

การออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน

The Structure Design of Backpacks for Energy Harvesting

ปริญญ์ เกียรติภัช^{1*}, อาศิส บุญยะประภัส¹, วณชาติ บริสุทธิ์¹,

อโนทัย สุขแสงพนมรุ่ง¹ และ วีระพันธ์ ด้วงทองสุข²

Parinya Kiatpachai^{1*}, Arsit Boonyaprapasorn¹, Wanachart Borisut¹,

Anotai Suksangpanomrung¹ and Weerapun Duangthongsuk²

¹กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก 26001

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ หนองแขม กทม. 10160

ผู้นิพนธ์ประสานงาน : parinya.pongsoi@gmail.com

วันที่รับบทความ: 23 มิถุนายน 2564 / วันที่แก้ไขบทความ: 6 กันยายน 2564 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 8 กันยายน 2564

บทคัดย่อ เป้สนามนี้ถูกออกแบบให้มีโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) มาติดตั้งกับโครงอยู่กับที่ (Fixed Structure) ที่มีอยู่ดั้งเดิม กระเป๋าสัมภาระจะถูกติดตั้งกับโครงเคลื่อนที่ และถูกทำให้เคลื่อนที่ในแนวตั้งหรือทิศทางตามแนวเบริง ซึ่งจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน สปริงจะเป็นอุปกรณ์สำคัญที่สร้างการเคลื่อนไหวของสัมภาระโดยอาศัยคุณสมบัติของสปริง ที่สามารถยืดตัวและหดตัวในทิศทางตามแนวตั้งหรือเบริง โครงเป้สนามรูปแบบนี้จะส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวของสัมภาระเมื่อผู้ใช้งานมีการเคลื่อนที่หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังศึกษาการกระจัด ณ ตำแหน่งจุดอ้างอิงบนโครงเป้สนามโดยใช้เลเซอร์เซนเซอร์ตรวจจับระยะทาง ดังนั้น การศึกษานี้มีความสำคัญต่อการออกแบบโครงสร้างเป้สนามสำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน นำไปสู่ การผลิตกระเป๋าวิศวกรรมที่ตอบสนองความต้องการของสังคมโลกาภิวัตน์ต่อไป

คำสำคัญ : โครง, เคลื่อนที่, เป้สนาม, สปริง, พลังงาน

Abstract This backpack is designed having moving structure and fixed structure (i.e., conventional structure). Bag and load are installed with moving structure, which is motioned in vertical or bearing guideline. It is relation to the movement of users. The spring is used for generating motion of bag load by using Hooke's law and spring properties. It can be stretched and shrunk to change the form and size of spring in vertical. The mechanism of this backpack will lead to generation of motion on bag load when users have activities assigned to walking or running. Furthermore, it also studied the displacement at the reference position measurement by using a laser displacement sensor. Therefore, this study has an important role in new structure designing of backpacks for energy harvesting. It also applicable to other works for innovative backpack leading to globalized society in the future.

Keywords : structure, move, backpack, spring, energy

1. บทนำ

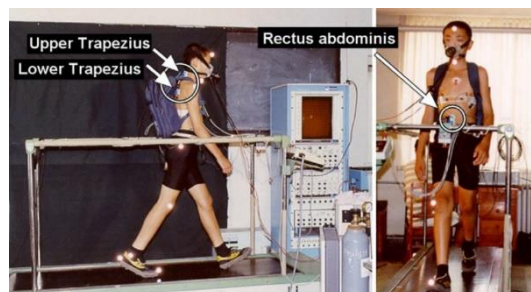
ปัจจุบัน การวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับใช้ในชีวิตประจำวันเป็นเรื่องสำคัญ เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบรรจूसัมภาระและอื่น ๆ ทั้งนี้ ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีสถานที่ท่องเที่ยวมากมาย นักท่องเที่ยวชาวไทยและต่างชาตินิยมเดินทางมาท่องเที่ยวในแบบแบ็กแพ็คเกอร์ (Backpacker) มากขึ้น ทั้งนี้ เป้หรือเป้สนาม (Backpack) จะเป็นอุปกรณ์ประจำตัวเพื่อบรรจूसัมภาระของนักท่องเที่ยวหรือนักเดินทาง รวมถึงทหารที่ใช้เป้สนามสำหรับบรรจุสิ่งของต่าง ๆ ของทหารเพื่อนำติดตัวออกไปปฏิบัติงานนอกหน่วยที่ตั้ง เป้สนามประกอบด้วยองค์ประกอบหลักคือ โครง (Structure) และกระเป๋า (Bag) ซึ่งเป้สนามเป็นอุปกรณ์สำหรับบรรจूसัมภาระหรือสิ่งของต่าง ๆ ทั้งนี้ เป้สนามยังประกอบไปด้วยสายสะพายหลังที่รัดไหล่สองข้างเพื่อยึดสัมภาระและทำหน้าที่รับแรง ทั้งนี้ น้ำหนัก รูปร่าง โครงสร้าง และลักษณะของเป้สนามมีอิทธิพลต่อการเลือกใช้งาน การปรับปรุงและพัฒนาเป้สนามเพื่อประโยชน์อื่น ๆ จะช่วยให้เป้สนามมีความเป็นเอกประสงค์มากขึ้น ดังนั้น การวิจัยและค้นคว้าเพื่อออกแบบและปรับปรุงโครงเป้สนามจึงเป็นเรื่องสำคัญ ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มความเป็นเอกประสงค์มากขึ้น ด้วยเหตุนี้ การประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิศวกรรมจะช่วยพัฒนาเป้สนามให้เกิดนวัตกรรม ที่สามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลกระทบต่อการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย

2. งานวิจัยและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

ผลการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและประยุกต์ใช้เป้แสดงให้เห็นถึงความสนใจและสำคัญ

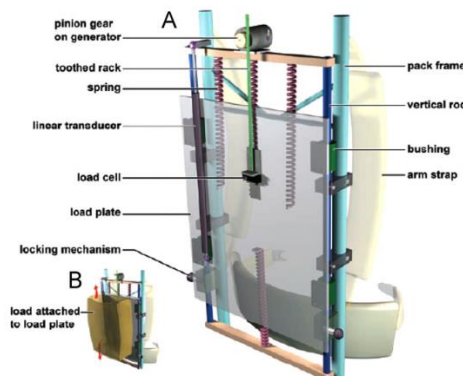
ในประโยชน์ของการออกแบบในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงการประยุกต์ใช้งาน ดังนี้

Hong และคณะ [1] ศึกษาอิทธิพลของภาระหรือน้ำหนักของเป้ที่กระทำต่อกล้ามเนื้อและความเหนื่อยล้าของ ซึ่งทดสอบเชิงทดลองในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที และนำเสนอความเหมาะสมกับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของเป้กับน้ำหนักของผู้ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 1

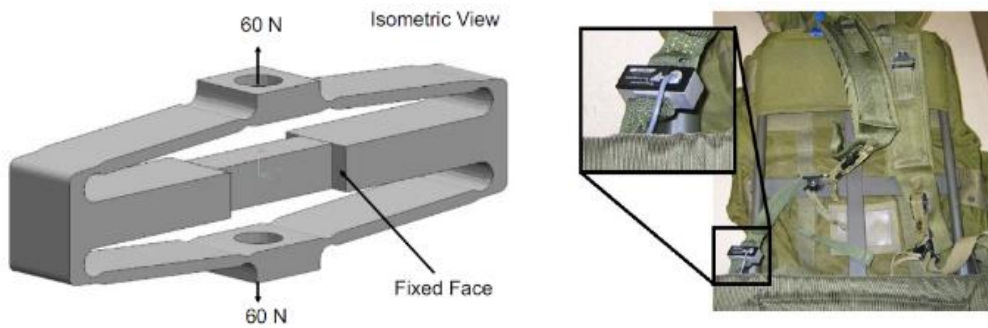


รูปที่ 1 แสดงการทดสอบการรับน้ำหนักของเป้ที่เวลาต่าง ๆ กับผลกระทบต่อน้ำหนักกล้ามเนื้อ (Hong และคณะ [1])

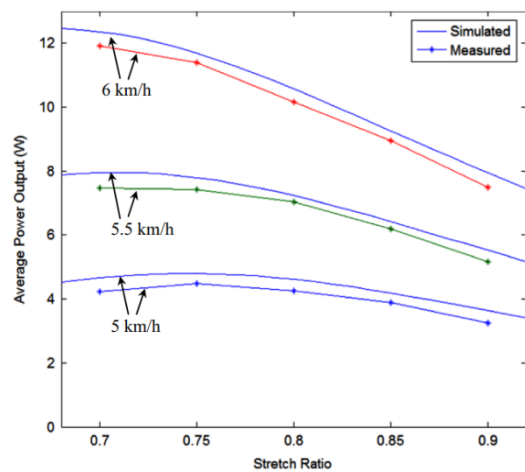
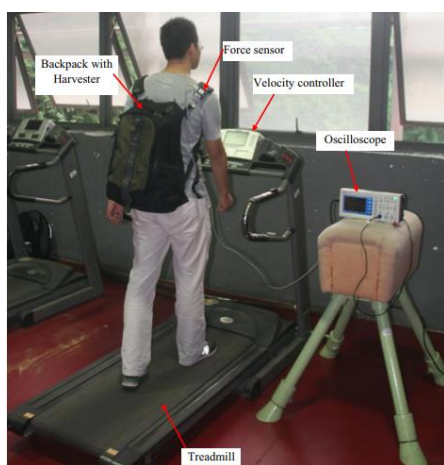
Feenstra และคณะ [2] ได้ทำการศึกษานำเป้มาประยุกต์ใช้กับ piezoelectric เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะนำแรงของโหลดที่กระทำต่อระบบกลับมาเป็นพลังงาน ที่มีกลไกและอุปกรณ์ดังรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



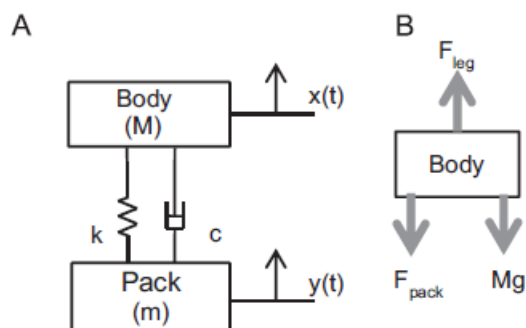
รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างและกลไกที่ประกอบกับเป้ (Feenstra และคณะ [2])



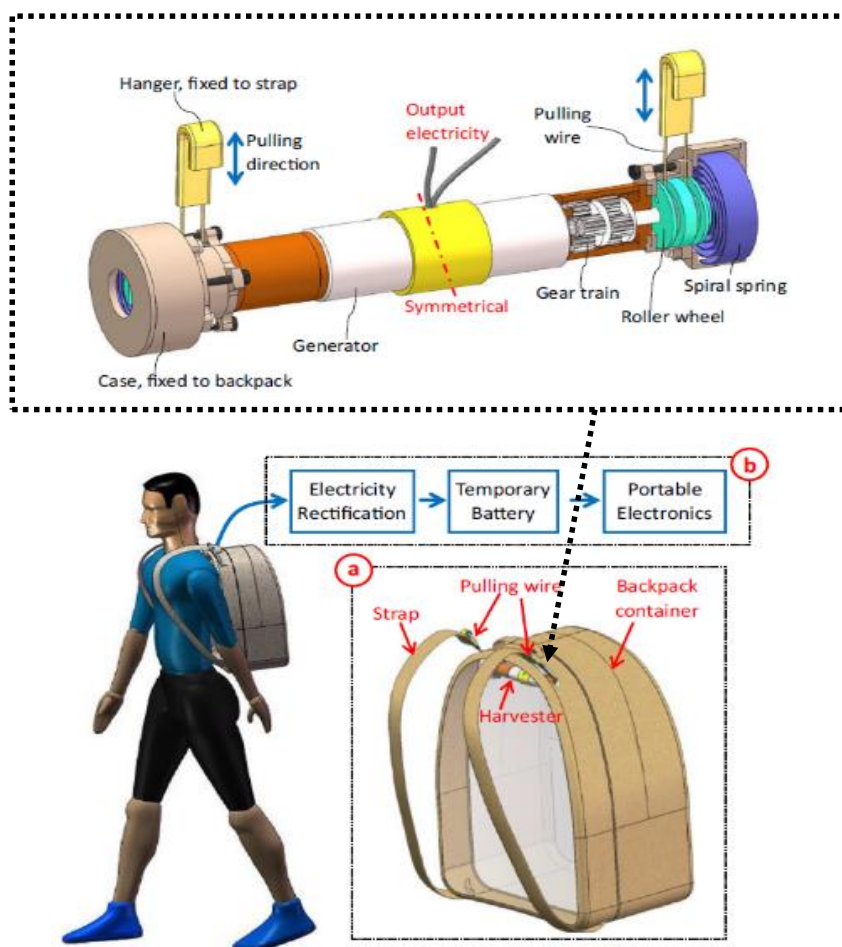
รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของแรงและการประยุกต์ใช้ piezoelectric เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
(Feenstra และคณะ [2])



รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์การทดลองและการเปรียบเทียบระหว่างการทดลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
(Xie และ Cai [3])



รูปที่ 5 แสดงการจำลองกลไกของระบบที่มีการรับภาระจากเป้และความสัมพันธ์ของงาน (work) และเวลา
(Li และคณะ [4])

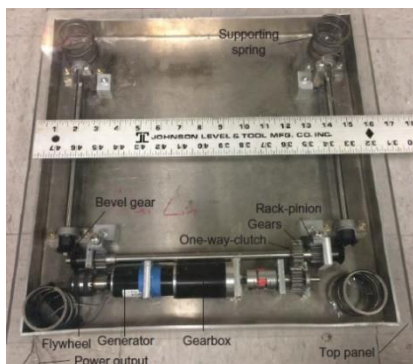


รูปที่ 6 แสดงกลไกการนำแรงที่กระทำต่อผู้การผลิตรกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ที่ตำแหน่งสายซิด
(Xie และคณะ [5])

Xie และ Cai [3] ศึกษากลไก harvesting device เพื่อนำพลังงานกลจากเป้โดยการศึกษาค่าความเร็วและภาระขนาดต่าง ๆ อีกทั้งยังมีการเปรียบเทียบระหว่างการทดลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังรูปที่ 4

Li และคณะ [4] ศึกษารูปแบบกลไกและการสร้างแบบจำลอง governing equation ของการรับแรงจากเป้ และความสัมพันธ์ของการรับภาระงานเมื่อเทียบกับเวลารวมถึงแสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานของระบบและการรับภาระงานที่สภาวะทดสอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 5

Xie และคณะ [5] ศึกษากลไกการเกิดแรงกระทำขณะเคลื่อนที่ ให้กลับมาในรูปของการหมุนหรือโมเมนต์ เพื่อนำมาผลิตรกระแสไฟฟ้า ผลการทดสอบตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าที่ภาระ 5 กิโลกรัม สามารถสร้างพลังงานได้ประมาณ 7 วัตต์ ที่การเดิน 5.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กลไกและลักษณะการทำงาน แสดงดังรูปที่ 6

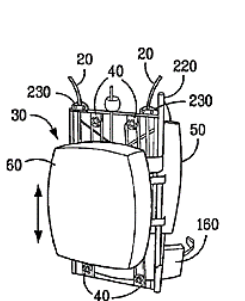
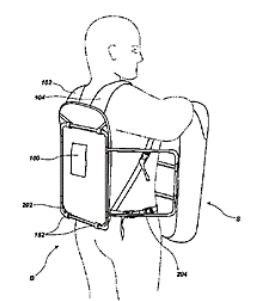
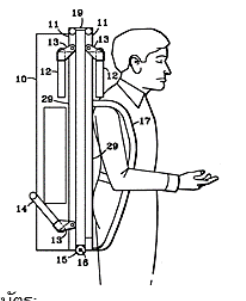


รูปที่ 7 แสดงอุปกรณ์การทดลองสำหรับเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า (Liu และคณะ [6])

Liu และคณะ [6] ศึกษาเชิงทดลองโดยการจำลองระบบที่มีการนำกลไกรูปแบบใหม่ที่ได้พลังงานผ่านกลไกของเฟืองและผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบเดียวกัน ซึ่งสามารถสร้างพลังงานได้สูงถึง 12 วัตต์ จากระบบดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 7

ยิ่งไปกว่านั้น การสำรวจการออกแบบเบ้าจากสิทธิบัตร [7-9] ดังแสดงในรูปที่ 8 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

Rome และ Ruina [7] ได้นำเสนอเบ้า ซึ่งตามการประดิษฐ์นี้เป็นเบ้าที่นำรอกและกลไกการทดรอบของรอกมาช่วยในการรับแรงจากสัมภาระ ซึ่งระบบนี้จะมีความซับซ้อนเมื่อเปรียบเทียบกับเบ้าที่มีการนำสปริงมาประยุกต์ใช้ และมีระบบสายโยงเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อช่วยในการลดแรงกระแทกหรือแรงจากสัมภาระ Vierthaler และคณะ [8] นำเสนอเบ้าแบบประสงค์ ที่มีความพิเศษ คือ โครงสร้างที่เชื่อมต่อกับเบ้าด้านหน้า เพื่อประยุกต์ใช้งานในกรณีต้องรับสัมภาระด้านหน้า แต่การออกแบบนี้จะไม่มีการสปริงหรืออื่น ๆ เข้ามาช่วยรับแรงกระแทกขณะเคลื่อนที่ ยิ่งไปกว่านั้น เบ้าตามการออกแบบของ Daneau [9] มีกลไก ที่เป็นลักษณะบานพับมาประยุกต์ใช้เพื่อรับโหลดสัมภาระและมีกลไกที่ปรับโครงสร้างให้สามารถเก็บสัมภาระได้ อีกทั้ง ยังแปลงเป็นเตียงได้อีกด้วย เบ้าตามการประดิษฐ์นี้จะนิยมใช้กับการเดินทางในป่า และการตั้งแคมป์ เป็นต้น ลักษณะของเบ้านี้จะมีขนาดยาว ซึ่งจะลำบากต่อการใช้งานในพื้นที่แคบ และไม่มีระบบสปริงหรืออื่น ๆ เข้ามาช่วยแบ่งเบาภาระโหลดสัมภาระ หรือลดแรงกระแทกหรือแรงจากสัมภาระ

Rome และ Ruina [7]	Vierthaler และคณะ [8]	Daneau [9]
 สิทธิบัตร: Suspended loadergonomic Backpack หมายเลขการตีพิมพ์: US 7.931,178 B2 ผู้ประดิษฐ์: L. C. Rome, A. L. Ruina	 สิทธิบัตร: Articulated front accessible backpack หมายเลขการตีพิมพ์: US 8,887,976 B2 ผู้ประดิษฐ์: P. R. Vierthaler, C. S. Lewis, C. R. Vierthaler	 สิทธิบัตร: Combined backpack, cot and tent หมายเลขการตีพิมพ์: US5660050 A ผู้ประดิษฐ์: G. Daneau

รูปที่ 8 แสดงสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเบ้าสนาม [7-9]

ผลการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่านักวิจัยและนักประดิษฐ์ให้ความสนใจการศึกษาและพัฒนาเป็นหลายรูปแบบ รวมถึงการนำเสนอรูปแบบและกลไกที่ประกอบเป็นเป็นรูปแบบต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา มีการประยุกต์ใช้พลังงานจากการเคลื่อนที่ของเป้สนาม อุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งภายในเป้เพื่อใช้ประโยชน์จากการเคลื่อนที่ของสัมภาระ แต่อย่างไรก็ตาม ผลการสำรวจเอกสารยังไม่พบการศึกษาและพัฒนาเป็นสนามที่ใช้งานภายใต้สภาวะภาระงานสูง รวมถึงการออกแบบโครงสร้างรูปแบบใหม่ ที่ไม่มีความซับซ้อน และง่ายต่อการผลิตเพื่อรองรับการประยุกต์ใช้กับเป้สนามสำหรับทหารในการนำติดตัวออกไปปฏิบัติงานนอกที่ตั้ง หรือการประยุกต์ใช้กับผู้ที่สนใจอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จะเป็นการนำเสนอการออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการประยุกต์ใช้ในการกักเก็บพลังงาน (Energy Harvesting) ซึ่งข้อมูลของการนำเสนองานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากเพื่อต่อยอดนำไปสู่การประยุกต์ใช้กลไกเพื่อกักเก็บพลังงาน และเพื่อสร้างนวัตกรรมเป้สนามในอนาคต

3. ความมุ่งหมายของการออกแบบเป้สนาม

ความมุ่งหมายของการออกแบบโครงเป้สนามนี้เพื่อเพิ่มประโยชน์ของเป้สนาม ให้มีความเป็นอเนกประสงค์ ที่ส่งผลให้เป้สนามมีกลไกให้กระเป๋าคือเคลื่อนที่ได้ เป้สนามรูปแบบใหม่นี้สามารถประยุกต์ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) เป็นต้น ดังนั้นการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อขนาดกลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) มาประยุกต์เป็นเป้สนาม สำหรับโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) รูปแบบนี้ เมื่อโครงนี้ถูกนำมาประกอบเป็นเป้สนาม กระเป๋าสัมภาระจะถูกทำให้เคลื่อนที่ในแนวตั้งหรือทิศทางตามแนวเบรึง เนื่องด้วยกายภาพของมนุษย์ขณะเดินหรือวิ่ง ก็จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนและส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของกระเป๋าสัมภาระในแนวตั้ง ทั้งนี้ การนำรูปแบบของโครงเคลื่อนที่ซึ่งเป็นโครงรูปแบบใหม่จะช่วยสร้างการเคลื่อนที่ให้แก่

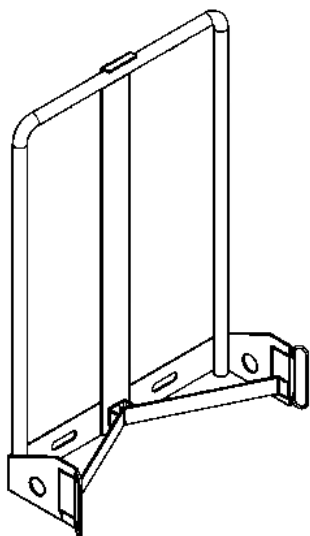
กระเป๋าสัมภาระเพื่อประยุกต์ใช้ในการสร้างประโยชน์ต่าง ๆ ที่รวมถึงการสร้างพลังงานจากการเคลื่อนที่ของสัมภาระได้

ลักษณะของการออกแบบเป้สนามนี้ประกอบด้วย กลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) มาประยุกต์ใช้เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลงของกระเป๋าสัมภาระในแนวตั้ง ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมในการออกแบบของเป้สนาม เป้สนามรูปแบบใหม่นี้ให้ถูกเรียกว่า **“เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy harvesting backpack, EHB)”** ซึ่งจะส่งเสริมให้เป้สนามสร้างการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งได้ และนำปรากฏการณ์นี้ประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อื่น ๆ ได้ ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมในการประดิษฐ์เป้สนามรูปแบบใหม่ เป้สนามนี้จะเป็นการประดิษฐ์เพื่อสร้างการเคลื่อนที่ของสัมภาระ และนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างพลังงานไฟฟ้าได้ ยิ่งไปกว่านั้น เป้สนามนี้มีกลไกของโครงเคลื่อนที่ที่จะทำให้กระเป๋าสัมภาระเคลื่อนที่ได้ ยิ่งไปกว่านั้น เป้สนามนี้เหมาะต่อการประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์เสริม อาทิ การชาร์จพลังงานให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์สื่อสารภายในเป้สนาม เป็นต้น หรือการประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์อื่น ๆ ต่อไป

4. การออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน

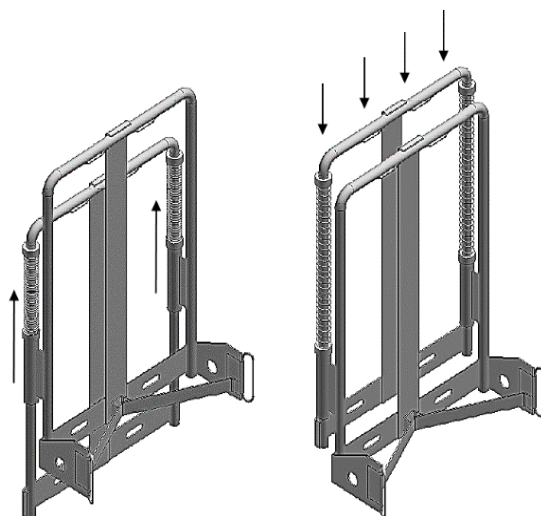
เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานที่มีการเพิ่มกลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) จากโครงเป้สนามแบบดั้งเดิม เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานจะมีประสิทธิภาพเมื่อผู้ใช้อยู่ในสภาวะที่มีการเคลื่อนที่ไหว เช่น การเดิน การวิ่ง และอื่น ๆ กลไกของโครงเคลื่อนที่นี้จะสร้างการเคลื่อนที่ของสัมภาระจากพฤติกรรมเคลื่อนที่ดังกล่าว ดังนั้น การออกแบบเป้สนามนี้จะเป็นนวัตกรรมชิ้นหนึ่งซึ่งจะถูกประยุกต์ใช้เพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) ได้ หรือการประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ยิ่งไปกว่านั้น เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานนี้จะนำ

พลังงานที่สูญเสียไปจากการเดินหรือวิ่ง ที่เป็นกิจกรรมในการใช้พลังงานในดำเนินชีวิตของมนุษย์กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ การออกแบบเป้สนามนี้ จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงอย่างละเอียดดังนี้

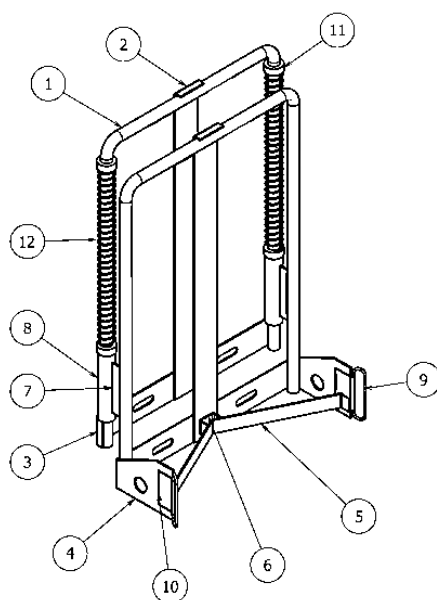


รูปที่ 9 โครงเป้สนามแบบดั้งเดิม

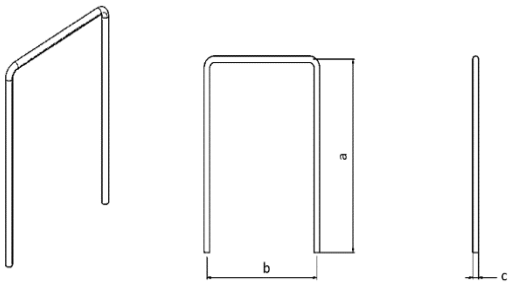
รูปที่ 9 แสดงโครงเป้สนามแบบดั้งเดิม ซึ่งจะมีเพียงโครงอยู่กับที่ (Fixed Structure) โครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานตามการออกแบบนี้ ตามรูปที่ 10 จะมีการเพิ่มกลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) ซึ่งสังเกตได้ว่าโครงเคลื่อนที่ จะสามารถเคลื่อนที่ได้ในทิศทางตามแนวลูกศร โครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานถูกแยกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 11 หมายเลข 1-12 คือ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงาน ทั้งนี้ หมายเลข 1-12 ที่เป็นส่วนประกอบต่าง ๆ อาจจะเป็นวัสดุ เหล็ก ทองแดง ทองเหลือง อลูมิเนียม สแตนเลส พลาสติก หรือวัสดุอื่น ที่สามารถขึ้นรูปได้ตามการประดิษฐ์ ซึ่งแสดงในรูปที่ 12-23 ตามลำดับ



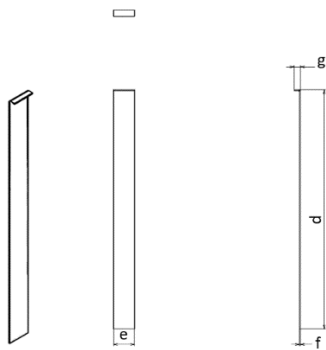
รูปที่ 10 โครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงาน



รูปที่ 11 ส่วนประกอบโครงเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงาน ตั้งแต่หมายเลข (1) ถึง (12)



รูปที่ 12 โครงตัวยู



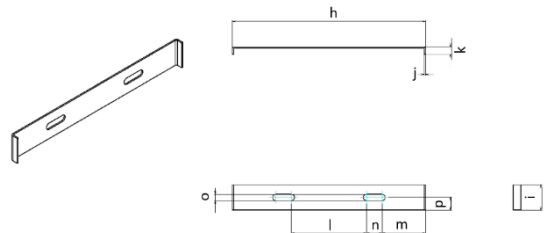
รูปที่ 13 แผ่นยึดโครงแนวตั้ง

รูปที่ 12 แสดงโครงตัวยู (1) ซึ่งทำจากท่อ โครงตัวยู (1) จะมีมิติระยะต่าง ๆ ดังนี้ ระยะความสูงโครงตัวยู (a) ระยะความกว้างโครงตัวยู (b) และเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อด้านนอก (c)

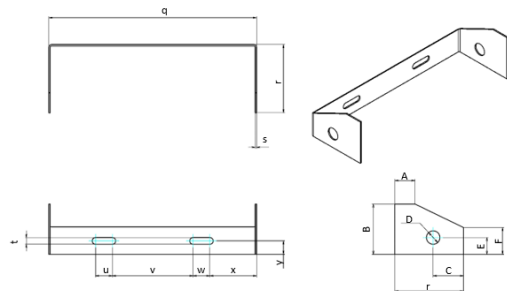
รูปที่ 13 แสดงแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (2) แผ่นยึดโครงแนวตั้ง (2) จะถูกพับมีลักษณะเป็นรูปตัวแอล และจะมีมิติระยะต่าง ๆ ดังนี้ ความสูงแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (d) ความกว้างแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (e) ความหนาแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (f) ระยะพับแผ่นยึดโครงแนวตั้ง (g)

รูปที่ 14 แสดงแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (3) ซึ่งมีลักษณะแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าพับด้านหัวและด้านท้าย มีมิติระยะต่าง ๆ ดังนี้ ความยาวแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (h) ความกว้างแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (i) ความหนาแผ่นยึดโครง

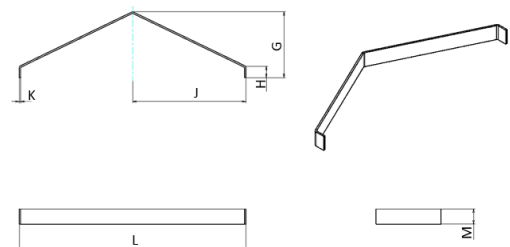
แนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (j) และระยะพับแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่ (k) อีกทั้ง ยังมีรูเจาะรูปวงรี 2 วง เพื่อใช้ในการร้อยเชือกของกระบี่เป่า ซึ่งมีระยะต่าง ๆ ดังนี้ ระยะห่างระหว่างวงรี (l) ระยะห่างระหว่างวงรีกับขอบ (m) ขนาดวงรียาว (n) ขนาดวงรีกว้าง (o) และวงรีห่างจากขอบ (p)



รูปที่ 14 แผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงเคลื่อนที่



รูปที่ 15 แผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่

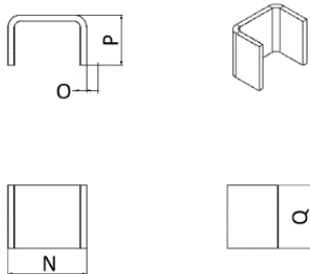


รูปที่ 16 แผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่

รูปที่ 15 แสดงแผ่นยึดโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่ (4) โดยทำหน้าที่ยึดโครงอยู่กับที่กับกระบี่เป่า และ

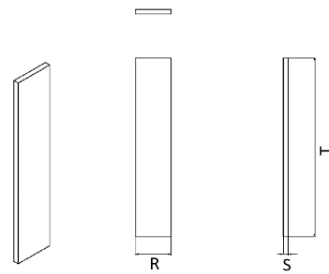
จะมีมิติระยะต่าง ๆ ดังนี้ ความยาวแผ่นโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่ (q) ความกว้างแผ่นโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่ (r) ความหนาแผ่นโครงแนวนอนของโครงอยู่กับที่ (s) อีกทั้ง ยังมีรูเจาะรูปวงรี 2 วง เพื่อใช้ในการร้อยเชือกของกระเป๋าส่ง ซึ่งมีระยะต่าง ๆ ดังนี้ ระยะห่างระหว่างวงรี (v) ระยะห่างระหว่างวงรีกับขอบ (x) ขนาดวงรียาว (u, w) ขนาดวงรีกว้าง (l) และวงรีห่างจากขอบ (y) สำหรับ มิติระยะต่าง ๆ ด้านข้าง เป็นลักษณะของสี่เหลี่ยมคางหมู (A, B, F, r) และรูเจาะวงกลมทั้งสองด้านที่มีระยะเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ระยะจากจุดศูนย์กลางกับขอบด้านล่าง (E) และระยะจากจุดศูนย์กลางกับขอบด้านข้าง (C)

รูปที่ 16 แสดงแผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (5) โดยมีลักษณะเป็นแผ่นพับหักมุมสามเหลี่ยม ที่มีมิติต่าง ๆ ดังนี้ ระยะความสูง (G) ระยะพับขอบ (H) ระยะห่างระหว่างขอบถึงกึ่งกลางจั่วสามเหลี่ยม (J) ความหนาแผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (K) ระยะห่างระหว่างขอบ (L) ความกว้างแผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (M)



รูปที่ 17 แผ่นข้อต่อยึดโครงของโครงอยู่กับที่

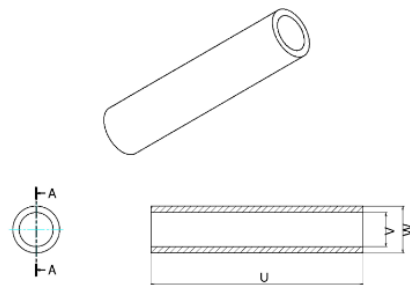
รูปที่ 17 แสดงแผ่นข้อต่อยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (6) มีลักษณะรูปตัวซี มีระยะความกว้าง (N) ความหนาแผ่นข้อต่อยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (O) ระยะฐานตัวซี (P) ระยะความสูง (Q) แผ่นข้อต่อยึดโครงของโครงอยู่กับที่จะทำหน้าที่ยึดติดระหว่างแผ่นยึดโครงแนวนอน



ของโครงอยู่กับที่ (4) กับ แผ่นยึดโครงของโครงอยู่กับที่ (5)

รูปที่ 18 แผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่

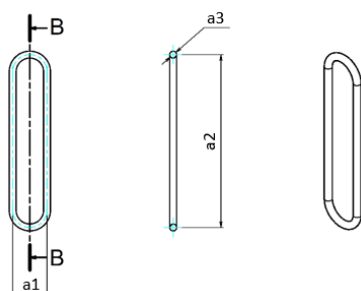
รูปที่ 18 แสดงแผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (7) ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ แผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (7) จะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาด ดังนี้ ความกว้างแผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (R) ความยาวแผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (T) และความหนาแผ่นเชื่อมโครงอยู่กับที่กับโครงเคลื่อนที่ (S)



รูปที่ 19 แบร็ง

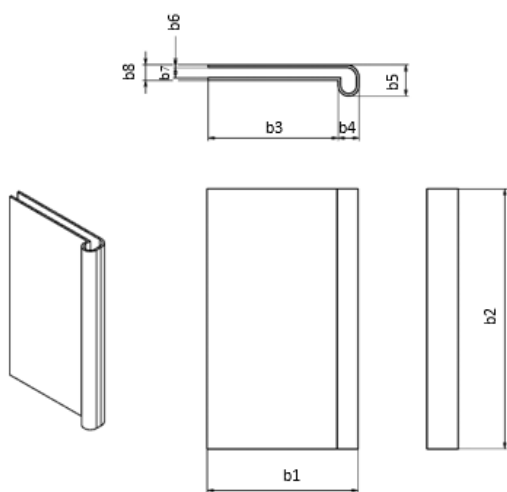
รูปที่ 19 แสดงแบร็ง (8) ซึ่งทำหน้าที่ประคองโครงตัวชู (1) ซึ่งทำจากท่อ เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงหรือแนวโค้ง ลักษณะของแบร็งจะเป็นทรงกระบอก และมีระยะมิติต่าง ๆ ดังนี้ ระยะความยาวแบร็ง (U) เส้นผ่าน

ศูนย์กลางแบริงด้านใน (V) และเส้นผ่านศูนย์กลางแบริงด้านนอก (W)



รูปที่ 20 ขดวงรี

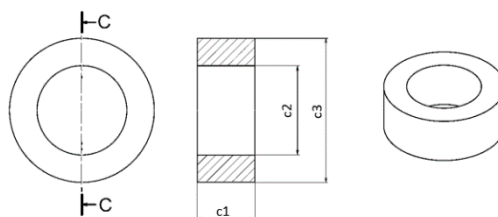
รูปที่ 20 แสดงขดวงรี (9) ซึ่งทำหน้าที่ผูกเพื่อยึดติดกับเชือกหรือเข็มขัดรัดกระเป๋า มีขนาด ดังนี้ ขนาดขดวงรียาว (a2) ขนาดขดวงรีกว้าง (a1) และความหนาขดวงรี (a3)



รูปที่ 21 แผ่นพับ

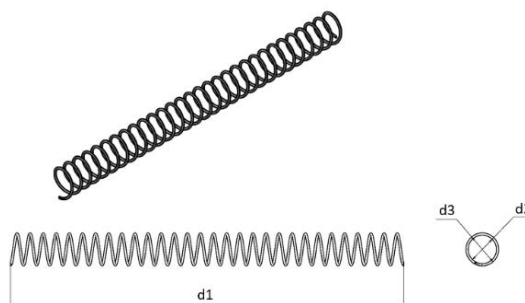
รูปที่ 21 แผ่นพับ (10) ซึ่งทำหน้าที่ยึดเกาะระหว่างขดวงรี (9) กับแผ่นยึดโครงแนวอนของโครงอยู่กับที่ (4) แผ่นพับ (10) จะมีมิติต่างๆ ดังนี้ ความกว้าง (b1) ความสูง (b2) ความยาว (b3) ขนาดช่องวงรีกว้าง (b4) ขนาดช่องวงรียาว (b5) ความหนาแผ่นพับ (b6) ระยะห่าง

ระหว่างแผ่นพับด้านใน (b7) และระยะห่างระหว่างแผ่นพับด้านนอก (b8)



รูปที่ 22 แหวนรองสปริง

รูปที่ 22 แหวนรองสปริง (11) ซึ่งทำหน้าที่เป็นบ่าเพื่อรองรับแรงที่สปริงถูกกระทำขณะรับน้ำหนัก แหวนรองสปริง (11) มีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีขนาด ดังนี้ ความสูงแหวนรองสปริง (c1) ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน (c2) และระยะเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก (c3)

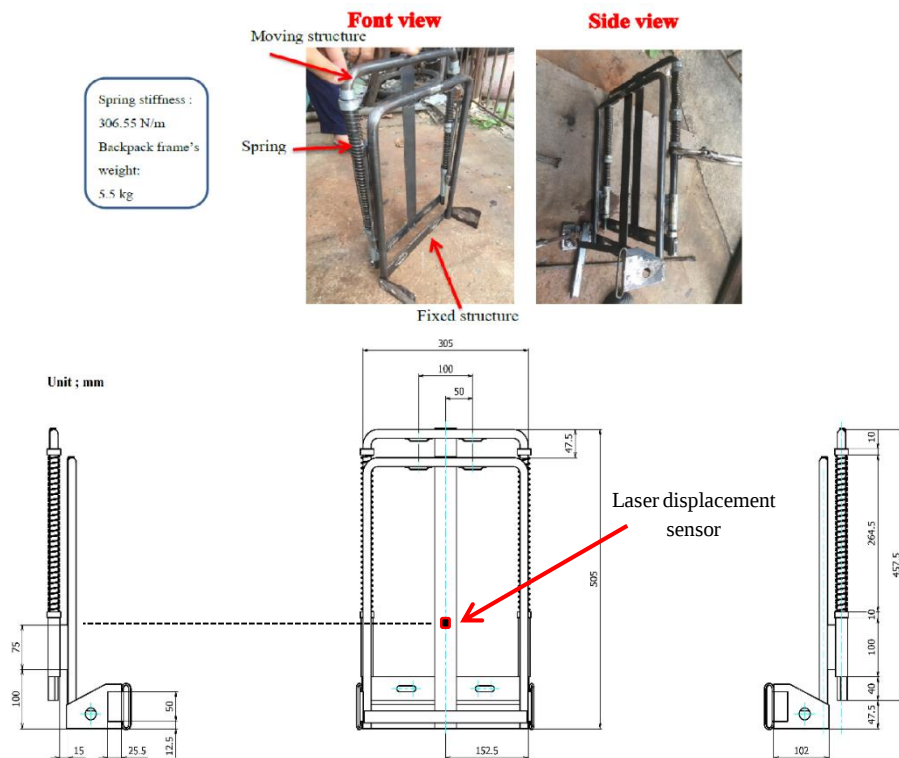


รูปที่ 23 สปริง

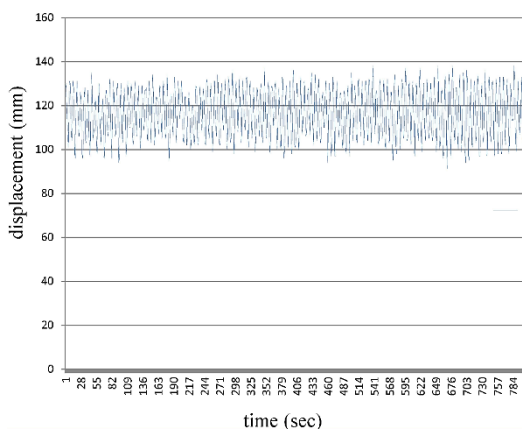
รูปที่ 23 สปริง (12) เป็นขดลวดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดต่าง ๆ ขดเป็นวงรูปทรงกระบอก มีความยาวสปริง (d1) ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางสปริงด้านใน (d2) และระยะเส้นผ่านศูนย์กลางสปริงด้านนอก (d3) สปริงจะเป็นอุปกรณ์สำคัญของเป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานที่คอยรับแรงจากสัมภาระขณะมีการเคลื่อนที่ และส่งผ่านแรงกระทำทำให้สัมภาระเคลื่อนที่ด้วยเช่นกัน ซึ่งการเลือกใช้สปริงจะออกแบบตามกฎของฮุก (Hook's Law) เพื่อวิเคราะห์ค่าความแข็งของสปริง

กล่าวได้ว่าลักษณะของการออกแบบเป้สนามแบบดั้งเดิมจะมีโครงและกระเป๋ายึดติดกัน ซึ่งโครงแบบดั้งเดิม (ดังรูปที่ 1) เป็นแบบโครงอยู่กับที่ (Fixed Structure) ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกระเป๋าสัมภาระได้ ด้วยเหตุนี้ จึงนำมาสู่การประดิษฐ์จริงที่มีขนาดและส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 24 โดยการปรับปรุงกลไกของโครงให้สามารถเคลื่อนที่ได้ที่เรียกว่า โครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) เพื่อประยุกต์กับการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน โดยที่ยังสามารถบรรจุสัมภาระได้ตามปกติ ทั้งนี้ การศึกษาการกระจัด (displacement) โดยการตรวจวัดเซ็นเซอร์ ณ ตำแหน่ง (position measurement) ที่จุดอ้างอิงบนโครงเป้สนามในลักษณะเชิงเส้นในสภาวะการเดินที่ความเร็ว 6 km/h และการวิ่งที่ความเร็ว 8 km/h กับน้ำหนักภาระ 5 kg (ไม่รวมโครงสร้าง) ถูกแสดงดังรูปที่ 25 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าในสภาวะการเดินเป้

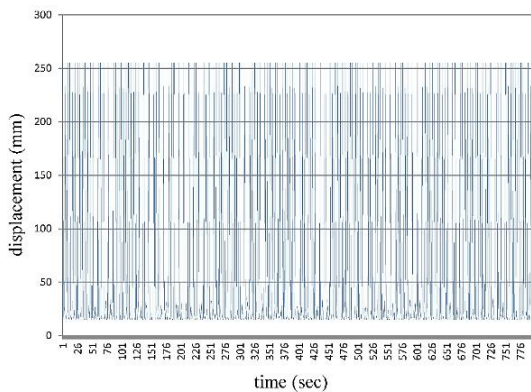
สนามเก็บเกี่ยวพลังงานให้การกระจัดสูงสุดและเฉลี่ยที่ 138 mm และ 116 mm ตามลำดับ สำหรับการทดสอบในสภาวะการวิ่ง เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานส่งผลให้เกิดการกระจัดสูงสุดและเฉลี่ยที่ 255 mm และ 73 mm ตามลำดับ ซึ่งผลจากการทดสอบจะนำไปสู่การออกแบบการประยุกต์ใช้ระยะการกระจัดของโครงเคลื่อนที่เพื่อสร้างพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ เป้สนามที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้จะมีสปริงและแบริงเพื่อประกอบกันเป็นโครงเคลื่อนที่ที่จะเป็นนวัตกรรม ที่ส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงการออกแบบเป้สนามในยุคศตวรรษที่ 21 เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานนี้ยังช่วยในเรื่องของความเป็นอเนกประสงค์ให้มากขึ้น โดยการประยุกต์ใช้ประโยชน์ของการเคลื่อนที่ขึ้นลงของกระเป๋ามีสัมภาระ รวมถึงการประยุกต์ใช้สปริงกับเป้สนามเพื่อช่วยดูดซับและสร้างพลังงานจลน์และพลังงานศักย์เคลื่อนที่



รูปที่ 24 แสดงโครงเป้สนามที่ออกแบบสำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงาน (หน่วยมิลลิเมตร, mm)



(a)



(b)

รูปที่ 25 แสดงการกระจัด (displacement) โดยการตรวจวัดเซ็นเซอร์ ณ ตำแหน่ง (position measurement) ที่จุดอ้างอิงบนโครงเป้สนามในลักษณะเชิงเส้นในสถานะ (a) การเดินที่ความเร็ว 6 km/h และ (b) การวิ่งที่ความเร็ว 8 km/h

5. สรุปและวิเคราะห์การออกแบบโครงเป้สนามเพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน

เป้สนามโดยทั่วไปจะใช้สำหรับแบกสัมภาระและยึดติดกับหลัง อีกทั้ง เป้สนามก่อนหน้าจะมีโครงและกระเป๋ายึดติดกัน ซึ่งเป็นโครงแบบอยู่กับที่ (Fixed Structure) ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกระเป๋าคือ เป้สนาม

จะใช้แบกสัมภาระ ที่มีข้อจำกัดเรื่องรูปทรงและรูปร่างเป้สนาม ซึ่งประกอบด้วย โครง (Structure) และ กระเป๋ (Bag) ทั้งนี้ เป้สนามยังประกอบไปด้วยสายสะพายหลังที่รัดไหล่สองข้างเพื่อยึดสัมภาระและทำหน้าที่รับแรง ทั้งนี้ น้ำหนัก รูปร่าง โครงสร้าง และลักษณะของเป้ทั่วไป จะส่งแรงกระทำต่อไหล่สองข้างของผู้นำไปใช้งาน ที่ไม่มีการกระจายแรงจากน้อยไปหามาก อีกทั้ง โครงแบบอยู่กับที่จะทำให้ไม่สามารถนำพลังงานหรือการเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนไหวของผู้แบกสัมภาระมาประยุกต์ใช้งานได้ เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานที่มีการเพิ่มกลไกของโครงเคลื่อนที่ (Moving Structure) จากโครงเป้สนามแบบดั้งเดิม เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานจะมีประสิทธิภาพเมื่อผู้ใช้อยู่ในสถานะที่มีการเคลื่อนไหว เช่น การเดิน การวิ่ง และอื่น ๆ กลไกของโครงเคลื่อนที่จะสร้างการเคลื่อนที่ของสัมภาระจากพฤติกรรมเคลื่อนที่ดังกล่าว ดังนั้น เป้สนามนี้จะถูกประยุกต์ใช้เพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) หรือการประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ยิ่งไปกว่านั้น เป้สนามเก็บเกี่ยวพลังงานจะนำพลังงานที่สูญเสียไปจากการเดินหรือวิ่ง ที่เป็นกิจกรรมในการใช้พลังงานในดำเนินชีวิตของมนุษย์กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ พันเอก ผศ.ดร.อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง ผู้อำนวยการกองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่ให้การสนับสนุนทั้งสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการทดลอง รวมทั้ง เจ้าหน้าที่กองวิชาทุกคนที่ให้การช่วยเหลือในการทำงานจนทำให้งานวิจัยประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. Hong, J.X. Li and D.T.P. Fong, “ Effect of prolonged walking with backpack loads on trunk muscle activity and fatigue in children,” *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 18, pp. 990-996, 2008.
- [2] J. Feenstra, J. Granstroma and H. Sodano, “Energy harvesting through a backpack employing a mechanically amplified piezoelectric stack,” *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 22, pp. 721-734, 2008.
- [3] L. Xie and M. Cai, “Increased energy harvesting and reduced accelerative load for backpacks via frequency tuning,” *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 58-59, pp. 399-415, 2015.
- [4] D. Li, T. Li, Q. Li, T. Liu and J. Yi, “A simple model for predicting walking energetics with elastically-suspended backpack,” *Journal of Biomechanics*, vol. 49, pp. 4150-4153, 2016.
- [5] L. Xie, X. Li, S. Cai, L. Huang and J. Li, “Increased energy harvesting from backpack to serve as self-sustainable power source via a tube-like harvester,” *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 96, pp. 215-225, 2017.
- [6] M. Liu, R. Lin, S. Zhou, Y. Yu, A. Ishida, M. McGrath, B. Kennedy, M. Hajj and L. Zuo, “Design, simulation and experiment of a novel high efficiency energy harvesting paver,” *Applied Energy*, vol. 212, pp. 966-975, 2018.
- [7] L. C. Rome and A. L. Ruina, “Suspended load ergonomic backpack,” *US patent*, No. US 7.931,178 B2, pp. 1-29, 2011.
- [8] P. R. Vierthaler, C. S. Lewis and C. R. Vierthaler, “Articulated front accessible backpack,” *US patent*, No. US 8,887,976 B2, pp. 1-13, 2018.
- [9] G. Daneau, “Combined backpack, cot and tent,” *US patent*, No. US006062446 A, pp. 1-7, 2000.

Authors' Biography:



Dr. Parinya Kiatpachai is a lecturer of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA). He received his D. Eng. in mechanical engineering from the King Mongkut's University of Technology, Thonburi, Bangkok, Thailand. His current research interests include the heat transfer performance and flow characteristics of fin- and tube heat exchangers.



Asst. Prof. Dr. Arsit Boonyaprapasorn is an assistant professor of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA).



Asst. Prof. Dr. Wanachart Borisut is an assistant professor of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA).



Asst. Prof. Dr. Anotai Suksangpanomrung is an assistant professor and head of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military Academy (CRMA).



Assoc. Prof. Dr. Weerapun Duangthongsuk is an associate professor of mechanical engineering at Department of Mechanical Engineering, Southeast Asia University (SAU). His research interests include heat transfer, fluid mechanics, and nano fluids.