

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ส่วนประกอบของแท่นลอยน้ำ

จากการออกแบบและทดสอบทุ่นลอยน้ำพบว่าขนาดที่เหมาะสมของแท่นลอยน้ำขนาด 1 module มีขนาด 1.50 x 1.50 x 0.50 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) เนื่องจากขนาดดังกล่าวจะสามารถบรรจุทุ่นลอยน้ำที่ทำจากพลาสติก LDPE ขนาด 050 x 050 x 0.50 เมตรหนา 4 มม. (กว้าง x ยาว x สูง) ได้จำนวน 9 ทุ่นอย่างพอดี ซึ่งแท่นลอยน้ำขนาด 1 module ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรายละเอียดของแท่นลอยน้ำขนาด 1 module ดังแสดงในตารางที่ 4.1



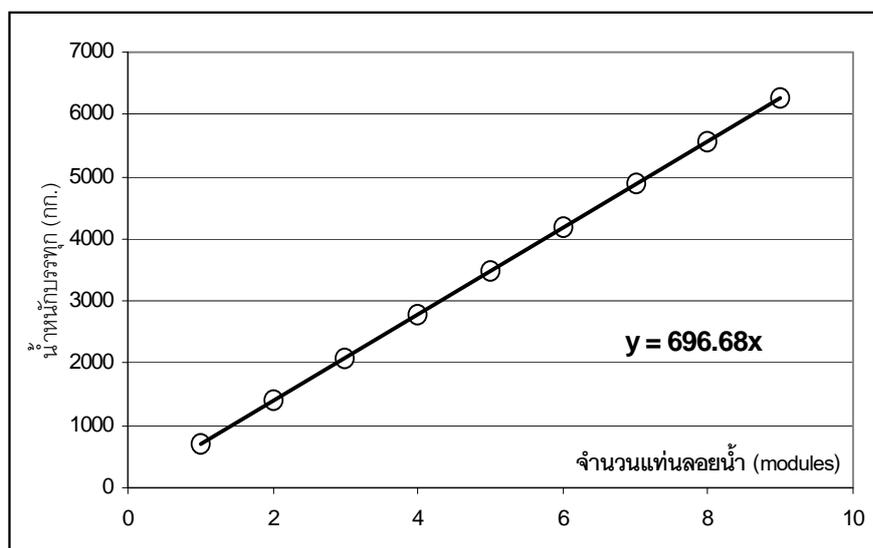
รูปที่ 4.1 แท่นลอยน้ำขนาด 2modules

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของแท่นลอยน้ำขนาด 1 module

ชิ้นส่วน	ขนาด	ความยาว (ม.)	จำนวน	น้ำหนัก (kg.)
เหล็กโครง	L-50x50x3 mm.	1.55	8	46.686
Vertical Web	L-50x50x3 mm.	0.55	12	24.849
เหล็กตง	□1"x2"x2.3 mm.	1.55	5	18.910
Diagonal Web	Flatbar $1\frac{1}{4}$ "x1.4mm.	0.78	12	9.36
เหล็กรองล่าง	Flatbar $1\frac{1}{4}$ "x1.4mm	1.55	6	9.30
น๊อต	Ø12 mm.	-	78	4.212
			รวม	113.317

4.2 การรับน้ำหนักของทุ่นลอยน้ำ

จากการทดสอบการรับน้ำหนักของทุ่นลอยน้ำโดยการบรรทุกด้วยทรายพบว่าทุ่นลอยน้ำ 1 ทุ่นที่ทำจากพลาสติก Low Density Polyethylene :LDPE ขนาด 0.50x0.50x0.50 เมตร พบว่าทุ่นลอยน้ำสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 90 กิโลกรัม โดยที่น้ำหนักบรรทุกดังกล่าวจะทำให้ทุ่นจมลงไป 40 เซนติเมตร และมีส่วนพื้นน้ำ 10 เซนติเมตร เมื่อคิดเป็นน้ำหนักบรรทุกต่อตารางเมตรจะพบว่าทุ่นลอยน้ำสามารถรับน้ำหนักแบบแผ่กระจาย Uniform load) เท่ากับ 350 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นเมื่อใช้แท่นลอยน้ำขนาด 1 module โดยใช้ทุ่นลอยน้ำจำนวน 9 ทุ่นต่อ 1 module จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 810 กิโลกรัม ซึ่งถ้าห้กน้ำหนักโครงสร้างขนาด 1 module นี้จะสามารถรับน้ำหนักสุทธิได้ 696.683 กิโลกรัม ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและจำนวน module แท่นลอยน้ำแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแท่นลอยน้ำและน้ำหนักบรรทุก

จากรูปที่ 4.2 พบว่าน้ำหนักบรรทุกของแท่นลอยน้ำจะขึ้นอยู่กับจำนวน module ของแท่นลอยน้ำตามสมการ 4.1

$$\text{น้ำหนักบรรทุก} = 696.68 \times \text{จำนวน module แท่นลอยน้ำ} \quad (\text{kg.}) \quad (4.1)$$

4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการประกอบแท่นลอยน้ำ

จากผลการทดสอบในด้านระยะเวลาในการประกอบแท่นลอยน้ำจำนวน 9 แท่น ดังแสดงในรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อทำการตัดเหล็กโครงสร้างแท่นลอยน้ำแยกตามขนาดแล้วจะใช้ระยะเวลาในการประกอบโดยใช้แรงงานกึ่งทักษะจำนวน 4 คน จะใช้เวลาในการประกอบทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง ดังนั้นแท่นลอยน้ำขนาด 1 module จะใช้ระยะเวลาในการประกอบประมาณ 30 นาที เนื่องจากเหล็กโครงสร้างที่นำมาประกอบนั้นได้ทำการตัดตามขนาดไว้แล้ว และชิ้นส่วนต่างๆก็ประกอบเข้ากันได้โดยใช้ประแจเบอร์ 17 ทำให้ใช้ระยะเวลาในการประกอบไม่นาน นอกจากนี้การประกอบทุ่นจะไม่มี การเชื่อมต่อโครงสร้างโดยการใช้อิฐหรือแกลบเชื่อมแต่อย่างใด



รูปที่ 4.3 แท่นลอยน้ำจำนวน 9 แท่นหลังประกอบเสร็จ

ในการประกอบทุ่นลอยน้ำจะทำการประกอบทีละ module แล้วสามารถใช้แรงงานที่ประกอบยกลงไปในน้ำได้เลยโดยไม่ต้องใช้เครื่องจักรหนักเนื่องจากน้ำหนักรวมของโครงสร้างและทุ่นหนักประมาณ 149.317 กิโลกรัม ในกรณีที่ต้องการใช้แท่นลอยน้ำที่มีจำนวนหลาย module ก็สามารถนำแต่ละ module ประกอบกันขึ้นน้ำได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การประกอบทุ่นแต่ละ module ในน้ำ

4.4 เปรียบเทียบการใช้เหล็กรูปพรรณและเหล็กกันสนิม

โครงสร้างที่ใช้รััดท่อนลอยน้ำในแต่ละ module ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เหล็กกันสนิม (Aluminium) เป็นโครงสร้างหลักเนื่องจากเหล็กกันสนิมดังกล่าวมีน้ำหนักเบาว่าเหล็กรูปพรรณ คือความหนาแน่นของเหล็กเท่ากับ 6.98 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร[28] ในขณะที่อลูมิเนียมมีความหนาแน่นเพียง 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร [29] ซึ่งเบาว่าเหล็กถึง 2.58 เท่า แต่กำลังของ aluminium ต่ำกว่าเหล็กมากคือมีค่ากำลังความเค้นดึง (yield strength) 200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร[30] ในขณะที่เหล็กรูปพรรณมีค่ากำลังความเค้นดึง (yield strength) 2400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร[31] ซึ่งสูงกว่าอลูมิเนียมถึง 12 เท่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้เหล็กรูปพรรณเป็นโครงสร้างหลัก ซึ่งผลการทดสอบโดยการใช้อลูมิเนียมเป็นโครงสร้างหลักของแท่นลอยน้ำขนาด 1 module เปรียบเทียบกับเหล็กรูปพรรณขนาด 1 module ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบการใช้เหล็กรูปพรรณและอลูมิเนียมเป็นเหล็กโครงสร้างแท่นลอยน้ำ

	เหล็กรูปพรรณ	อลูมิเนียม
ความหนาแน่น (ก./ตร.ซม.)	6.98	2.70
Yield Strength (กก/ตร.ซม.)	2400	200
ราคา (บาท/กก)	42	80
การเป็นสนิม	Y	N
ระยะจมน้ำของแท่นลอยน้ำขนาด 1 module (ซม.)	7	4

จากตารางที่ 4.2 พบว่าถึงแม้อลูมิเนียมจะมีน้ำหนักเบาว่าเหล็กแต่ก็มีข้อด้อยกว่าเหล็กหลายประการโดยเฉพาะกำลังในการรับแรงซึ่งส่งผลให้อลูมิเนียมไม่เหมาะที่จะใช้เป็นโครงสร้างหลักของแท่นลอยน้ำ แต่การใช้เหล็กรูปพรรณเป็นเหล็กโครงสร้างหลักของแท่นลอยน้ำจะมีปัญหาในเรื่องของสนิม ซึ่งการแก้ปัญหาสามารถแก้ไขได้โดยการทาสีกันสนิมซึ่งวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงมาก แต่ประสิทธิภาพในการกันสนิมจะไม่ดีเท่าที่ควรเมื่อเกิดการหลุดออก ส่วนวิธีที่ได้ผลดีที่สุดคือการนำเหล็กโครงสร้างแต่ละชิ้นไปทำการชุบด้วยสังกะสี เนื่องจากสังกะสีมีอัตราการผุกร่อนที่ช้ามาก ดังนั้นจึงป้องกันเหล็กไม่ให้เจอกับสภาพแวดล้อมที่จะทำให้เกิดสนิมได้เป็นเวลานาน จากการศึกษาของ ASTM แห่งสหรัฐอเมริกา พบว่าในเขตเมืองอัตราส่วนการผุกร่อนของสังกะสีเมื่อ

เทียบกับเหล็กเท่ากับ 1 : 20 และจะเท่ากับ 1 : 80 ในบริเวณชายทะเลหรือเขตอุตสาหกรรม ดังนั้น การชุบเคลือบเหล็กด้วยสังกะสีจึงเหมือนกับการสร้างเกราะป้องกันให้กับเหล็ก [32] แต่ค่าใช้จ่ายจะสูงกว่าการทาสีกันสนิมถึง 5 เท่า

4.5 เปรียบเทียบการใช้ท่อนพลาสติก LDPE กับถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร

งานวิจัยนี้ได้ใช้พลาสติก LDPE ขึ้นรูปโดยเครื่อง Rotomolding ที่ทำงานด้วยระบบแรงเหวี่ยง ซึ่งขนาดของท่อนที่ขึ้นรูปดังกล่าวมีขนาด 0.50 x 0.50 x 0.50 เมตร น้ำหนัก 4 กิโลกรัมต่อท่อน เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของท่อนที่ขึ้นรูปกับถังขนาด 200 ลิตรทั้งแบบพลาสติกและแบบเหล็กที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบท่อน LDPE, ถังพลาสติก และถังเหล็ก [33]

	LDPE	ถังพลาสติก	ถังเหล็ก
รูปร่าง	ลูกบาศก์	ทรงกระบอก	ทรงกระบอก
ขนาด (เมตร)	0.50 x 0.50 x 0.50	Ø0.50 สูง 1.00	Ø0.50 สูง 1.00
ปริมาตรบรรจุ (ลิตร)	125	200	200
น้ำหนัก (กก.)	4	10.5	20
ราคา (บาท)	250	400	350

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการใช้งานท่อน LDPE จะมีความสะดวกกว่าการใช้งานเป็นท่อนของแท่นลอยน้ำถังพลาสติกและถังเหล็กขนาด 200 ลิตร เนื่องจากมีขนาดเล็กกว่าและมีน้ำหนักที่เบากว่าทำให้การขนย้ายทำได้สะดวกกว่าโดยที่คนเพียงคนเดียวสามารถขนย้ายได้ที่ละ 2 ท่อน และด้วยรูปทรงที่เป็นลูกบาศก์ของท่อน LDPE จะทำให้เกิดความสะดวกกว่าท่อนทรงกระบอกในการเก็บรักษาและการขนย้าย นอกจากนี้การซ่อมแซมรักษาท่อน LDPE ยังทำได้ง่ายด้ายกว่าถังเหล็ก ยิ่งไปกว่านั้นพลาสติก LDPE จะไม่เกิดสนิมเหมือนเหล็กดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งถ้าสนิมกัดถังเหล็กจนเป็นรูรั่วจะส่งผลให้แรงลอยตัวของถังลดลงไปอย่างมากและมีโอกาสที่ท่อนเหล็กจะจมได้ ส่วนท่อน LDPE ถ้าเกิดการรั่วซึมจะไม่มีทางจมน้ำเพราะมีความหนาแน่นที่ต่ำกว่าน้ำ การซ่อมแซมก็สามารถทำได้ด้วยคนเพียงคนเดียวโดยการใส่ซิลิโคนอุดตรงรูรั่ว หรือใช้ปืนกาวความร้อนยิงซิลิโคนอุดรูรั่วได้ ในกรณีฉุกเฉินอาจจะใช้ดินน้ำมันอุดรูรั่วไว้ก่อนเป็นการชั่วคราวได้ นอกจากนี้ท่อนพลาสติก LDPE มีสีที่สดกว่าถังพลาสติกทั่วไป และถังเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ส่วนการใช้งานถังพลาสติกขนาด 200 ลิตรแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.5 การเกิดสนิมของทุ่นเหล็กส่วนที่สัมผัสน้ำ



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบทุ่นเหล็กและทุ่นพลาสติก LDPE



รูปที่ 4.7 ทุ่นพลาสติกขนาด 200 ลิตร

4.6 Methacentric Height และเสถียรภาพของแท่นลอยน้ำ

แท่นลอยน้ำขนาด 1 module ขนาดพื้นที่ 1.50x1.50x0.50 เมตรเมื่อนำมาใช้งานจะไม่มีเสถียรภาพสังเกตได้จากการที่แท่นลอยน้ำจะเกิดการโคลงเนื่องจากมีพื้นที่ขนาดเล็ก แต่ถ้าประกอบแท่นลอยน้ำจำนวน 9 modules จะทำให้พื้นที่เพิ่มเป็น 4.50x4.50x0.50 เมตร ซึ่งแท่นลอยน้ำจะมีเสถียรภาพมาก คือ เมื่อนำน้ำหนักไปวางบนแท่นลอยน้ำแท่นลอยน้ำจะไม่เกิดการโคลง แต่การที่จะนำบ้านขนาดพื้นที่ 3.00 x 3.00 เมตร สูง 4 เมตรไปวางบนแท่นลอยน้ำในงานวิจัยนี้จะต้องใช้แท่นลอยน้ำขนาด 16 modules ประกอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งแท่นลอยน้ำจะมีพื้นที่ 9.00 x 9.00 เมตรก่อน จึงจะสามารถนำไปเป็นแท่นรองรับบ้านลอยน้ำขนาดดังกล่าวได้ ความสูง metacentric ของแท่นลอยน้ำขนาดต่างๆเทียบกับบ้านตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4.4 โดยกำหนดให้แท่นลอยน้ำรับน้ำหนักได้ 320 กิโลกรัมต่อตารางเมตรจะทำให้แท่นลอยน้ำมีส่วนจมน้ำ 0.30 เมตร ทุกขนาดของแท่นลอยน้ำ

ตารางที่ 4.4 ความสูง metacentric ของแท่นลอยน้ำขนาดต่างๆเทียบกับบ้านตัวอย่าง

ขนาดแท่น	ระยะจมน้ำ (ซม)	Metacentric height for Pitching and Rolling (ม.)
6.00 x 6.00	0.30	9.275
7.50 x 7.50	0.30	14.55
9.00 x 9.00	0.30	20.99
10.50 x 10.50	0.30	28.61

การคำนวณ methacentric height

แท่นลอยน้ำขนาด 6.00 x 6.00 เมตร รับน้ำหนัก = 6 x 6 x 320 = 11,520 kg.

$$\frac{11,520}{1,000} = 11.52 \text{ m}^3$$

$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{1}{12} \cdot 6^4 = 108 \text{ m}^4$$

$$GB = 0.25 - 0.15 = 0.10 \text{ m.}$$

$$MG = \frac{108}{11.52} \cdot 0.10 = 9.275 \text{ m.}$$

4.7 ค่าใช้จ่ายในการสร้างแพลอยน้ำขนาด 1 module

ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างแพลอยน้ำขนาด 1 module แสดงตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างแพลอยน้ำขนาด 1 module

รายละเอียด	จำนวน	ค่าใช้จ่าย (บาท)
เหล็กฉาก L-50x50x3 mm.	71.535 กก.	2002.98
เหล็กกล่อง 1"x2"x2.3 mm.	18.910 กก.	529.48
Flatbar 1 $\frac{1}{4}$ "x1.4mm	18.660 กก.	522.48
น๊อตขนาด 12 มม.	4.212 กก.	117.93
ทุ่นลอยน้ำ	9 ทุ่น	2250
วัสดุปูพื้น	2.25 ตารางเมตร	168.75
ค่าแรง	4 คน x 300 บาท	1200
	รวม	6,791.62

หมายเหตุ ราคาเหล็ก 28 บาทต่อกิโลกรัม[34]

จากตารางที่ 4.7 พบว่าค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแพลอยน้ำขนาดพื้นที่ 1.50 x 1.50 เมตร ใช้งบประมาณทั้งสิ้น 6,791.62 บาท ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับแพลอยน้ำที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แพลอยน้ำจากต่างประเทศ

จากรูปที่ 4.8 เป็นแท่นลอยน้ำที่นำเข้าจากประเทศสวีเดน โดยแท่นลอยน้ำนี้ขนาด 2.4x3.0 เมตร รับน้ำหนักได้ 1,000 กิโลกรัม ราคารวม 155,500 บาท[35] ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนว่าแท่นลอยน้ำจากงานวิจัยนี้มีราคาต่ำกว่าแท่นลอยน้ำขนาดเดียวกันจากต่างประเทศเป็นอย่างมาก