เครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่

A Mobile Tube Pressure Testing Machine

วีระ บุญผุด[1]
Weera Boonphud[1]

Received: April 14, 2020
Revised: June 2, 2020
Accepted: July 9, 2020

บทคัดย่อ

เครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ ได้ถูกวิจัยและพัฒนาขึ้นเพื่อทดแทนเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบประจำที่ เพื่ออำนวยความสะดวกให้บริการให้กับหน่วยต่างๆ ของกองทัพเรือที่อยู่ห่างไกล ในการทดสอบตรวจสอบความแข็งแรงของท่อบรรจุแรงดันสูงประเภทต่างๆ ที่ใช้ในกองทัพเรือมีความปลอดภัยในการการใช้งาน เช่น เครื่องดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์ และท่ออากาศอัดสำหรับการหายใจ ตามมาตรฐาน National Fire Protection Association (NFPA 10) Standard for Portable Fire Extinguishers 2002 Edition ในการวิจัยใช้ระบบ Hydrostatic test ออกแบบ water Jacket สูง 920 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง 335 mm หนา 20 mm ติดล้อที่ฐานล่าง น้ำหนักถังเปล่า 40 kg และ ปั๊มน้ำแรงดันสูงที่ 3,000 psi ผลการทดลองอัตราการขยายตัวถาวรผิดพลาดเพียง 0.1% เมื่อเทียบกับการทดสอบกับท่อมาตรฐาน และผลการทดสอบกับท่อดับเพลิงตัวอย่างขนาด 15 lbs เปรียบเทียบกับผลของเครื่องทดสอบแบบประจำที่ต่างกัน 2% ซึ่งถือว่าเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่มีมาตรฐานและใช้งานได้จริง

คำสำคัญ : เครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ เครื่องดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์ ท่ออากาศอัดสำหรับการหายใจ

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กองวิชาฟิสิกส์และเคมี ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ
Assistant Professor, Department of Physics and Chemistry, Academic Branch, Royal Thai Naval Academy
E-mail: baankhawhom@hotmail.com

Abstract

A mobile tube pressure testing machine has been researched and developed to replace the regular stationary pressure testing machine in order to facilitate services for various units of the Royal Thai Navy that are located in remote areas from testing units. This mobile pipe pressure tester is used for testing the strength of various types of high pressure hose used in the Royal Thai Navy such as the carbon dioxide extinguishers and scuba cylinder. In order to be safe for use according to the National Fire Protection Association (NFPA 10) Standard for Portable Fire Extinguishers 2002 Edition. In this research, using the designed **hydrostatic test** system with the water Jacket 920 mm high, 235 mm diameter, 20 mm thickness, mounted to the wheel at the bottom. There is 40 kg empty tank weight and 3,000 psi high pressure water pump. The research showed that the permanent expansion rate is 0.1% error compared to the standard pipe test and the test result with fire hose size 15 lbs. with 2% difference compared to the results of routine testing machines which assumes that the mobile tube pressure tester is standard and practical.

Keywords: Mobile Tube Pressure Testing Machine, Carbon Dioxide Extinguisher, scuba cylinder

1. ความเป็นมาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันกองทัพเรือ (ทร.) มีท่อบรรจุก๊าซแรงดันสูงจำนวนมาก เช่น ถังดับเพลิงแบบแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และท่ออากาศดำน้ำ และกรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือ (วศ.ทร.) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบทดสอบสภาพการใช้งานของตัวท่อ พบว่า มีท่อบรรจุก๊าซแรงดันสูงจำนวนมากที่รอการตรวจสอบความปลอดภัยตามมาตรฐาน National Fire Protection Association (NFPA 10) Standard for Portable Fire Extinguishers 2002 Edition โดยเฉพาะหน่วยขึ้นตรง ทร. ในเขตพื้นที่ต่างจังหวัด

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อสร้างเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่

2.2 เพื่อขยายขีดความสามารถให้การสนับสนุนทดสอบกำลังดันท่อให้กับหน่วย ทร. ที่อยู่นอกพื้นที่บริการ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่

3.2 เลือกระบบที่เหมาะสมที่สุดตามงบประมาณที่มีจำกัดและดำเนินการออกแบบ

3.3 จัดสร้างเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่

3.4 ดำเนินการทดสอบในพื้นที่ กองทัพเรือภาค 2 (สงขลา)

3.5 สรุปผลการทดสอบ และปิดโครงการ

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ได้เครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่

4.2 ประหยัดงบประมาณกว่าจัดซื้อจากต่างประเทศ 3 - 4 เท่า

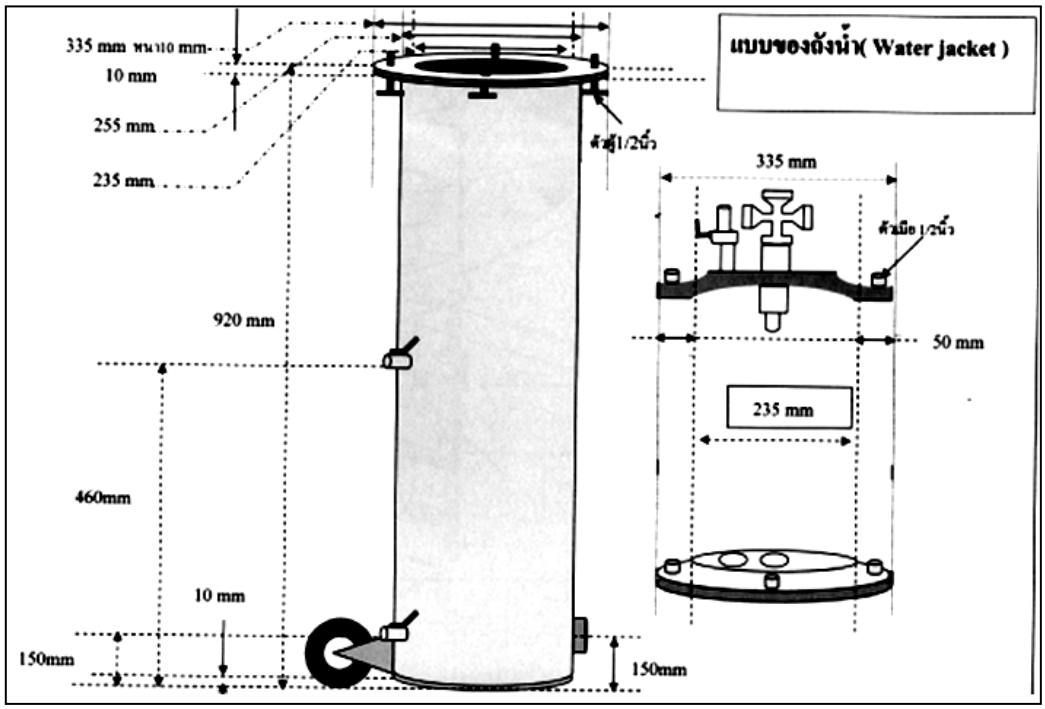
4.3 เป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 10

4.4 หน่วยผู้ใช้ปลอดภัยที่ได้ใช้พัสดุที่ปลอดภัยได้มาตรฐาน

5. การออกแบบเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ (A mobile tube pressure testing design)

5.1 Water jacket (Hydrostatic Test)

ถังทดสอบทำจากโลหะสแตนเลสรูปทรงกระบอกสูง 920 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง 335 mm หนา 20 mm ติดล้อที่ฐาน น้ำหนักรวมหนัก 40 kg มีฝาเปิดปิดได้ สามารถทนแรงดันได้ 3,000 lbs [1] บนฝาติดตั้งเกจวัดความดัน ติดตั้งวาล์วปรับลดความดัน (Vent valve) ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ถังทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ (Water jacket) [1]

5.1.1 วาล์วน้ำขนาด 1/2 นิ้ว สำหรับเติม - ถ่ายน้ำในถังน้ำ(ด้านข้างถังทดสอบ)

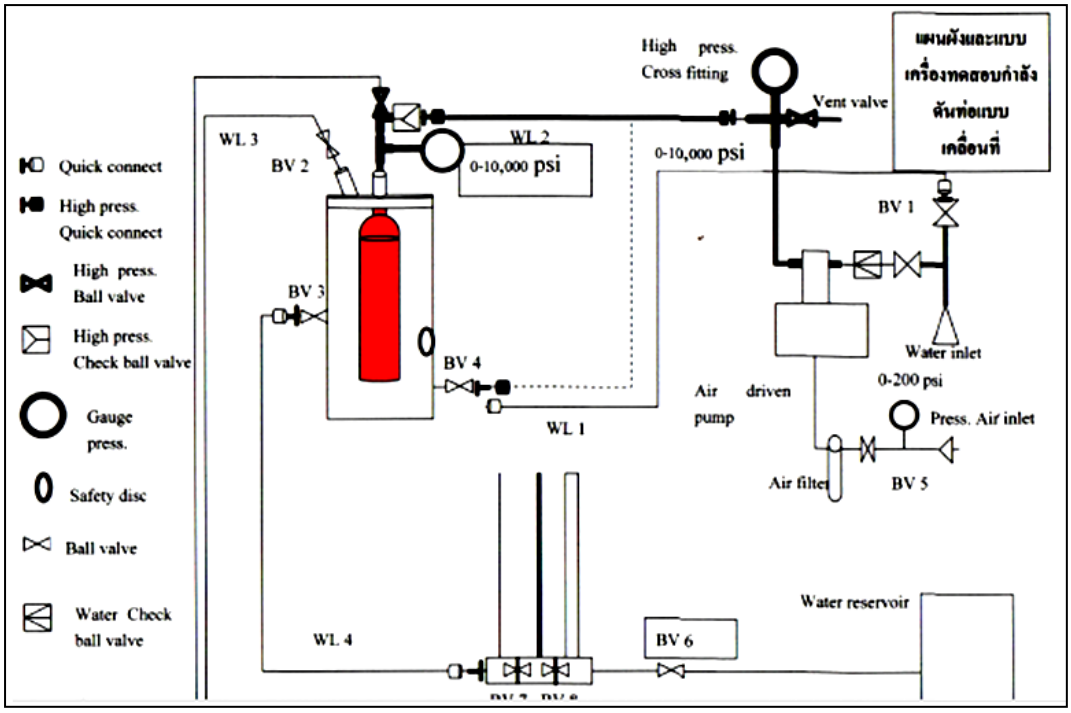
5.1.2 วาล์วน้ำขนาด 1/2 นิ้ว สำหรับต่อไปยังชุดแสดงผลการขยายตัว - หดตัวของท่อทดสอบ

5.1.3 วาล์วน้ำขนาด 1/2 นิ้ว สำหรับไล่อากาศในถังน้ำ

5.1.4 Safety glass window

5.1.5 ฝาถังวาล์วน้ำขนาด 1/2 นิ้ว สำหรับระบายอากาศในถังน้ำ

5.1.6 Crossing fitting ประกอบด้วย ข้อต่อเกจวัดความดัน วาล์วระบายอากาศในท่อและข้อต่อวาล์วกันกลับ



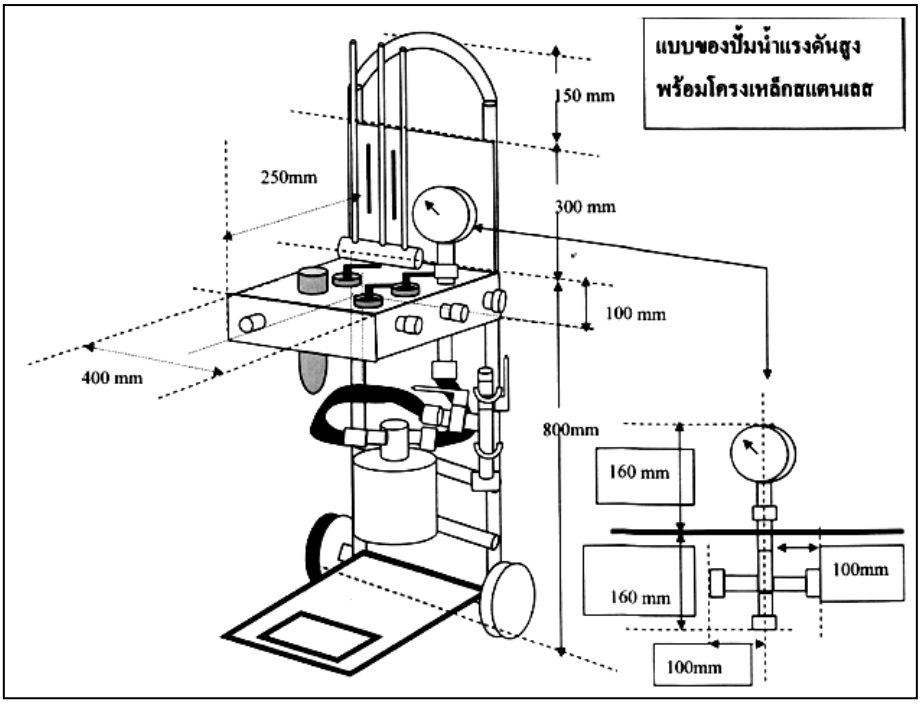
รูปที่ 2 ผังระบบทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ (Water jacket) [1]

5.2 เครื่องปั๊มน้ำแรงดันสูง (Air driven high pressure pump)

5.2.1 ตัวปั๊มสามารถสร้างความดันทดสอบ (Hydrostatics pressure) ได้ต่อเนื่องจาก 0 ถึง 10,000 psi โดยใช้ความดันอากาศหรือก๊าซไนโตรเจนเป็นแหล่งกำเนิดให้ปั๊มสร้างแรงดันแยกจากถังทดสอบ

5.2.2 มีเกจวัดความดัน 2 ชุด ๆ ละ 2 ตัว คือขนาด 0 - 5,000 psi และ 0 - 10,000 psi

5.2.3 ชุดแสดงผลการขยายตัวของท่อก๊าซทดสอบ สามารถอ่านค่าละเอียดได้ไม่เกิน 0.2 cm^3



รูปที่ 3 ชุดปั๊มน้ำแรงดันสูง(Air driven high pressure pump) [1]

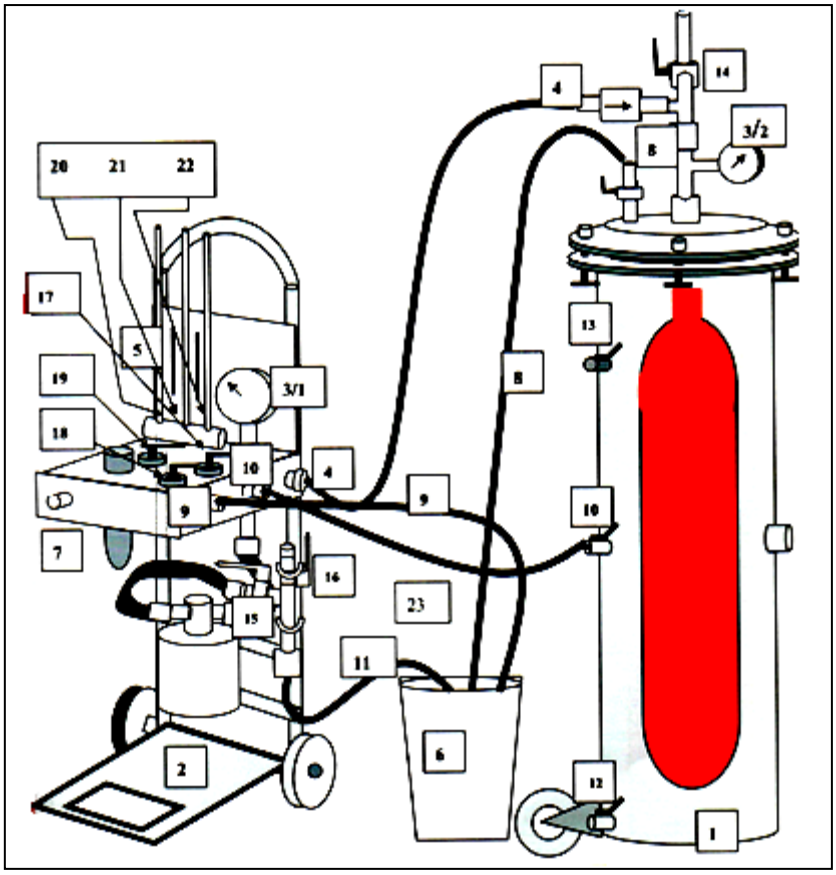
5.3 การประกอบเครื่องทดสอบกำลังดันท่อ

5.3.1 ต่อเชื่อมส่วนประกอบหลักเข้าด้วยกันคือ ตัวถังทดสอบ ฝาถังทดสอบ ปั๊มน้ำแรงดันสูง ชุด Column แสดงผลทดสอบ[1]

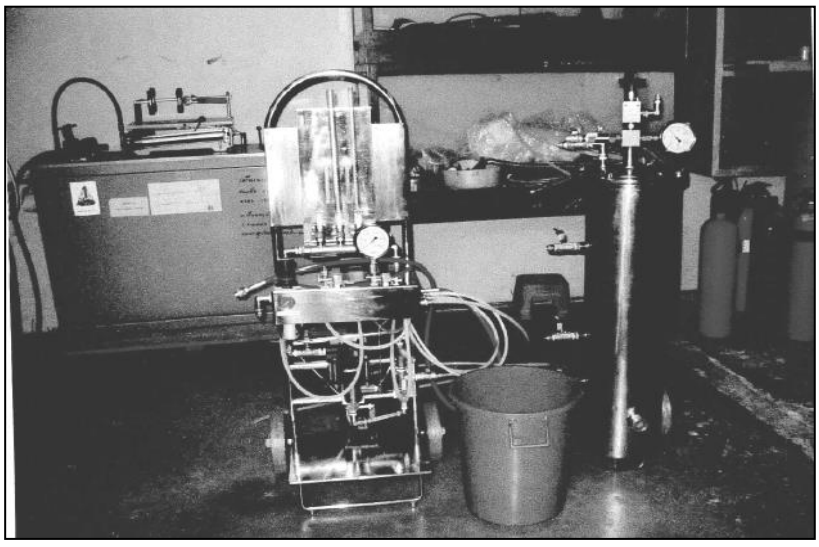
5.3.2 ทุกรอยต่อเชื่อมต้องมีซีลยางประกบป้องกันการรั่วซึมของน้ำและอากาศ [2]

5.3.3 ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำในถังน้ำ โดยการใส่น้ำให้เต็มถังน้ำแล้วเปิดเครื่องปั๊มน้ำทำความดันไปที่ประมาณ 100 psi หากมีการรั่วซึม เกจวัดความดันจะตก ถ้าพบให้ทำการแก้ไข

5.3.4 ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำทั้งระบบ เป็นการตรวจสอบขั้นสุดท้าย ปิดเครื่องปั๊ม แล้วเปิดวาล์วระบายความดันที่ฝาถังให้ความดันในถังน้ำลดลงเป็นปกติ จากนั้นเติมน้ำเข้าทางวาล์วสำหรับเติมน้ำลงถัง แล้วเปิดวาล์วเพื่อปรับระดับน้ำใน Column ชุดแสดงผลให้อยู่ที่ระดับหนึ่งแล้วปิดวาล์วน้ำ จากนั้นตรวจสอบการรั่วซึมของระบบอีกครั้งหนึ่ง หากระดับน้ำใน Column ชุดแสดงผลลดลงแสดงว่ามีการรั่วซึม ให้ทำการแก้ไข ดังรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 4 ผังแบบการประกอบส่วนของเครื่องทดสอบกำลังดันท่อ [2]



รูปที่ 5 เครื่องทดสอบกำลังดันท่อประกอบเสร็จแล้ว

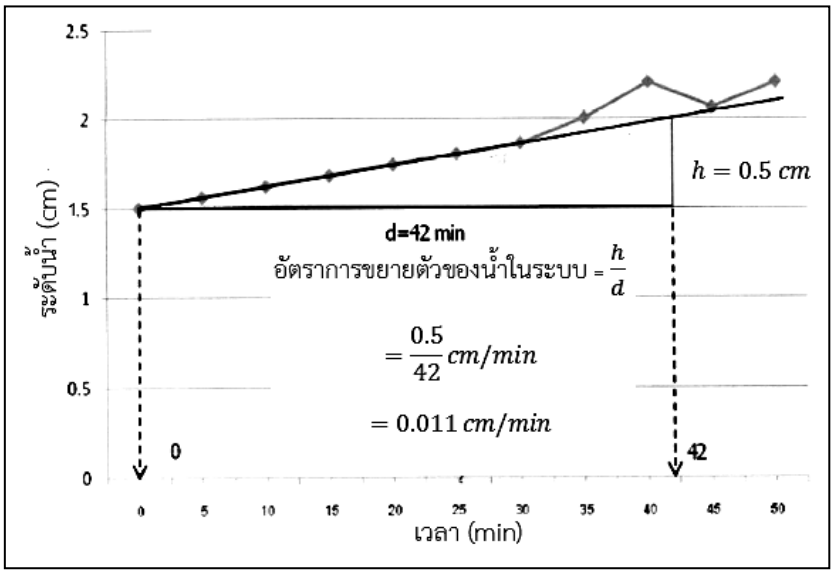
6. การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

6.1 การทดลองที่ 1 หาผลกระทบของอุณหภูมิภายนอกต่อผลการทดสอบกำลังดันท่อ [3] ในการทดสอบนี้เพื่อแสดงว่าหากมีการนำเครื่องทดสอบไปทดสอบในที่ต่างๆ ของ ทร. ที่มีความร้อนแตกต่างกัน อุณหภูมิมีผลต่อการทดสอบหรือไม่ ตามตารางที่ 1 และรูปที่ 6 - 8

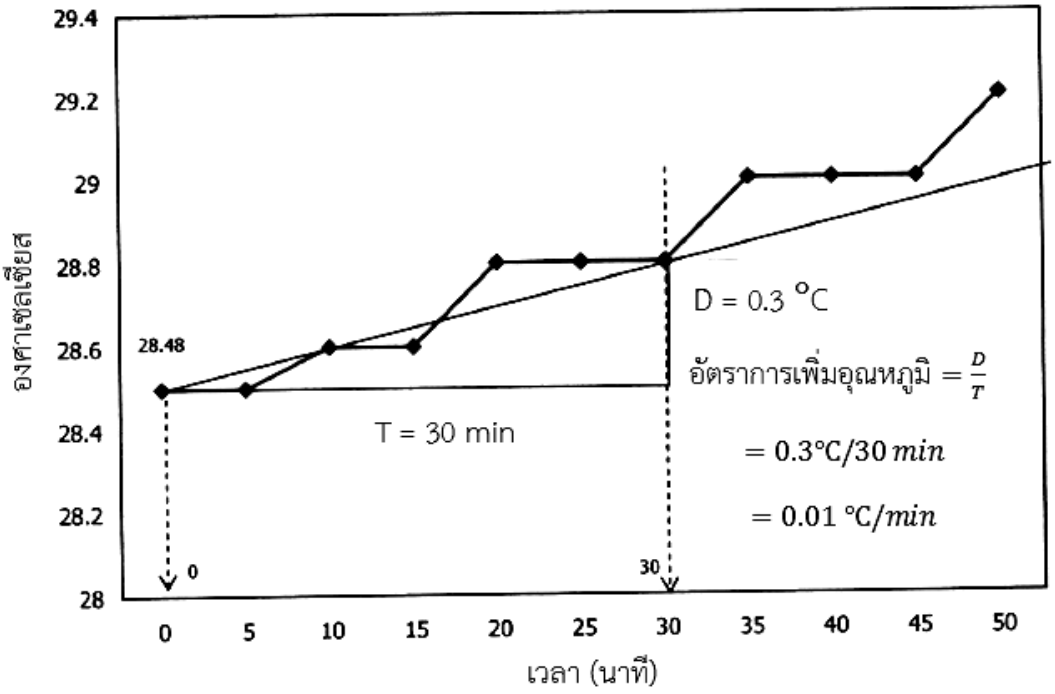
ตารางที่ 1 หาผลกระทบของอุณหภูมิภายนอกต่อผลการทดสอบกำลังดันท่อ

เวลา (นาที)	**ทดสอบที่ความดันคงที่ 3,000 psi**	
	อุณหภูมิ (°C)	ระดับน้ำ (cm)
0	28.5	1.5
5	28.5	1.56
10	28.5	1.62
15	28.6	1.68
20	28.6	1.74
25	28.8	1.8
30	28.8	1.86
35	28.8	2
40	29	2.2
45	29	2.06
50	29.2	2.2

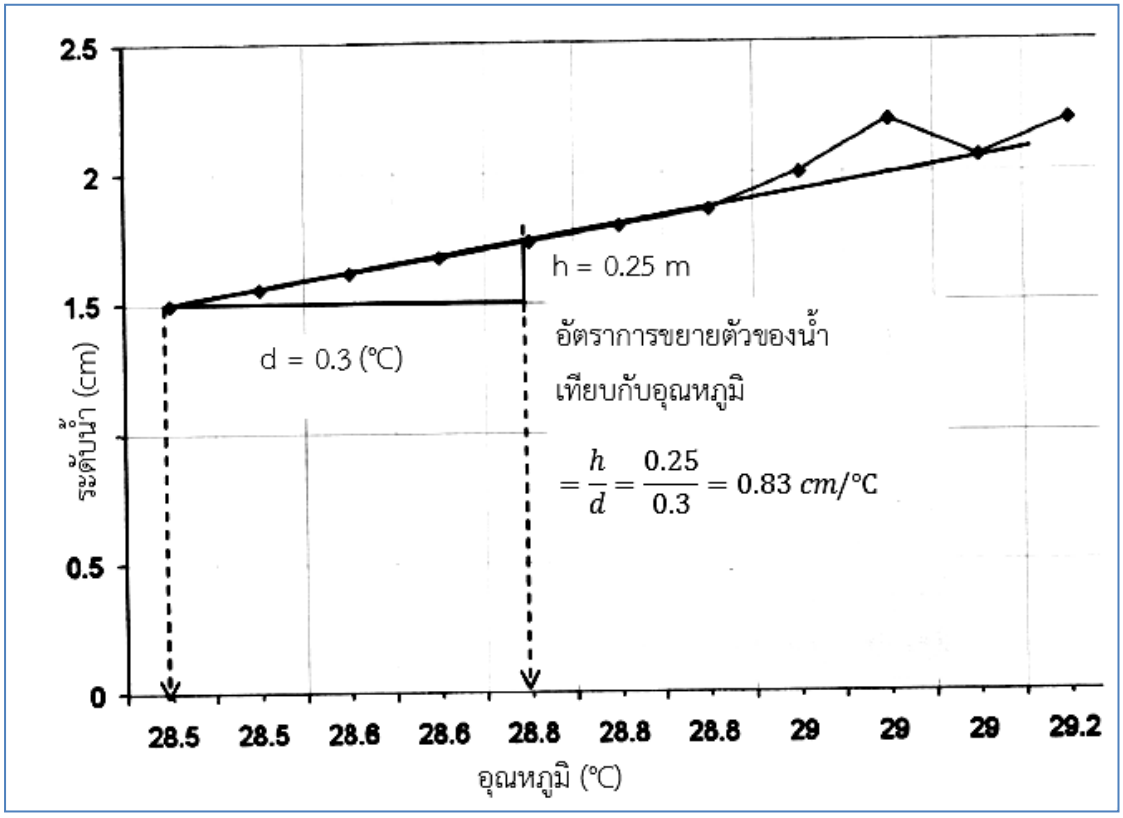
จากการทดสอบอัตราการขยายตัวของน้ำในระบบต่อเวลาเนื่องจากอุณหภูมิภายนอกที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.011 cm/min หรือ 0.11 mm/min จะเห็นได้ว่าใน 1 นาที การขยายตัวของน้ำในระบบน้อยมาก แสดงว่าอุณหภูมิภายนอกมีผลต่อการเพิ่มระดับของน้ำน้อยมาก [4]



รูปที่ 6 แสดงอัตราการขยายตัวของน้ำต่อเวลา [3]



รูปที่ 7 แสดงอัตราการขยายตัวของน้ำต่อเวลาตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 50 นาที (1030 - 1120) [3]



รูปที่ 8 แสดงอัตราการขยายตัวของน้ำในระบบต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น [3]

6.2 การทดลองที่ 2 เปรียบผลการทดสอบระหว่างเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่กับติดตั้งอยู่กับที่

ตารางที่ 2 ทดสอบกับถังดับเพลิงคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 15 lbs

ถังดับเพลิงคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 15 lbs	**การขยายตัวของท่อเมื่อทดสอบกับเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ (mm)**	**การขยายตัวของท่อเมื่อทดสอบกับเครื่องทดสอบกำลังดันติดตั้งอยู่กับที่ (mm)**
ครั้งที่ 1	0.2 mm	0.22 mm
ครั้งที่ 2	0.3 mm	0.3 mm
ครั้งที่ 3	0.2 mm	0.2 mm

ตารางที่ 3 ทดสอบกับถังดับเพลิงคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 10 lbs

ถังดับเพลิงคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 10 lbs	**การขยายตัวของท่อเมื่อทดสอบกับเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ (mm)**	**การขยายตัวของท่อเมื่อทดสอบกับเครื่องทดสอบกำลังดันติดตั้งอยู่กับที่ (mm)**
ครั้งที่ 1	0.12 mm	0.14 mm
ครั้งที่ 2	0.20 mm	0.25 mm
ครั้งที่ 3	0.31 mm	0.26 mm

ตารางที่ 4 ทดสอบกับท่อหายใจใต้น้ำ (SCUBA)

ท่อหายใจใต้น้ำ (SCUBA)	**การขยายตัวของท่อเมื่อทดสอบกับเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ (mm)**	**การขยายตัวของท่อเมื่อทดสอบกับเครื่องทดสอบกำลังดันติดตั้งอยู่กับที่ (mm)**
ครั้งที่ 1	0.60 mm	0.73 mm
ครั้งที่ 2	0.68 mm	0.76 mm
ครั้งที่ 3	0.64 mm	0.87 mm

6.3 การทดลองที่ 3 เปรียบผลการทดสอบระหว่างเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ระหว่างท่อดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์กับท่อทดสอบมาตรฐานขนาดเดียวกัน

ตารางที่ 5 ทดสอบกับถังดับเพลิงคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 15 lbs

	การขยายตัวท่อดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 15 lbs (mm)	**การขยายตัวของท่อทดสอบมาตรฐาน (mm)**
ครั้งที่ 1	0.1 mm	0.101 mm
ครั้งที่ 2	0.11 mm	0.102 mm
ครั้งที่ 3	0.1 mm	0.101 mm

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 การเคลื่อนย้ายเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกโดยรถยนต์บรรทุกเล็กขนาด 1 ตัน

7.2 การทดสอบภายนอกสถานที่ต่อผลกระทบจากอุณหภูมิภายนอกที่มีผลต่ออัตราการขยายตัวของท่อทดสอบเท่ากับ 0.11 mm/min ถือว่าน้อยมาก อุณหภูมิภายนอกจึงไม่มีผลต่อการทดสอบ

7.3 ผลการทดสอบระหว่างเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่กับท่อดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 15 lbs เทียบกับท่อทดสอบมาตรฐานขนาดเดียวกันมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 0.1%

7.4 ผลการทดสอบระหว่างเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่กับท่อดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 15 lbs เทียบกับเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบติดตั้งประจำที่ มีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 2%

8. สรุปผลการวิจัย

เครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 335 mm ติดล้อที่ฐานด้านล่าง โดยใช้การทดสอบแบบ Hydrostatic Test ที่ความดันสูง 3,000 psi จากการวิจัยทดลองเคลื่อนย้ายโดยรถบรรทุกขนาดเล็กขนาด 2 ตันไปทดสอบที่จังหวัดสงขลาพบว่าตัวเครื่องสามารถใช้งานได้ตามปกติ และผลการทดสอบเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่กับท่อทดสอบมาตรฐานมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 0.1% และ ผลการทดสอบระหว่างเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบเคลื่อนที่กับท่อดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์ขนาด 15 lbs เทียบกับเครื่องทดสอบกำลังดันท่อแบบติดตั้งกับที่มีค่าความคลาดเคลื่อน 2% จึงเห็นได้ว่าทั้งการเคลื่อนย้ายและการทดสอบสะดวกและให้ผลเทียบเท่ากับเครื่องทดสอบทั่วไป สามารถใช้งานได้จริง

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กระทรวงอุตสาหกรรม, 2551.

[2] อนันต์ วงศ์กระจ่าง. ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2533.

[3] Reza Javaherdashti, and Farzaneh Akvan, CRC Press 2018. Hydrostatic Testing, Corrosion, and Microbiologically Influenced Corrosion. 1st Edition. pp 119-178

[4] Wiroon Tanthapanichakoon . Kindle Edition. March 14, 2015.One-Stop Guide for Pressure and Leak Tests with Hydrostatic and Pneumatic Testing, 1st Edition. pp 102-145