน 60 นาที
2	สอบเทียบได้ตามมาตรฐาน JIS B 7510 : 1993	ทำได้ (Yes)
3	น้ำหนักของเครื่องมือมาตรฐาน	ไม่เกิน 5 kg
4	กำไรต่อการสอบเทียบระดับน้ำ 1 เครื่อง	มากกว่า 500 บาท
5	ราคาเครื่องมือมาตรฐาน	ไม่เกิน 50,000 บาท
6	ใช้วัสดุที่แข็งแรงไม่เกิดสนิม	ทำได้ (Yes)
7	แยกเฉพาะตัวสร้างความสูงไปสอบเทียบได้	ทำได้ (Yes)
8	ปรับพื้นเอียงเล็กสุด 1 ช่องสเกล	ทำได้ (Yes)
9	ค่าความไม่แน่นอนในการวัด	น้อยกว่า 0.0030 mm/m
10	แสดงหน่วยวัด mm/m	ทำได้ (Yes)

ทิศทางการพัฒนา				C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10										
คำเป้าหมาย				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓										
				↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓											



3.3 การออกแบบและคัดเลือกแนวคิดของเครื่องมือสอบเทียบ

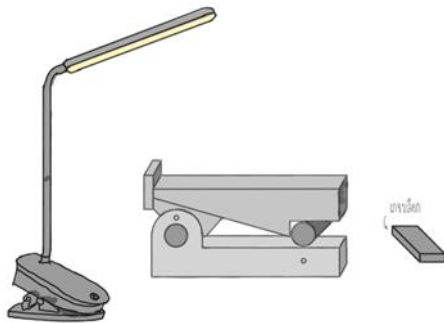
ขั้นตอนนี้เป็นการออกแบบแนวคิดทางเลือก (Concept Design) ของเครื่องมือสอบเทียบฯ โดยเริ่มจากการพิจารณาคุณลักษณะเชิงเทคนิคและค่าเป้าหมาย 10 ข้อ ที่ได้จากบ้านคุณภาพ จัดให้เป็นองค์ประกอบหลักทางกายภาพของเครื่องมือสอบเทียบฯ และกำหนดวิธีการที่จะนำมาใช้สำหรับแต่ละองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างเช่น คุณลักษณะเชิงเทคนิค 3 ข้อ ได้แก่ (1) เวลาที่ใช้ในการสอบเทียบ (2) สอบเทียบได้ตามมาตรฐาน JIS B 7510 : 1993 (3) ปรับพื้นเอียงเล็กน้อยที่สุด 1 ช่องสเกล พิจารณาจัดได้เป็นองค์ประกอบหลัก คือ วิธีการสร้างพื้นเอียง และกำหนดวิธีการ ไว้ 3 ข้อ ได้แก่ (1) ใช้ Gauge Block (2) ใช้ Digital Micrometer Head (3) ใช้ เกลิยว

ละเอียดยุติระดับ เป็นต้น ผลการดำเนินการได้องค์ประกอบหลัก 4 ข้อ ได้แก่ (1) วิธีการสร้างพื้นเอียง (2) ชนิดเครื่องมือที่ส่งไปสอบเทียบ (3) วัสดุที่ใช้ทำตัวเครื่องฯ (4) วิธีการอ่านค่าหน่วยวัด แสดงดังตารางที่ 4

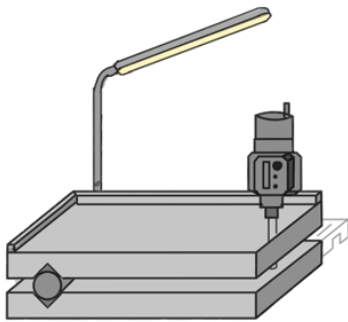
การกำหนดแนวคิดทางเลือกของเครื่องมือสอบเทียบฯ ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค Concept Combination Table โดยการจับคู่ระหว่างวิธีการของแต่ละองค์ประกอบหลักให้เกิดเป็นแนวคิดทางเลือกแต่ละแบบขึ้น โดยจะพิจารณาจากความเป็นไปได้และความเหมาะสมในทางปฏิบัติและให้เกิดแนวคิดที่ต่างกักัน งานวิจัยได้แนวคิดทางเลือกของเครื่องมือสอบเทียบฯ จำนวน 3 แบบ รายละเอียดดังตารางที่ 4 ภาพร่างแนวคิดทั้ง 3 แบบ ดังรูปที่ 8-10

ตารางที่ 4 องค์ประกอบหลักและแนวคิดของเครื่องมือสอบเทียบฯ

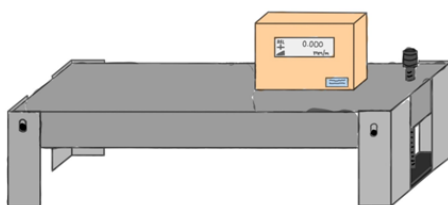
แนวคิดที่	วิธีการสร้างพื้นเอียง	ชนิดเครื่องมือที่ส่งไปสอบเทียบ	วัสดุที่ใช้ทำตัวเครื่องฯ	วิธีการอ่านค่าหน่วยวัด mm/m
1	ใช้ Gauge Block	Gauge Block	ทองเหลือง	มีค่าคงที่ตามขนาดของ Gauge Block
2	ใช้ Digital Micrometer Head	Digital Micrometer Head	สแตนเลส สตีล	อ่านค่าจาก Excel โดยใช้สูตรคำนวณ
3	ใช้เกลิยวละเอียดปรับระดับ	Electronic Inclinator	อลูมิเนียม	อ่านค่าจากเครื่องมือมาตรฐาน



รูปที่ 8 ภาพร่างแนวคิดเครื่องมือ แบบที่ 1



รูปที่ 9 ภาพร่างแนวคิดเครื่องมือ แบบที่ 2



รูปที่ 10 ภาพร่างแนวคิดเครื่องมือ แบบที่ 3

แนวคิดทางเลือกทั้ง 3 แบบจะถูกประเมินคัดเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด โดยใช้วิธีการให้คะแนนแนวคิด (Concept Scoring) ด้วยการกำหนดปัจจัยในการคัดเลือกจากความต้องการเครื่องมือฯ ทั้ง 13 ข้อ แสดงดังตารางที่ 2 และใช้ค่าน้ำหนัก (Weight) จากคะแนนดิบปกติตามผลที่คำนวณได้จากบ้านคุณภาพ ประเมินโดยบุคลากรของ CIB-BUU ใช้ระดับคะแนน 1-5 Likert สเกล

ผลการประเมินคัดเลือกแนวคิดเรียงลำดับตามคะแนนมากไปน้อย ได้แก่ แนวคิดที่ 2 ได้ 437.11 คะแนน, แนวคิดที่ 1 ได้ 429.07 คะแนน, และแนวคิดที่ 3 ได้ 425.04 คะแนน งานวิจัยนี้จึงเลือกแนวคิดที่ 2 เป็นแนวคิดสำหรับเครื่องมือสอบเทียบฯ ซึ่งคุณสมบัติและความสำคัญ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติและความสามารถของเครื่องมือสอบเทียบฯ แนวคิดที่ 2

คุณสมบัติ	ความสามารถ
สอบเทียบได้ตาม JIS B 7510: 1993	ทำได้
วิธีปรับความเอียงของพื้น	ใช้ Digital Micrometer Head
เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้อ่าน	Digital Micrometer Head
ค่าความสูง/ลงไปสอบเทียบ	/ 0.001 mm
วัสดุที่ใช้	สแตนเลส สตีล
วิธีอ่านค่าหน่วย mm/m	บันทึกผลการวัดและใช้ Excel คำนวณ
ขนาด	300 mm x 150 mm
ราคาประเมิน	50,000 บาท
วิธีสอบเทียบระดับน้ำ	อ่านค่าจากระดับน้ำและจดบันทึกค่าความเอียงของพื้นจากเครื่องมือมาตรฐาน



แนวคิดที่ 2 นี้ได้รับคำแนะนำสำหรับการปรับปรุง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอบเทียบ และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอบเทียบได้แนะนำให้ปรับปรุงเครื่องมือมาตรฐานฯ ให้มีลักษณะคล้ายกับ Sine Bar โดยการเซตค่าเริ่มต้น (Reference Line) ที่โต๊ะระดับ Surface Plate จะสามารถทำให้เครื่องมือมาตรฐานมีขนาดเล็กลง และไม่จำเป็นต้องมีฐานรองได้ และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมได้แนะนำให้ใช้วัสดุที่เป็นอลูมิเนียมเกรด 1100 ที่มีคุณสมบัติทางเคมีที่โดดเด่นคือทนต่อการกัดกร่อน และมีความเหนียวดีเยี่ยมสามารถดัดขึ้นรูปได้ง่าย, มีน้ำหนักเบา และยังรับน้ำหนักของระดับน้ำได้ โดยที่ฐานวางไม่เกิดการแอ่นตัว

4. ผลการวิจัย

4.1 การสร้างต้นแบบเครื่องมือมาตรฐานฯ

4.1.1 การออกแบบและสร้าง

ทำการออกแบบเครื่องมือมาตรฐานสำหรับสอบเทียบระดับน้ำ เครื่องใหม่เรียกว่า Precision Bar ประกอบด้วย

1. Precision Bar
2. Digital Micrometer Head
3. สายส่งสัญญาณผลการวัดไปคอมพิวเตอร์
4. ไฟส่องสว่าง

ประกอบรวมกันตามรูปที่ 11 โดยการปฏิบัติงานต้องวางบนโต๊ะหิน (Surface Plate) และใช้โต๊ะหินในการเซตค่าอ้างอิง (Reference Line) ของระดับน้ำก่อนดำเนินการสอบเทียบ

4.1.2 การวัดขนาดและทดสอบการแอ่นตัว

ทำการวัดขนาด Precision Bar ด้วยเครื่อง CMM เพื่อตรวจสอบขนาดตามพิคัดเผื่อที่กำหนด เพราะถ้า Precision Bar มีขนาดเกินค่า Tolerance จะส่งผลกระทบต่อความเอียงของพื้นที่วางระดับน้ำ และจะส่งผลกระทบต่อค่าความถูกต้องของผลการสอบเทียบได้ สามารถแสดงลักษณะการวัด Precision Bar ด้วยเครื่อง CMM ได้ดังรูปที่ 12 แสดงค่าพิคัดเผื่อและผลการวัดของ Precision Bar ที่ได้จากเครื่อง CMM ดังตารางที่ 6



รูปที่ 11 เครื่องมือมาตรฐาน Precision Bar



รูปที่ 12 การวัด Precision Bar ด้วยเครื่อง CMM



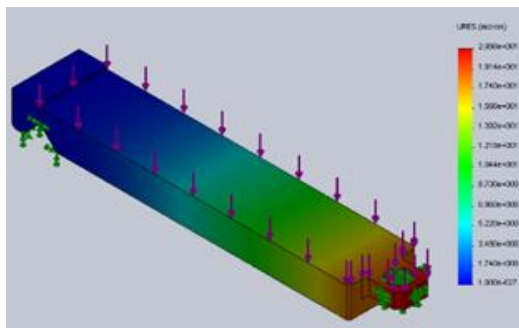
ตารางที่ 6 ผลการวัด Precision Bar

ตำแหน่งที่วัด	พิกัดเนื้อ	ผลการวัด	เกณฑ์
ความเรียบ	02 ± 0.005	0.016	ผ่าน
ของฐาน	mm	mm	
ความยาว	$290 \pm$	284.459	ผ่าน
ของฐาน	10 mm	mm	

ทำการตรวจสอบการแอ่นตัวของ Precision Bar โดยวิธีการจำลอง(Simulation) ด้วยโปรแกรม Solidworks ได้ผลการทดสอบการแอ่นตัวสูงสุด 0.0014 mm เมื่อโหลดน้ำหนักขนาด 5 kg ไว้บน Precision Bar โดยค่าการแอ่นตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ไม่ควรเกิน 0.002 mm แสดงภาพการ Simulation ได้ดังรูปที่ 13 สังเกตได้ว่าจุดที่รับโหลดมากที่สุดคือบริเวณที่จับยึด Digital Micrometer Head จึงจำเป็นต้องใช้น้ำหนักมากถึง 3 ตัวเพื่อช่วยกระจายแรง และ Precision Bar ไม่ควรยาวเกิน 290 mm ถ้าใช้วัสดุที่เป็นอลูมิเนียมเกรด 1100 เพราะถ้ายาวกว่านี้จะทำให้ Precision Bar มีการแอ่นตัวมากกว่า 0.002 mm

4.2 เปรียบเทียบผลการวัดระหว่างห้องปฏิบัติการ

ทำการประกอบ Precision Bar เข้ากับ Digital Micrometer Head วางบนโต๊ะระดับภายในสภาวะแวดล้อมที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ $20 \pm 2^\circ \text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ $55 \pm 15 \% \text{RH}$ ซึ่งเป็นสภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบด้านมิติ เพื่อทำการสอบเทียบระดับน้ำตามวิธีการมาตรฐาน JIS B 7510: 1993 สามารถแสดงภาพการสอบเทียบระดับน้ำด้วย Precision Bar ได้ดังรูปที่ 14



รูปที่ 13 ภาพจำลองการแอ่นตัวของ Precision Bar



รูปที่ 14 ใช้ Precision Bar สอบเทียบระดับน้ำ

ได้ผลการสอบเทียบระดับน้ำ Serial No : PL-150-01 ช่วงการวัด 0-0.08 mm/m ตามใบรายงานผล CIB24-DC-47014 ดังนี้ ผลการสอบเทียบทางขวามือ 0.081 mm/m และทางซ้ายมือ 0.083 mm/m และมีค่าความไม่แน่นอนในการวัด 0.013 mm/m โดย Precision Bar มีค่าความไม่แน่นอน 0.0027 mm/m มาจากการประเมินโอกาสผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นของ Precision Bar และประเมินออกมาเป็นค่าความไม่แน่นอน อ้างอิงวิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนตาม JCGM100: 2008 [15]



เพื่อเป็นการยืนยันถึงความถูกต้องของผลการ
 สอบเทียบ ทางผู้วิจัยจึงได้ใช้ระดับน้ำตัวเดียวกันทำ
 การเปรียบเทียบผลการวัดระหว่างห้องปฏิบัติการ เพื่อ
 หาค่า EN ratio สามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 2

$$EN\ ratio = \frac{X\ lab - X\ ref}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (2)$$

เมื่อ X lab คือ ผลจาก Precision Bar

X ref คือ ผลจากห้องปฏิบัติการมาตรฐาน

U lab คือ ค่าความไม่แน่นอนจาก Precision Bar

U ref คือ ค่าความไม่แน่นอนจากห้องปฏิบัติการ

โดยค่า EN ratio จะต้องมีย่าน้อยกว่า 1 อ้างอิงตาม
 มาตรฐาน ISO/IEC17043 : 2010 [16] จึงจะสามารถ
 ยอมรับผลการสอบเทียบได้ ผลการสอบเทียบจาก
 ห้องปฏิบัติการมาตรฐานตามใบรายงานผล SO-
 09100100/24 ได้ผลการสอบเทียบทางขวามือ 0.076
 mm/m และทางซ้ายมือ 0.082 mm/m และมีค่าความไม่
 แน่นอนในการวัด 0.0051 mm/m พบว่าค่า EN ration
 ที่ได้มีค่าสูงสุดคือ 0.36 ซึ่งน้อยกว่า 1 แสดงว่าผลการ
 สอบเทียบระดับน้ำด้วย Precision Bar ให้ผลการวัดอยู่
 ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ทำการขึ้นทะเบียนเครื่องมือมาตรฐาน Precision
 Bar ในเอกสารระบบคุณภาพ FR-EQM-01 เพื่อใช้เป็น
 เครื่องมือมาตรฐานในการสอบเทียบระดับน้ำภายใน
 ศูนย์สอบเทียบฯ และใช้ขอการรับรองความสามารถ
 ห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC17025 : 2017
 ในขอบข่ายการสอบเทียบระดับน้ำ

4.3 การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือสอบ เทียบฯ ตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025: 2017

การประเมินประสิทธิภาพและความสามารถในการ
 ปฏิบัติงานระหว่างเครื่องมือสอบเทียบฯ เครื่องเก่ากับ

เครื่องใหม่ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ จำนวน 10 ข้อ
 พบว่าเครื่องมือสอบเทียบฯ เครื่องใหม่ได้รับผลการ
 ประเมินที่ดีกว่าในทุกหัวข้อ ได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการประเมินประสิทธิภาพระหว่าง
 เครื่องมือสอบเทียบฯ เก่าและใหม่

ลำดับ	หัวข้อ	เครื่องมือ เครื่อง เก่า	เครื่องมือ พัฒนา ใหม่
1	เวลาที่ใช้ในการ สอบเทียบ	120 นาที	52 นาที
2	สอบเทียบได้ ตาม JIS B 7510	ทำได้	ทำได้
3	น้ำหนักของ เครื่องมือ มาตรฐาน	25 kg	2 kg
4	ปรับพื้นเอียง ละเอียดสุด 0.02 mm/m	ทำไม่ได้	ทำได้
5	กำไรต่อการ สอบเทียบระดับ น้ำ 1 เครื่อง	200 บาท	600 บาท
6	ราคาเครื่องมือ มาตรฐาน	90,000 บาท	40,000 บาท
7	เครื่องมือ มาตรฐานต้อง รับน้ำหนักของ ระดับน้ำได้ ไม่แอ่นตัว	ทำจากเหล็ก ทาสี	ทำจาก อลูมิเนียม
8	ค่าความไม่ แน่นอนของ เครื่องมือ มาตรฐาน	0.0041 mm/m	0.0027 mm/m



ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลำดับ	หัวข้อ	เครื่องมือ เครื่องเก่า	เครื่องมือ พัฒนาใหม่
9	ส่งเครื่องมือ มาตรฐานไป สอบเทียบกับ ห้องปฏิบัติการ ที่ได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025	มหาวิทยาลัย บูรพาสอบ เทียบเอง ไม่ได้	มหาวิทยาลัย บูรพาสอบ เทียบเองได้
10	แสดงหน่วยวัด mm/m ระหว่างการ สอบเทียบ	ทำไม่ได้	ทำได้

4.4 พิจารณาคุณสมบัติของเครื่องมือสอบเทียบฯ ตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025: 2017

เครื่องมือสอบเทียบฯ ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นใหม่สำหรับสอบเทียบระดับน้ำเพื่อใช้ขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 จะต้องมีคุณสมบัติสอดคล้องตามข้อกำหนดดังนี้

ข้อที่ 6.4 เครื่องมือ (Equipment) เครื่องมือมาตรฐานต้องมีความสามารถดีกว่าระดับน้ำอย่างน้อย 3 เท่า พบว่าเครื่องมือมาตรฐาน Precision Bar มีความไม่แน่นอน 0.0027 mm/m ระดับน้ำมีความไม่แน่นอนในการวัด 0.013 mm/m แสดงว่า Precision Bar มีความสามารถดีกว่าระดับน้ำถึง 4.8 เท่า

ข้อที่ 6.5 การสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา (Metrological Traceability) เครื่องมือมาตรฐานต้องสามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานการวัดแห่งชาติหรือ SI Unit ได้ สามารถแสดงหลักฐานการสอบกลับได้จาก

รายงานผลการสอบเทียบของ Digital Micrometer Head ที่สอบเทียบมาจากห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ได้รับการรับรอง ISO/EIC 17025: 2017 ตามใบรายงานผลการสอบเทียบเลขที่ CIB23-DC-43005

ข้อที่ 7.2 การเลือก การทวนสอบ และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (Selection, Verification and Validation of Methods) เครื่องมือมาตรฐาน Precision Bar จะต้องสามารถสอบเทียบระดับน้ำได้ตามวิธีการมาตรฐาน JIS B 7510: 1993 ที่ได้รับรู้ว่าต้องสอบเทียบระดับน้ำในการเคลื่อนที่ทั้งทางขวามือ และทางซ้ายมือในทิศทางไปและกลับตลอดช่วงการวัด

ข้อที่ 7.3 ความมั่นใจในความใช้ได้ของผล (Ensuring the Validity of Results) สามารถแสดงได้จากค่า EN ratio จากการเปรียบเทียบผลการวัดระหว่างห้องปฏิบัติการพบว่าค่า EN ratio มากสุดมีค่า 0.36 ซึ่งน้อยกว่า 1 แสดงว่าเครื่องมือมาตรฐาน Precision Bar สามารถสอบเทียบระดับน้ำได้

4.5 ประเมินต้นทุนเครื่องมือมาตรฐานเครื่องใหม่

โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการสอบเทียบทำให้ Precision Bar สามารถลดเวลาสอบเทียบลงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานเครื่องเก่าถึง 68 นาที คิดเป็น 57% และเครื่องมือมาตรฐานเครื่องใหม่ Precision Bar ยังมีความสามารถในการสอบเทียบระดับน้ำได้ทัดเทียมกับเครื่องมือมาตรฐานที่นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาประมาณ 150,000 บาท โดยเครื่องมือมาตรฐานเครื่องใหม่มีราคา 40,000 บาทถูกกว่าถึง 110,000 บาท คิดเป็น 73%



5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือมาตรฐานสำหรับสอบเทียบระดับน้ำขึ้นใหม่ ทดแทนเครื่องเดิมซึ่งเคยใช้งานอยู่ที่ CIB-BUU การดำเนินการวิจัยได้ประยุกต์กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์และ QFD เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือสอบเทียบฯ ที่พัฒนาขึ้นใหม่สามารถปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เคยเกิดขึ้นในเครื่องเดิมตอบสนองต่อความต้องการการใช้งาน นำมาใช้ในการสอบเทียบระดับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยบทสรุปของงานวิจัยสามารถดำเนินการได้ตรงตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. สามารถออกแบบและพัฒนาเครื่องมือสอบเทียบมาตรฐานรูปแบบใหม่สำหรับใช้สอบเทียบระดับน้ำเรียกว่า Precision Bar ที่มีความสามารถในการสอบเทียบระดับน้ำได้ผลทัดเทียมกับเครื่องมือมาตรฐานที่นำเข้าจากต่างประเทศแต่ใช้เวลาในการสอบเทียบน้อยกว่า และมีราคาที่ถูกกว่า

2. เครื่องมือมาตรฐานที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นใหม่ Precision Bar ยังมีคุณสมบัติของเครื่องมือมาตรฐานสอดคล้องตามข้อกำหนด ISO/IEC17025: 2017 ได้ทั้ง 4 ข้อ จึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐานในการสอบเทียบระดับน้ำ และใช้ขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการสอบเทียบในขอบข่ายการสอบเทียบระดับน้ำต่อไปได้

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเครื่องมือสอบเทียบระดับน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในอนาคต สามารถกระทำได้โดยปรับขนาดความยาวของ Precision Bar ให้มีความยาวเพิ่มขึ้นเป็น 350 mm เพื่อจะได้ใช้สอบเทียบเครื่องมือที่ยาวสุด 300 mm ได้ โดยจะต้องเปลี่ยน

วัสดุจากอะลูมิเนียมเกรด 1100 เป็น สแตนเลส สตีล SUS304 ความหนา 12 mm และใช้หัวตักงาปลา M4 จำนวน 3 ตัวในการจับยึด Digital Micrometer Head กับ Precision Bar เพื่อลดผลกระทบจากการแอ่นตัวของ Precision Bar ให้มีค่าไม่เกิน 0.002 mm

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยบูรพาที่ได้มอบทุนสนับสนุนงานวิจัยสำหรับบุคลากร นำไปพัฒนากกระบวนการปฏิบัติงานประจำสำนักงานวิจัย (Routine to Research : R2R) จากแหล่งเงิน กองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา สัญญาเลขที่ R2R05/2565

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Chareansuk, and S. Sawatarree, Introduction of metrology by National Institute of Metrology (Thailand), 1st Ed., National Institute of Metrology (Thailand), Pathumthani, Thailand, 2005. (in Thai)
- [2] W. Kongsakul, C. Sukmak, and M. Charoenkun, Design and development of smart dial gauge tester, The conference of Industrial Engineering Network (IE Network 2019), Proceeding, 2019, 562-566. (in Thai)
- [3] W. Kongsakul, Design and development of standard instrument for calibration steel ruler with according to reference method JIS B 7516: 2005, The conference of Industrial Engineering Network (IE Network 2024), Proceeding, 2024, 8-13. (in Thai)



- [4] [https://www.cal-laboratory.com/Article/Why_calibrate_instrument- How important /](https://www.cal-laboratory.com/Article/Why_calibrate_instrument-How_important/) (Accessed on 7 January 2025) (in Thai)
- [5] [https://www.cib-buu.com/17454134 /About us_](https://www.cib-buu.com/17454134/About_us_) (Accessed on 16 March 2024)
- [6] TISI 17025 – 2561, Laboratory Accreditation, Thai Industrial Standards Institute (TISI), 2017. (in Thai)
- [7] Japanese Standard Association, JIS Handbook Mechanical Instrumentation JIS B 7510: 1993, 2012.
- [8] K.T. Ulrich, and S.D. Eppinger, Product design and development, 5th Ed., McGraw-Hill, New York, USA 2012.
- [9] M. Sasananan, Product design for creating innovative and reverse engineering, 2nd Ed., Thammasat University Press, Bangkok, Thailand, 2007. (in Thai)
- [10] L. Cohen, Quality function deployment how to make QFD work for you, Addison-Wesley, MA, USA, 1995.
- [11] T. Pirom, S. Rawangwong, A. Thongkamkaew and C. Hutyee, Design and development product the kindergarten classroom furniture with rubber wood using quality function deployment, The journal of Industrial Technology, 2019, 15(3), 77-92. (in Thai)
- [12] S. Jitman, T. Chaibankud, P. Jamsai, B. Ariyajunya, R. Sukhasem and R. Chantrasa, Development of bamboo tube sawing machine by ergonomics and quality function deployment, Engineering Journal Chiang Mai University, 2021, 28(2), 100-115. (in Thai)
- [13] R. Chantrasa, T. Pedyod, C. Phontree and S. Chantasee, Development of garden waste shredder machine using quality function deployment, The Conference of Industrial Engineering Network (IE Network 2023), Proceeding, 2023, 299-306. (in Thai)
- [14] W. Kongsagul, Design and development of fixture for calibration of torque screwdriver in accordance with ISO 6789: 2003(E) using quality function deployment technique, Thai Industrial Engineering Network Journal, 2018, 4(1), 24-33. (in Thai)
- [15] JCGM100: 2008, Guide to the expression of uncertainty in measurement, Joint Committee for Guides in Metrology, 2008.
- [16] ISO/IEC 17043: 2010, General Requirement for Proficiency Testing, International Organization for Standardization, 2010.