

การออกแบบเครื่องกายภาพบำบัดแบบลู่วิ่งใต้น้ำสำหรับสุนัข

An Underwater Treadmill for dogs

พิทยา ฝาริงค์ และ ชวลิต กิตติชัยการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
*E-mail: fengck@ku.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: (+66)2-797-0999 ต่อ 1827

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการทำกายภาพบำบัดได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตของทั้งคนและสัตว์ โรคไขข้ออักเสบไขข้อเสื่อมรวมถึงโรคอ้วนได้เกิดขึ้นในประชากรมนุษย์โดยมากรวมถึงในสุนัขด้วย การออกแบบเครื่องมือช่วยในการทำกายภาพบำบัดของสุนัขจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน โดยเครื่องมือนั้นจะต้องทำให้น้องสามารถออกกำลังกายและใช้กล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวมากกว่าการทำกายภาพบำบัดในสระว่ายน้ำ ซึ่งจะทำให้สุนัขมีพัฒนาการในการรับการรักษาที่ดีขึ้น บทความนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องกายภาพบำบัดสุนัขแบบลู่วิ่งใต้น้ำ เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว โดยเริ่มต้นเก็บข้อมูลสุนัขเพื่อทำการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีคำนวณทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element) จากนั้นจึงดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ จากผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบทำให้ได้เครื่องที่ทำจากสแตนเลสที่มีขนาด กว้าง 72 เซนติเมตร ยาว 130 เซนติเมตร สูง 105 เซนติเมตร ประกอบด้วยสายพานระบบวิ่ง 2 ทิศทาง ขับเคลื่อนสายพานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1500 W ความเร็ว 1400 รอบต่อนาที ควบคุมความเร็วสายพานโดยใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverter) มีระบบช่วยพยุงตัวสุนัขขณะทำกายภาพบำบัด จากผลการทดสอบพบว่า การทำงานของทุกระบบทำงานได้ดี ไม่มีน้ำรั่วซึมออกมาจากตัวเครื่อง มอเตอร์มีกำลังมากพอที่จะขับสายพานให้มีความเร็วตั้งแต่ 0.5 – 2.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงความเร็วที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัด จากการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์พบว่าสามารถคืนทุนได้ใน 2-3 เดือน

คำหลัก: ออกแบบเครื่องจักร, สุนัข, ลู่วิ่งใต้น้ำ

Abstract

Nowadays, physical therapy has significantly played an important role in human and animal life. Both human and animals especially dogs are now facing problems of Rheumatoid arthritis, Osteoarthritis and Obesity. However, in the past, no one pays attention to dogs compared to human. Therefore the design of tools for physical therapy of dogs becomes more important. It is found that the lack of tools for physical therapy of dogs in Thailand could result in a low quality of treatment. This paper presents a design and development of underwater treadmill to fulfill this need. Firstly, all general data for dog therapy are collected. By using these data, underwater treadmill was designed. Finite element program was used to analyze the strength of its main structure. The underwater treadmill developed in this research is made

AMM-145

of stainless steel with dimension of 0.72m x 1.3m x 1.05m. The treadmill is driven by using a 1500 W motor which can give rotational speed of 1400 rpm. From the test run, it was found that the underwater treadmill is in a good performance. From the economics point of view, it can pay back all the investment within 3 months.

Keywords: Design, Dogs, Underwater treadmill

1. บทนำ

ในปัจจุบันสัตว์ที่ป่วยด้วยโรคข้อกระดูกและข้อเสื่อมรวมไปถึงสัตว์ที่มีความต้องการทำกายภาพบำบัดทั้งก่อนและหลังการผ่าตัด มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ระบบที่ใช้ในการรักษาและฟื้นฟูสัตว์ที่ป่วยเหล่านี้ กลับมีจำนวนที่จำกัดและไม่เพียงพอต่อความต้องการ เครื่องกายภาพบำบัดสุนัขแบบลู่วิ่งใต้น้ำได้ถูกนำมาใช้ในการรักษาและฟื้นฟูสุนัขต่อจากการว่ายน้ำ ซึ่งเป็นระบบที่เน้นการรักษาด้วยการทำกายภาพบำบัดด้วยน้ำ หรือที่เรียกว่าธาราบำบัด เครื่องกายภาพบำบัดแบบลู่วิ่งใต้น้ำนี้จะอาศัยแรงลอยตัวของน้ำมาช่วยลดน้ำหนักของสุนัขที่ตกลงบริเวณข้อต่อต่าง ๆ ทำให้สุนัขไม่รู้สึกเจ็บปวด อีกทั้งยังจะช่วยทำให้สุนัขมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นจากการศึกษาการเดินบนบกและการเดินในน้ำเมื่อใช้พลังงานเท่ากันจะพบว่า ความเร็วของการเดินบนบกจะเท่ากับ 5.5-13.4 กิโลเมตรต่อนาที ซึ่งมากกว่าการเดินในน้ำซึ่งมีความเร็วเท่ากับ 2.6-3.5 กิโลเมตรต่อนาที [Johnson et al.] โดยยังมีการศึกษาไปถึงความอดทนของระบบไหลเวียนเลือด กล้ามเนื้อระบบประสาทในการออกกำลังกายในน้ำที่ระดับที่ต่างกัน ซึ่งการวิ่งในน้ำจะช่วยลดอาการล้าได้ [Cristine et al.] William M. Denning.(2010) พบว่าการออกแรงในน้ำจะต้องการการใช้พลังงานมากกว่าการออกแรงบนบก โดยที่ Flávia et al.(2011) ได้ทำการศึกษารองเท้าใต้น้ำของสุนัขที่เป็นโรคไขข้ออักเสบพบว่าการเดินในน้ำที่ความเร็วเหมาะสมจะสามารถลดอาการบาดเจ็บจากการเดินได้

ในปัจจุบัน เครื่องกายภาพบำบัดสุนัขแบบลู่วิ่งใต้น้ำนั้นยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูงเป็นหลักล้านบาท และยังมีปัญหาในการใช้งานและ

การซ่อมบำรุง ซึ่งถ้าตัวเครื่องกายภาพบำบัดแบบลู่วิ่งใต้น้ำเกิดขัดข้อง ก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อการรักษาสุนัข ที่ต้องการทำการรักษาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้บางตัวนั้น อาจมีอันตรายถึงชีวิต โดยจำนวนเครื่องทำกายภาพบำบัดที่มีในประเทศ ไม่สามารถรองรับสัตว์ที่เจ็บป่วยและต้องการการบำบัด ที่มีอยู่อย่างมหาศาลในปัจจุบันได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การออกแบบและพัฒนาเครื่องกายภาพบำบัดแบบลู่วิ่งใต้น้ำ เพื่อใช้รักษาสุนัขที่ได้รับการผ่าตัดและต้องเข้ารับการฟื้นฟู และเพื่อรองรับความต้องการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน

2. กระบวนการทดลอง

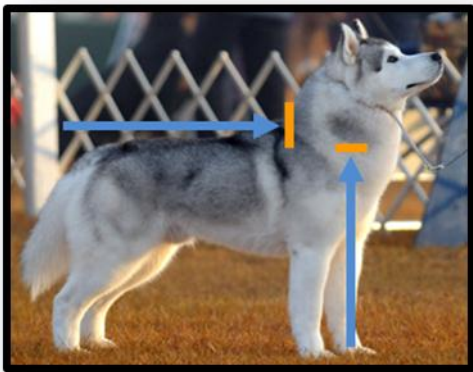
จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่าจากสุนัขที่มาใช้บริการทำกายภาพบำบัด และจากการศึกษาระบบการทำงานที่สัตวแพทย์ต้องการ พบว่า ต้องออกแบบระบบการทำงานของเครื่อง แบ่งเป็น 2 ระบบที่สำคัญคือ ระบบขับเคลื่อนสายพาน และระบบน้ำซึ่งเป็นที่ตั้ง (function) มาตรฐานที่ต่างประเทศ ได้ทำการผลิตจำหน่ายทั่วไป โดยกระบวนการทำงานจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเก็บข้อมูลเบื้องต้นเพื่อหาขนาดของตัวเครื่องที่ต้องการ

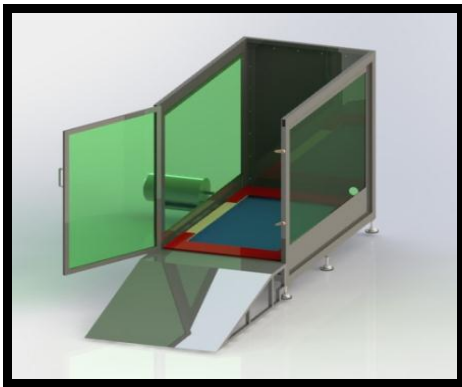
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลขนาดสุนัขที่เข้ามาใช้บริการทำกายภาพบำบัด โดยกลุ่มเป้าหมายจะอยู่ที่สุนัขขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งมาใช้บริการทำกายภาพบำบัดมากที่สุด จากการศึกษาจะพบว่า สุนัขขนาดกลางที่มาใช้บริการส่วนใหญ่จะมีความสูงประมาณ 53.5-60 cm และใหญ่ที่สุดคือพันธุ์ไซบีเรียนฮัสกี้ (Siberian Husky) ซึ่งสัดส่วนความยาวของ

AMM-145

ลำตัวต่อส่วนสูงจะอยู่ที่ 12:11 น้ำหนักเพศผู้ 20.5-28 กิโลกรัม เพศเมีย 15.5-23 กิโลกรัม แสดงดังรูปที่ 1 จากการสำรวจความต้องการของผู้มาใช้งาน และสัตวแพทย์ผู้ให้บริการ พบว่า ขนาดเครื่องที่เหมาะสมที่จะใช้งานจะต้องมีขนาดเป็น 2 เท่าของขนาดตัวสุนัข ซึ่งจะได้ออกแบบที่เหมาะสมคือ ตัวเครื่องมีขนาดความกว้าง 72 เซนติเมตร ยาว 130 เซนติเมตร และสูง 105 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 แสดงการวัดขนาดตัวสุนัข



รูปที่ 2 ตัวอย่างเครื่องที่ทำการออกแบบ

2.2 การออกแบบและคำนวณความแข็งแรงโครงสร้าง

จากข้อมูลที่ได้สามารถนำไปคำนวณหา ขนาดของมอเตอร์ที่จะใช้ขับเคลื่อนสายพาน ความเร็วในการหมุนของสายพาน และขนาดความยาวของช่วงระยะทำความสะอาด เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการ

ออกแบบเครื่องต้นแบบ และวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างด้วยวิธีคำนวณทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element)

2.3 การทดสอบการใช้งานจริง หลังดำเนินการสร้างเครื่องที่ได้ออกแบบ และตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน

ทำการทดสอบเครื่องที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้น โดยทำการจำลองสภาวะการทำงานจริง ซึ่งเริ่มจากการนำสุนัขเข้าไปในเครื่องกายภาพบำบัด หลังจากนั้นทำการเติมน้ำเข้าไปในเครื่อง โดยระดับน้ำจะกำหนดโดยสัตวแพทย์ แล้วเริ่มทำกายภาพบำบัด ซึ่งจะใช้เวลา 30 นาทีโดยประมาณ หลังจากนั้นก็ทำการปล่อยน้ำออกจากตัวเครื่อง

ขั้นตอนการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานจะใช้วิธีการสังเกตการทำงานของมอเตอร์ และสายพานลู่วิ่ง ว่ามีอาการผิดปกติ เช่น กระจุก หรือมอเตอร์ขับสายพานได้ตามความเร็วที่กำหนดหรือไม่ หลังจากนั้นจะทำการบันทึกภาพลักษณะการเดินของสุนัข ให้สัตวแพทย์ทำการประเมิน

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการเก็บข้อมูลเบื้องต้นเพื่อหาขนาดของเครื่องที่ต้องการ

จากการเก็บข้อมูลจากสุนัขที่เข้ามาใช้บริการทำกายภาพบำบัด จะพบว่า สุนัขที่เข้ามาใช้บริการส่วนใหญ่จะเป็นสุนัขขนาดกลาง และขนาดเล็ก จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากสุนัขขนาดกลางที่ใหญ่ที่สุดที่มาใช้บริการ ได้แก่ไทยบางแก้ว บีเกิล ดัลเมเชียน ชิววา ไชบีเรียนฮัสกี้และบาเซนจิ แสดงข้อมูลตามตารางที่ 1

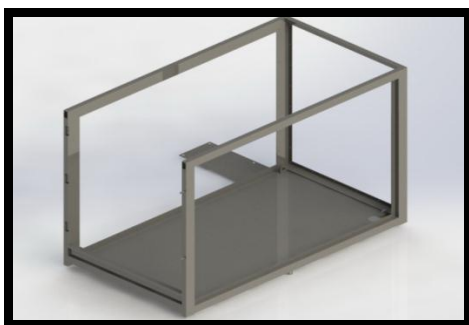
AMM-145

โครงสร้างของวัสดุ โดยมีเงื่อนไขในการคำนวณ แสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการเก็บข้อมูลสุนัขเบื้องต้น

สายพันธุ์	ส่วนสูง (เซนติเมตร)	ความยาว ลำตัว (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
เซา เซา	45-63	42-58	24-27
ดัลเมเชียน	56-61	51-55	15-32
ชีวาว่า	16-20	14-18	2.5-2.7
ไทยบางแก้ว	43-48	39-44	15.9- 20.4
บาเซนจิ	40-43	36-39	9-12
ไซบีเรียน ฮัสกี	52-60	47-55	15.5-28

จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะพบว่าสุนัขขนาดกลางจะมีขนาดโดยประมาณที่ สูง 60 เซนติเมตร และลำตัวยาว 58 เซนติเมตร ซึ่งข้อมูลที่ได้ จะใช้ในการออกแบบขนาดของตัวเครื่อง ซึ่งจะมีความกว้าง 72 เซนติเมตร ยาว 130 เซนติเมตรและสูง 105 เซนติเมตรแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างหลักของตัวเครื่อง

3.2 ผลการออกแบบและคำนวณความแข็งแรงโครงสร้าง

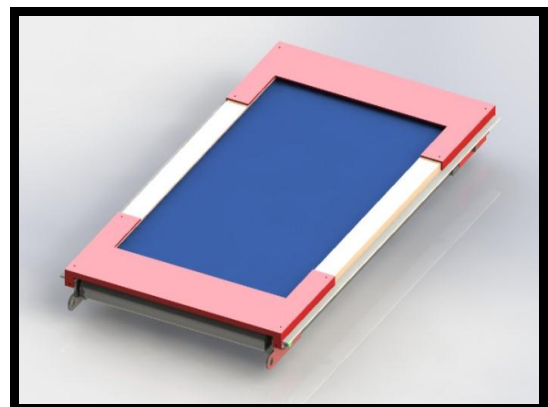
จากข้อมูลเบื้องต้น สามารถนำมาออกแบบเครื่องกายภาพบำบัดสุนัขแบบลู่วิ่งได้น้ำ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนและใช้การคำนวณไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element) เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงทาง

ตารางที่ 2 เงื่อนไขในการคำนวณ

โปรแกรมที่ใช้	Abaqus/CAE 6.10-1
วัสดุประเภท	สแตนเลส 304
มอดูลัสของยัง	1.93 GPa
อัตราส่วนปัวซอง	0.29
ความแข็งแรงที่จุดคราก(YS)	215 MPa

3.2.1 ระบบขับเคลื่อนสายพาน

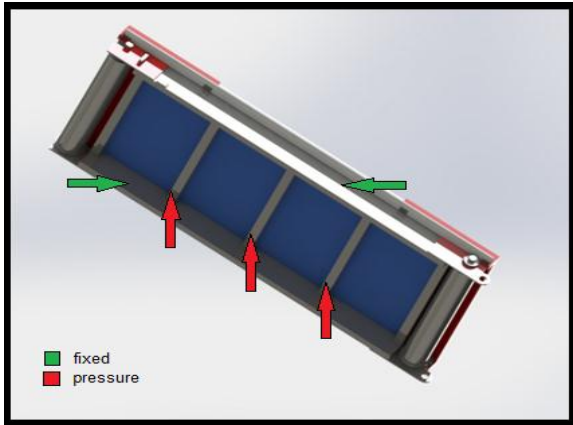
ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์ 2 แรงม้า ความเร็ว 1400 รอบต่อนาที ควบคุมความเร็วโดยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยจะทำการขับเคลื่อนสายพาน (แสดงดังรูปที่ 4) ที่มีความยาวสายพาน 241 เซนติเมตร หน้ากว้าง 53 เซนติเมตร



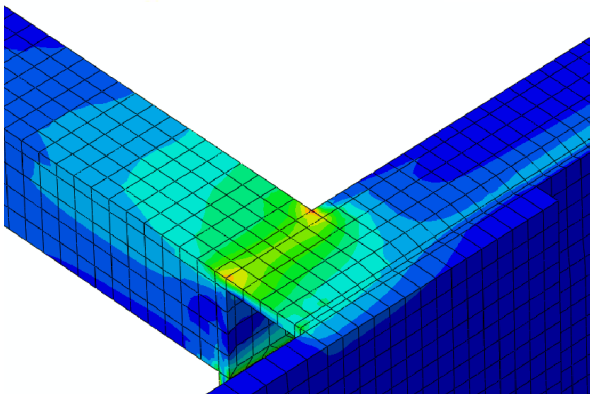
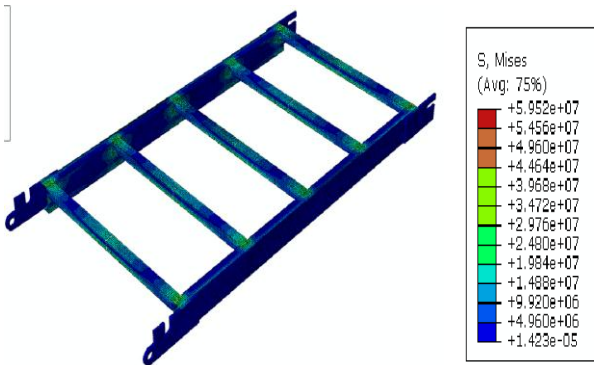
รูปที่ 4 ชุดสายพานลู่วิ่ง

ทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุดสายพานลู่วิ่งพบว่า แรงที่กระทำเกิดจากน้ำหนักของสุนัข ซึ่งมีค่า 50 กิโลกรัม กระทำผิวบริเวณบนของคานรับน้ำหนัก โดยตำแหน่งบริเวณที่เชื่อมคานกำหนดเป็น "Fixed" รูปแบบการวิเคราะห์ความแข็งแรงจะกำหนดให้เป็นแบบ Static, General แสดงดังรูปที่ 5 โดยผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยวิธีคำนวณไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element) แสดงดังรูปที่ 6

AMM-145



รูปที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุดลู่วิ่ง



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุดลู่วิ่ง

จากผลการวิเคราะห์พบว่าบริเวณกลางคาน และจุดเชื่อมของคานต้องรับแรงกระทำมากที่สุด โดยผลการคำนวณ แสดงตามตารางที่ 3

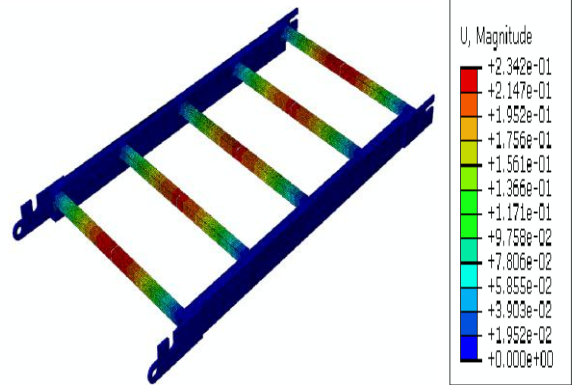
ตารางที่ 3 แสดงผลการคำนวณไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element) ของ ชุดลู่วิ่ง

Minimum Stress(Pa)	1.423×10^{-5} Pa
Maximum Stress(Pa)	5.952×10^7 Pa

Safety factor

4

เมื่อคานรับน้ำหนัก รับแรงที่มีขนาดสูงที่สุดจะทำให้คานเกิดการโก่งตัวดังรูปที่ 7 ซึ่งจุดที่เกิดการผิดรูปมากที่สุดจะอยู่บริเวณกลางคาน ซึ่งมีค่าประมาณ 0.2342 มิลลิเมตร

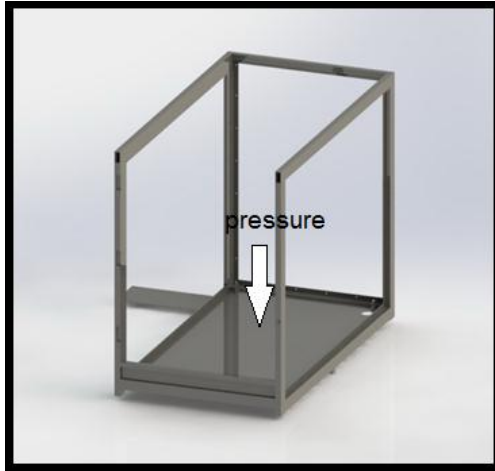


รูปที่ 7 แสดงการวิเคราะห์การผิดรูปของคาน

3.2.2 โครงสร้างหลัก

ทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างหลักพบว่า แรงที่กระทำในชิ้นส่วนนี้ เกิดจากน้ำหนักของน้ำปริมาตร 600 ลิตร แรงจากน้ำหนักของชุดลู่วิ่ง 45 กิโลกรัม และแรงจากน้ำหนักตัวของสุนัข 50 กิโลกรัม โดยกำหนดให้บริเวณพื้นเครื่องเป็นจุดที่รับน้ำหนัก ตำแหน่งบริเวณที่เชื่อมคานกำหนดเป็น "Fixed" รูปแบบการวิเคราะห์ความแข็งแรงจะกำหนดให้เป็นแบบ Static, General โดยผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยวิธีคำนวณไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element) แสดงดังรูปที่ 8

AMM-145

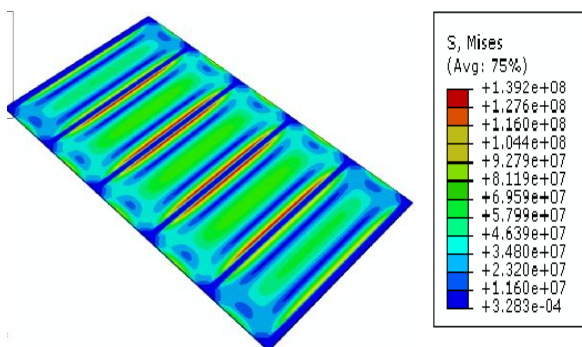


รูปที่ 8 แสดงการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างหลัก

ผลการวิเคราะห์พบว่าบริเวณพื้นเครื่องเป็นส่วนที่รับแรงกระทำมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยผลการคำนวณแสดงตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการคำนวณไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element) ของ โครงสร้างหลัก

Minimum Stress(Pa)	3.283×10^{-4} Pa
Maximum Stress(Pa)	1.392×10^8 Pa
Safety factor	2

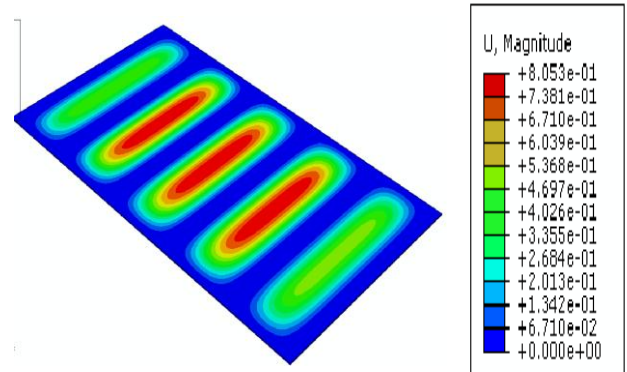


รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างหลัก

สาเหตุที่ค่าความปลอดภัย (safety factor) มีค่าน้อยนั้น เพราะคิดจากแรงดันน้ำที่ความสูงมากที่สุดใ

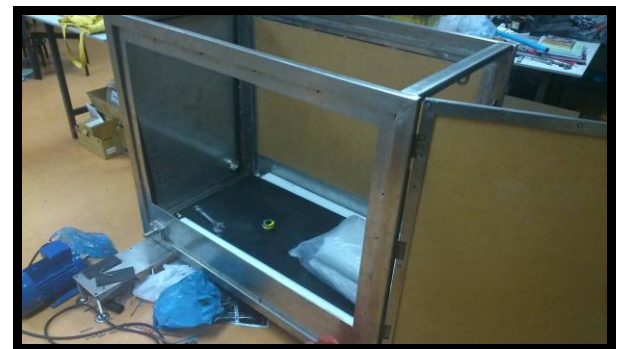
ทุกตำแหน่ง ซึ่งการใช้งานจริงนั้น จะไม่มีการเติมน้ำเต็มความจุเครื่อง แต่จะเติมน้ำประมาณ 1/3 ของความจุทั้งหมด ขึ้นอยู่กับขนาดตัวสุนัข

เมื่อพื้นโครงเครื่อง รับแรงที่มีขนาดสูงที่สุดจะทำให้พื้นเกิดการโก่งตัวตั้งรูปที่ 10 ซึ่งจุดที่เกิดการผิดรูปมากที่สุดจะอยู่บริเวณกลางแผ่น ซึ่งมีค่าประมาณ 0.8053 มิลลิเมตร



รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์การผิดรูปของโครงสร้างหลัก

หลังจากขั้นตอนการออกแบบเสร็จสมบูรณ์ จึงดำเนินการสร้างเครื่องกายภาพบำบัดสุนัขแบบลู่วิ่งใต้น้ำที่มีขนาดขนาดความกว้าง 72 เซนติเมตร ยาว 130 เซนติเมตรและสูง 105 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 11



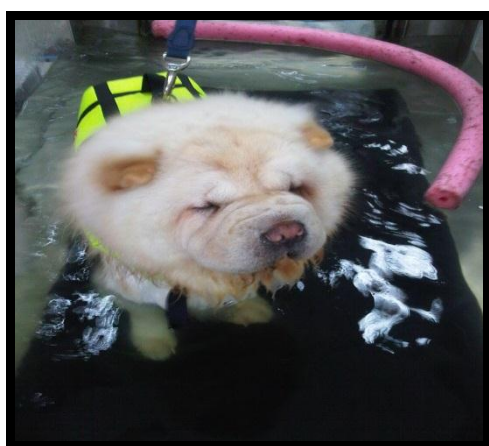
รูปที่ 11 เครื่องกายภาพบำบัดสุนัขแบบลู่วิ่งใต้น้ำต้นแบบ

4. ผลการทดสอบและตรวจสอบประสิทธิภาพ

จากการออกแบบเครื่อง แล้วทำการวิเคราะห์ความแข็งแรง โดยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) พบว่า ตัวเครื่องมีความแข็งแรง

AMM-145

และผลการทดสอบเครื่อง โดยทำการจำลองสภาวะการทำงานจริง โดยเริ่มจาก การนำสุนัขเข้าไปในเครื่องกายภาพบำบัด หลังจากนั้นทำการเติมน้ำเข้าไปในเครื่อง แล้วเริ่มทำกายภาพบำบัด เป็นเวลา 20 นาที ตามระยะเวลาใช้งานจริง พบว่า โครงสร้างเครื่องมีความแข็งแรง สามารถใช้งานได้จริง และผลการประเมินการทำกายภาพบำบัด จากสัตวแพทย์ เทคนิคสัตวแพทย์ และเจ้าของสุนัข มีความพึงพอใจ และสามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ต่างกับเครื่องกายภาพบำบัดที่นำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาแพง



รูปที่ 13 ตัวอย่างสุนัขที่มาใช้บริการ

5. สรุปผลการทดสอบ

จากผลการศึกษาและวิจัยทำให้ออกแบบและพัฒนาสร้างเครื่องกายภาพบำบัดสุนัข แบบสู่วิ่งใต้น้ำ โดยอาศัยแรงลอยตัวจากน้ำในการรักษา และจากผลการคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้างด้วยวิธีคำนวณไฟไนต์เอเลเมนต์ (finite element) พบว่า โครงสร้างของเครื่องมีความแข็งแรง และใช้งานได้จริง อีกทั้ง ยังสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำกายภาพบำบัดให้กับทางโรงพยาบาลได้ ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการนำเข้าเครื่องจักร และการซ่อมบำรุง ซึ่งในเชิงคุณภาพ จะไม่มีความแตกต่างมากนักกับเครื่องกายภาพบำบัดที่นำเข้าจากต่างประเทศ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำหรับทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. - อุตสาหกรรม โครงการการออกแบบและพัฒนาเครื่องกายภาพบำบัดสุนัข แบบสู่วิ่งใต้น้ำ และโรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และข้อมูลในการทำวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Johnson B.L., Stromme SB., Adamczyk JW. And Tennoe KO., "Comparison of oxygen uptake and heart rate during exercises on land and in water", Phys Ther 57.
- [2] Cristine L. A., Stephanie S. P., Marcus P. T., Eduardo L. C., Amanda H. A., Paula Finatto, Ana C. K. and Luiz Fernando M., "Cardiorespiratory, neuromuscular, and kinetic responses to water aerobic exercises performed at different intensities ", 2011.
- [3] William M. Denning., " The Effects of Aquatic Exercise on Physiological and Biomechanical Responses ", Master's Thesis, Utah state University, 2010.
- [4] Flávia Yazigi., Margarida Espanha., Cândida Silva. and Paulo Armada-da-Silva., " Aquatic exercise improves pain and 6MWT in elderly patients with knee arthritis", 2011.