

เรือพระที่นั่งมหากระบวนเรือรบ



การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ รัชกาลที่ 9

กองออกแบบต่อเรือ กรมอุทหาเรือ

1. คำนำ (INTRODUCTION)

จากนโยบายของกองทัพเรือที่จะให้มีการทำการสร้างเรือนารายณ์ทรงสุบรรณ เพื่อทดแทนเรือนารายณ์ทรงสุบรรณลำเดิมที่สร้างขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 3 และ รัชกาลที่ 4 เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีในปีกาญจนาภิเษก ทางกองทัพเรือได้สั่งการให้กองออกแบบต่อเรือ (กอร.) รับหน้าที่ในการออกแบบเรือโดยให้ใช้ส่วนหัวซึ่งเป็นลักษณะของนารายณ์ทรงสุบรรณ และใช้รูปร่างส่วนหางของเรือสุพรรณหงส์มาเป็นรูปแบบในการออกแบบซึ่งมีรูปร่างใกล้เคียงกับเรือนารายณ์ทรงสุบรรณเดิมทาง ทร. กำหนดให้มีฝีพายประมาณ 50 นาย และให้ทาง กอร. พยายามออกแบบตามส่วนหัว ส่วนหางที่ยังหลงเหลืออยู่พร้อมทั้งให้มีความอิสระในการที่จะกำหนดมิติ (DIMENSIONS) ให้คล้อยตามข้อมูลที่ได้รับเบื้องต้น

2. ขั้นตอนในการออกแบบ (DESIGN PROCEDURE)

2.1 การออกแบบลายเส้น (LINES PLAN)

ทางกองออกแบบได้ส่งเจ้าหน้าที่ไปสำรวจส่วนหัวและส่วนหางที่ยังหลงเหลืออยู่ประมาณเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2537 ได้ทำการวัดขนาดส่วนที่หลงเหลืออยู่โดยละเอียด จากนั้นได้นำขนาดที่วัดได้มาดำเนินการจัดทำลายเส้นบริเวณส่วนที่กลวงลำโดยพยายามปรับลายเส้นที่ทำขึ้นใหม่ให้เข้ากันได้กับส่วนหัวและส่วนหางที่วัดมาได้ดังรูปที่ 1 ใช้เวลาในการจัดทำลายเส้นชุดใหม่ประมาณ 2 เดือนโดยได้มิติ (DIMENSION) ของเรือที่ออกแบบมาได้โดยประมาณ ดังนี้

ความยาวตลอดลำ	44.30 เมตร
ความยาวแนวน้ำ	34.6 เมตร
ความกว้างตลอดลำ	3.26 เมตร
ความลึกของเรือ	1.10 เมตร
กินน้ำลึกออกแบบ	0.4 เมตร (ใช้ประมาณจากเรือสุพรรณหงส์)

สำหรับลายเส้นที่ได้นั้นจะนำจัดทำออฟเซต (OFFSETS) แล้วนำค่าที่ได้เป็นข้อมูลพล็อตโดยใช้ PROGRAM AUTOCAD เพื่อตรวจสอบรูปลักษณะตัวเรือ (HULL FORM) ในลักษณะของ 3 มิติ ดังรูปที่ 2 ซึ่งสามารถจะเห็นรูปลักษณะของเรือได้ชัดเจนกว่าต่อนั้นจะมีการแก้ไขกลับไปมาระหว่างคอมพิวเตอร์กับออฟเซต จนกระทั่งได้ลายเส้นที่สมบูรณ์

2.2 การออกแบบโครงสร้าง (STRUCTURAL DESIGN)

เมื่อได้ลายเส้นที่สมบูรณ์แล้ว จึงนำมาใส่โครงสร้าง สำหรับโครงสร้างที่นำมาใช้จะใช้จากเรือพระที่นั่งสุพรรณหงส์มาเป็นเรือตัวอย่าง (PARENT SHIP) แต่เนื่องจากเรือลำนี้มีขนาดใหญ่กว่าเรือสุพรรณหงส์จึงต้องมีการปรับแต่งโครงสร้างใหม่เพื่อให้เหมาะสม การควบคุมชนิดของไม้และขนาดของไม้ที่ใช้ประกอบกับไม้ที่ทำได้ในปัจจุบัน (AVIABILITY OF WOOD) จะต้องนำมาคำนึงในการออกแบบทั้งสิ้น โดยสรุปชนิดของไม้ที่นำมาใช้มีดังต่อไปนี้

ไม้เปลือกเรือใช้ไม้ตะเคียนทอง

ทวนหัวและทวนท้ายใช้ไม้สักทอง

กระดูกงูและโครงสร้างใช้ไม้ตะเคียนทอง

ไม้แกะลาย กะทิงนั่ง ใช้ไม้สักทอง

เนื่องจากเรือลำนี้มีความยาว การออกแบบได้คำนึงถึงความแข็งแรงในทางตามยาว (LONGITUDINAL STRENGTH) จึงได้พิจารณาใช้สแตนเลส (STAINLESS STEEL, I BEAM) ขนาดความหนา 6.4 มม. เสริมทับไปบนกระดูกงู ดังรูปที่ 3

2.3 การคำนวณน้ำหนัก (WEIGHT ESTIMATION)

เมื่อแบบโครงสร้างเสร็จสมบูรณ์ทางกองออกแบบได้ทำการคำนวณน้ำหนักตามแบบโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นต้นจะประสบปัญหาเนื่องจากความถ่วงจำเพาะ (DENSITY) ของไม้เปียกและแห้งจะต่างกัน จึงได้นำตัวอย่างไม้มาตัดประมาณ $10 \times 10 \times 10$ ลบ.ซม. มาตากให้แห้งแล้วหาความถ่วงจำเพาะใหม่ ดังนี้

ไม้สัก ความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.64 ตัน/ลบ.ม.

ไม้ตะเคียนทอง ความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.86 ตัน/ลบ.ม.

และใช้ค่าความถ่วงจำเพาะนี้ในการคำนวณหาน้ำหนัก นอกเหนือจากน้ำหนักแล้ว ได้ทำการประมาณจุดศูนย์ถ่วงทางดิ่ง และจุดศูนย์ถ่วงตามยาว (VERTICAL AND LONGITUDINAL CENTER OF GRAVITY) ไว้เพื่อหาสถานะของเรือโดยประมาณไว้ด้วย

หลังจากการคำนวณน้ำหนักเบื้องต้นแล้ว ทาง กอ.ร. ได้มีการปรับแต่งข้อมูลอยู่ตลอดเวลา เมื่อทราบน้ำหนักที่แน่นอนจากการชั่งโครงสร้างซึ่งจะนำไปใช้ในการสร้างเรือเท่าที่จะสามารถกระทำได้ ซึ่งจากการปรับแต่งข้อมูลครั้งสุดท้าย ผลจากการคำนวณโดยใช้การประมาณน้ำหนัก กับการหาระวางขับน้ำโดยการตรวจสอบจากการกินน้ำลึกเมื่อเรือปล่อยลงน้ำ มีความแตกต่างที่น้อยมาก

2.4 ข้อมูลไฮโดรสแตติกส์ (HYDROSTATIC DATA)

ข้อมูลไฮโดรสแตติกส์นับเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่สุดในการออกแบบเรือ เป็นข้อมูลที่แสดงถึงคุณลักษณะเฉพาะของตัวเรือ (HULL FORM CHARACTERISTIC) ที่แนวน้ำต่าง ๆ เรือที่มีรูปร่างตัวเรือแตกต่างกันจะมีข้อมูลไฮโดรสแตติกส์แตกต่างกันไป

จากออฟเซตของเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณที่ได้ออกแบบไว้ นำค่าต่าง ๆ ใส่ใน PROGRAM SHCP จะได้ OUTPUT ออกมาตามค่าที่แนบ ค่าไฮโดรสแตติกส์จะแสดงอยู่ในรูปของตารางหรือจะเป็นกราฟก็ได้

2.5 การทรงตัวของเรือ (SHIP STABILITY)

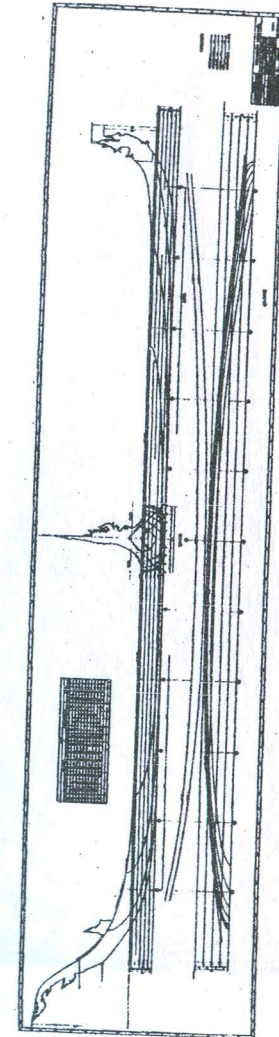
การคำนวณการทรงตัวของเรือเป็นสิ่งสำคัญในเรื่องความปลอดภัยของเรือ ค่าความสูงเมตาเซนตริก (METACENTRIC HEIGHT, (GM)) ของเรือจะต้องมีค่าเป็นบวกเสมอในทุกสภาพการบรรทุก สำหรับเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณนั้น ได้มีการประมาณค่าความสูงเมตาเซนตริก ด้วยการคำนวณก่อนจาก PROGRAM DATA SHEET จากนั้นมีการทดลองเอียงเรือ (INCLINING EXPERIMENT) เมื่อวันที่ 9 เดือน มกราคม พ.ศ.2539 เพื่อทำการหาจุดศูนย์ถ่วง (CENTER OF GRAVITY) ที่แท้จริงของเรือตลอดจนค่าความสูงเมตาเซนตริกที่แท้จริง จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อหาการทรงตัวของเรือมีการเปรียบเทียบกับกฎมาตรฐานของสมาคมต่าง ๆ และเป็นกราฟ แสดงในรูปที่ 4

3. การสร้างเรือ (SHIP CONSTRUCTION)

แบบต่าง ๆ ที่ออกแบบจากกองออกแบบต่อเรือ จะถูกส่งไปยังผู้ทหารเรือธนบุรี เพื่อทำการสร้างเรือ โดยเริ่มต้นจากการขยายแบบลายเส้น การขึ้นโครงสร้าง เป็นต้น ในระหว่างการสร้างจะประสบปัญหาในเรื่องขนาดวัสดุที่หาได้ไม่ตรงตามต้องการ จึงต้องมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบอยู่ตลอดเวลา และสามารถแก้ไขปัญหาให้ลุล่วงไปด้วยดี

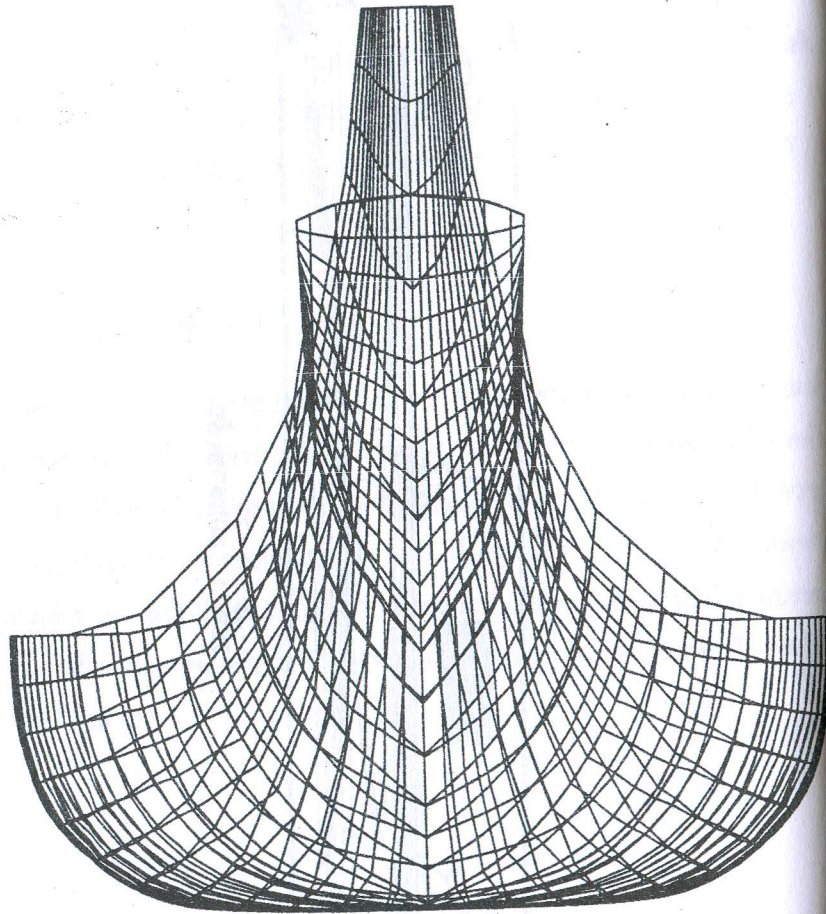
4. บทสรุป (CONCLUSION)

เรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณตั้งแต่เริ่มออกแบบ จนกระทั่งการต่อสร้างเรือแล้วเสร็จใช้เวลาร่วมปี หลังจากนั้นจึงทำการตกแต่งลายต่าง ๆ ตลอดจนทำบัลลังก์ัญญา ซึ่งเสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้ว และปล่อยเรือลงน้ำในเดือนกันยายน เป็นความภาคภูมิใจของผู้ที่ทำการออกแบบและผู้สร้างเรือพระที่นั่ง ในปัจจุบันนี้หาบุคลากรยากลำบาก และไม่ได้สร้างมาเป็นเวลาร่วมร้อยปี เรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณจึงเป็นเรือลำแรกที่จัดสร้างขึ้นในรัชสมัยของรัชกาลปัจจุบัน หลังจากที่ยุติการสร้างมาเป็นเวลานาน

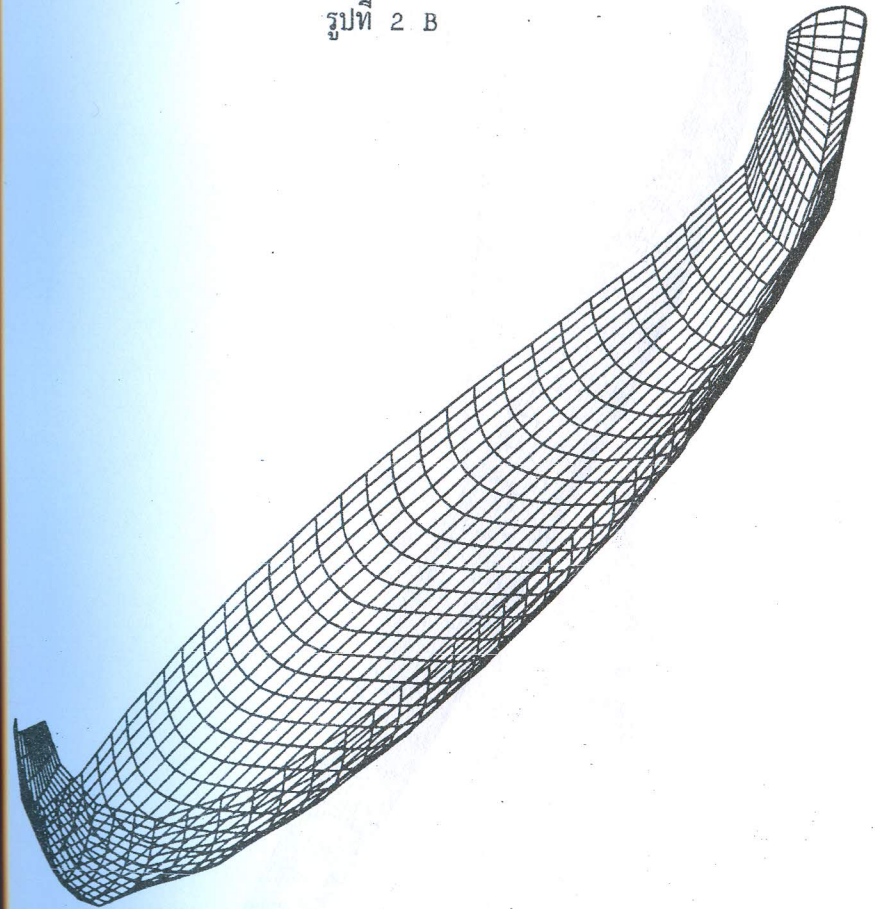


รูปที่ 1 แบบลายเส้น

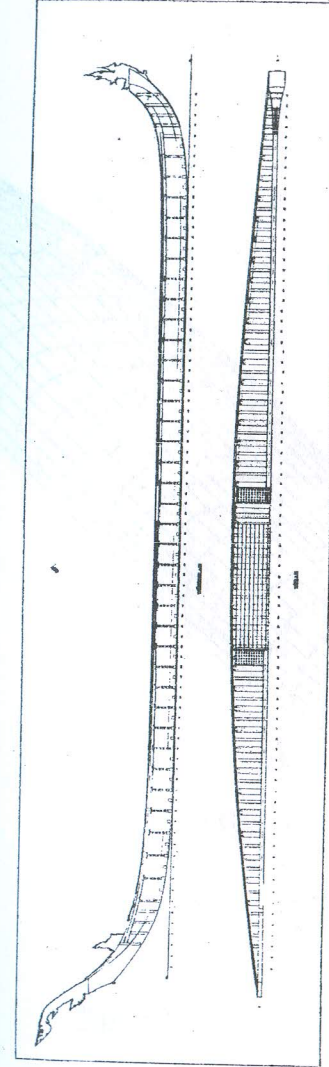
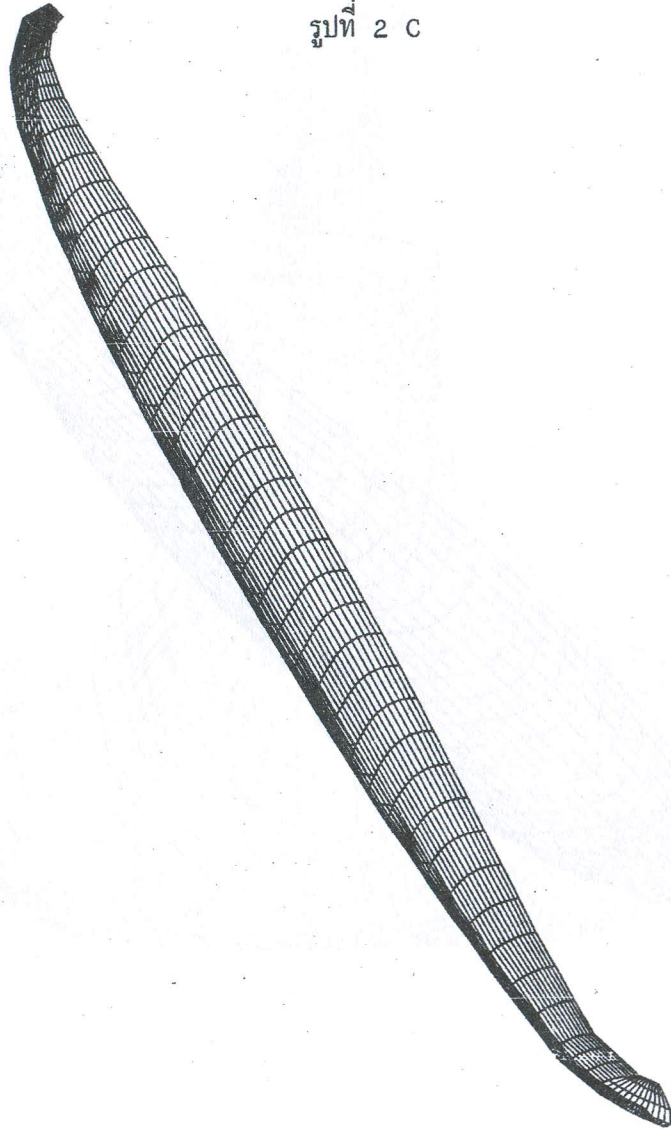
รูปที่ 2 A



รูปที่ 2 B

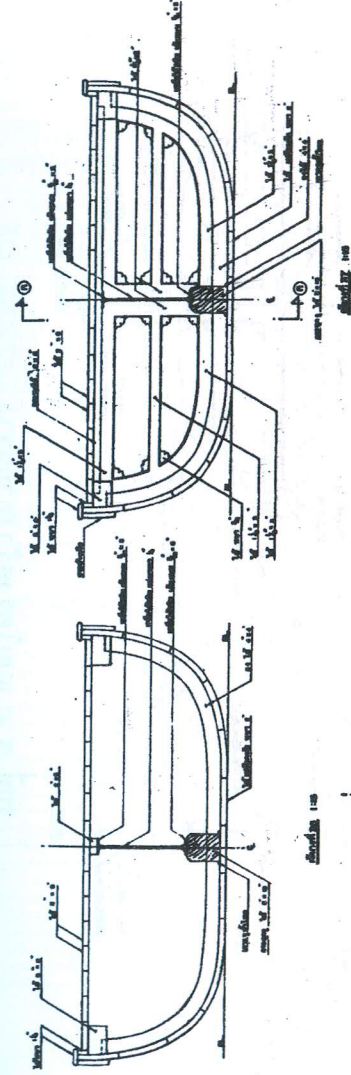


รูปที่ 2 C

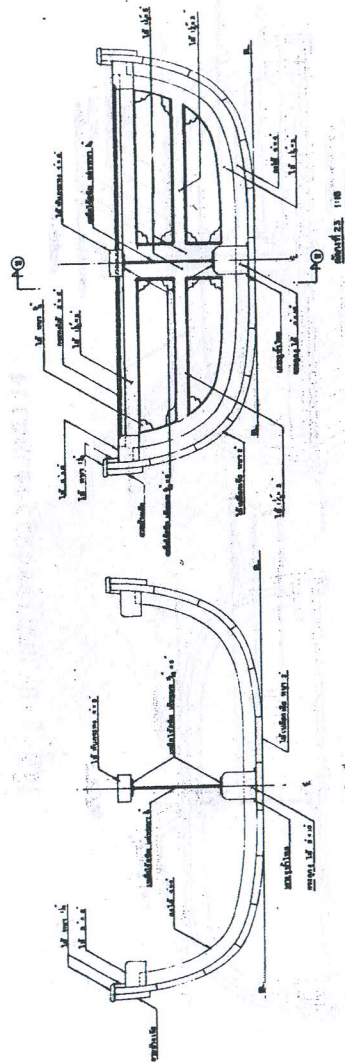


รูปที่ 3 แบบโครงสร้างตามยาว

2 B



รูปที่ 3 B แบบโครงสร้างตามขวาง



รูปที่ 3 C แบบโครงสร้างตามขวาง

SUMMARY OF WEIGHTS AND CENTER OF GRAVITY FOR NARAI SONGSUBUN RAMA THE 9					
GROUP	WEIGHT kg	VCG (m)	MOMENT (kg.m)	LCG (m)	MOMENT (kg.m)
Shell	6398.40	0.49	3151.93	16.43	105125.71
Super structure	1200.00	1.87	2244.00	14.00	16800.00
Frame	4084.11	0.63	2565.00	16.53	67518.37
Longitudinal	7454.26	0.79	5863.97	15.80	117799.36
Krut	200.00	3.00	600.00	37.40	7480.00
Narai	50.00	3.70	185.00	37.20	1860.00
Stem to keel F71	1159.86	1.30	1502.86	32.23	37382.48
Siren group	1321.64	2.38	3140.85	-2.51	-3318.13
Light Ship Displacement	21868.28	0.88	19253.60	16.03	350647.80
Men on boat	4005.00	1.34	5368.25	16.23	64990.10
Full Load displacement	25873.28	0.95	24621.85	16.06	415637.90
STABILITY AND TRIM CALCULATION					
Condition	Light ship		Full Load		
Displacement	W	21.87 ton	25.87 ton	Vessel	
@ Draft	d	0.38 m	0.43 m	Loa =	43.80 m
Transverse Metacenter	KM	2.01 m	1.88 m	Lpp =	34.80 m
Vert. Center of Gravity from baseline	KG	0.88 m	0.95 m	B =	3.20 m
Metacentric Height	GM	1.13 m	0.93 m	D =	1.10 m
Long'l Center of Bouyancy from AP	LCB	16.03 m	16.06 m	d =	0.40 m
Long'l Center of Gravity from AP	LCG	16.03 m	16.06 m	L/B =	10.813
Distance B—G + B fwd G	BG	-0.00 m	-0.00 m	L/D =	31.455
Moment to Change Trim 1 cm.	MTC	1.38 t/m/cm	1.50 t/m/cm	B/D =	2.909
Trim=W*BG/100MTC - fwd + aft	T	-0.001 m	-0.001 m	KG/D =	0.800
Long'l Center of Flotation from midship	LCF	-1.09 m	-1.05 m		
Draft at AP	dA	0.380 m	0.430 m		
Draft at FP	dF	0.380 m	0.430 m		
Mean Draft	dM	0.380 m	0.430 m		
Free Surface Correction	GoG	0.000 m	0.000 m		
Req'd Metacentric Height	GoM	1.130 m	0.928 m		

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชยนาวิ

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชยนาวิ

DESCRIPTIONS	WEIGHT kg	VCG (m)	MOMENT (kg.m)	LCG (m)	MOMENT (kg.m)
Group Men					
Two men on Frame 5	110.00	1.20	132.00	1.86	204.60
Two men on Frame 7	110.00	1.20	132.00	2.79	306.90
Three men on Frame 9	165.00	1.20	198.00	3.72	613.80
Two men on Frame 11	110.00	1.20	132.00	4.65	511.50
Two men on Frame 13	110.00	1.20	132.00	5.58	613.80
Three men on Frame 15	165.00	1.20	198.00	6.51	1074.15
Two men on Frame 17	110.00	1.20	132.00	7.44	818.40
Two men on Frame 19	110.00	1.20	132.00	8.37	920.70
Three men on Frame 21	165.00	1.20	198.00	9.30	1534.50
Two men on Frame 23	110.00	1.20	132.00	10.23	1125.30
One men on Frame 25	55.00	1.20	66.00	11.16	613.80
One men on Frame 39	55.00	1.20	66.00	17.67	971.85
Two men on Frame 41	110.00	1.20	132.00	18.60	2046.00
Three men on Frame 43	165.00	1.20	198.00	19.53	3222.45
Two men on Frame 45	110.00	1.20	132.00	20.46	2260.80
Two men on Frame 47	110.00	1.20	132.00	21.39	2362.90
Three men on Frame 49	165.00	1.20	198.00	22.32	3682.80
Two men on Frame 51	110.00	1.20	132.00	23.25	2567.50
Two men on Frame 53	110.00	1.20	132.00	24.18	2659.80
Three men on Frame 55	165.00	1.20	198.00	25.11	4143.15
Two men on Frame 57	110.00	1.20	132.00	26.04	2864.40
Two men on Frame 59	110.00	1.20	132.00	26.97	2966.70
Two men on Frame 61	110.00	1.20	132.00	27.90	3069.00
Three men on Frame 63	165.00	1.20	198.00	28.83	4756.95
Two men on Frame 65	110.00	1.20	132.00	29.76	3273.60
Two men on Frame 67	110.00	1.20	132.00	30.69	3375.90
Two men on Frame 69	110.00	1.20	132.00	31.62	3445.20
One men on Frame 73	55.00	1.20	66.00	33.48	1841.40
After 2 men	120.00	2.50	300.00	-0.10	-12.00
After (Bag)	65.00	2.65	172.25	-1.70	-110.50
One men on Frame 24	65.00	2.00	130.00	10.70	695.50
One men on Frame 26	65.00	2.00	130.00	11.63	755.95
One men forward Super. st.	65.00	2.00	130.00	16.50	1072.50
One men forward Super. st.	65.00	2.00	130.00	17.40	1131.00
Four men in Super. st.	260.00	1.60	416.00	14.00	3640.00
Total Men	4005.00	1.34	5368.25	16.23	64990.10

DESCRIPTIONS	AREA (m²)	WEIGHT kg	VCG (m)	MOMENT (kg.m)	LCG (m)	MOMENT (kg.m)
Group Shell						
Bottom shell	23.80	1047.20	0.05	52.36	16.43	17205.50
Shell draft 0.0-0.01m	11.60	510.40	0.06	30.62	16.43	8385.87
Shell draft 0.01-0.03m	7.60	334.40	0.08	26.75	16.43	5494.19
Shell draft 0.03-0.05m	11.30	497.20	0.09	44.75	16.43	8169.00
Shell draft 0.05-0.1m	13.20	580.80	0.10	58.08	16.43	9542.54
Shell draft 0.1-0.2m	9.30	409.20	0.27	110.48	16.43	6723.16
Shell draft 0.2-0.3m	7.90	379.20	0.36	136.51	16.43	6230.26
Shell draft 0.3-0.4m	8.30	398.40	0.45	179.28	16.43	6545.71
Shell draft 0.4-0.5m	7.80	374.40	0.55	205.92	16.43	6151.39
Shell draft 0.6-0.7m	7.50	360.00	0.65	234.00	16.43	5914.80
Shell draft 0.7-0.9m	14.50	696.00	0.81	563.76	16.43	11435.28
Shell draft 0.9-1.1m	13.90	667.20	1.04	693.89	16.43	10962.10
Shell draft 1.1 m	3.00	144.00	1.22	175.68	16.43	2365.92
Total Shell	139.70	6398.40	0.49	2512.09	16.43	105125.71
Group Frame						
Frame D		29.00	1.60	46.40	-1.86	-53.94
Frame C		33.00	1.40	46.20	-1.40	-46.20
Frame B		37.00	1.20	44.40	-0.93	-34.41
Frame A		42.00	1.10	46.20	-0.47	-19.74
Frame 1		43.26	1.00	43.26	0.00	0.00
Frame 2		22.79	0.74	16.86	0.47	10.60
Frame 3		49.67	0.87	43.21	0.93	46.19
Frame 4		24.89	0.63	15.68	1.40	34.71
Frame 5		56.07	0.78	43.73	1.86	104.29
Frame 6		26.99	0.52	14.03	2.33	62.74
Frame 7		62.48	0.69	43.11	2.79	174.31
Frame 8		29.09	0.41	11.92	3.26	94.67
Frame 9		67.41	0.64	43.14	3.72	250.77
Frame 10		30.35	0.38	11.53	4.19	126.99
Frame 11		71.08	0.63	44.78	4.65	330.55
Frame 12		31.71	0.35	11.10	5.12	162.20
Frame 13		74.66	0.61	45.54	5.58	416.57
Frame 14		32.97	0.32	10.55	6.05	199.30
Frame 15		78.33	0.60	47.00	6.51	509.93
Frame 16		33.92	0.29	9.84	6.98	236.56
Frame 17		79.07	0.59	46.65	7.44	588.24
Frame 18		34.55	0.28	9.67	7.91	273.08
Frame 19		79.80	0.58	46.28	8.37	667.93
Frame 20		35.18	0.27	9.50	8.84	310.77
Frame 21		80.54	0.57	45.90	9.30	748.98
Frame 22		35.81	0.26	9.31	9.77	349.64
Frame 23		81.27	0.56	45.51	10.23	831.39
Frame 24		36.44	0.25	9.11	10.70	389.67
Frame 25		82.01	0.55	45.10	11.16	915.18
Frame 26		36.96	0.24	8.87	11.63	429.66
Frame 27		82.74	0.55	45.51	12.09	1000.33

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

รัชกาลที่ 9

DESCRIPTIONS	WEIGHT kg	VCG (m)	MOMENT (kg.m)	LCG (m)	MOMENT (kg.m)
Frame 28	37.59	0.23	8.65	12.56	471.94
Frame 29	83.48	0.55	45.91	13.02	1086.84
Frame 30	38.22	0.22	8.41	13.49	515.40
Frame 31	84.21	0.55	46.32	13.95	1174.73
Frame 32	38.85	0.21	8.16	14.42	560.02
Frame 33	84.95	0.55	46.72	14.88	1263.98
Frame 34	39.48	0.20	7.90	15.35	605.82
Frame 35	84.95	0.55	46.72	15.81	1342.98
Frame 36	38.85	0.21	8.16	16.28	632.28
Frame 37	84.21	0.55	46.32	16.74	1409.68
Frame 38	38.22	0.22	8.41	17.21	657.58
Frame 39	83.48	0.55	45.91	17.67	1475.00
Frame 40	37.59	0.23	8.65	18.14	681.69
Frame 41	82.74	0.55	45.51	18.60	1538.96
Frame 42	36.96	0.24	8.87	19.07	704.64
Frame 43	82.01	0.55	45.10	19.53	1601.56
Frame 44	36.44	0.25	9.11	20.00	728.52
Frame 45	81.27	0.55	44.70	20.46	1662.78
Frame 46	35.81	0.26	9.31	20.93	749.22
Frame 47	80.54	0.55	44.29	21.39	1722.64
Frame 48	35.18	0.27	9.50	21.86	768.75
Frame 49	79.80	0.55	43.89	22.32	1781.14
Frame 50	34.55	0.28	9.67	22.79	787.11
Frame 51	79.07	0.55	43.49	23.25	1838.26
Frame 52	33.60	0.29	9.74	23.72	796.82
Frame 53	75.08	0.56	42.04	24.18	1815.31
Frame 54	32.76	0.30	9.83	24.65	807.37
Frame 55	68.67	0.57	39.14	25.11	1724.30
Frame 56	31.82	0.32	10.18	25.58	813.67
Frame 57	51.66	0.58	29.96	26.04	1345.23
Frame 58	30.98	0.34	10.53	26.51	820.99
Frame 59	65.76	0.59	32.90	26.97	1503.71
Frame 60	30.03	0.36	10.81	27.44	823.87
Frame 61	51.98	0.60	31.19	27.90	1450.10
Frame 62	28.88	0.41	11.84	28.37	819.04
Frame 63	50.19	0.65	32.62	28.83	1446.98
Frame 64	27.72	0.48	13.31	29.30	812.06
Frame 65	48.62	0.70	34.03	29.76	1446.78
Frame 66	26.57	0.54	14.35	30.23	802.93
Frame 67	47.04	0.76	35.75	30.69	1443.66
Frame 68	25.41	0.60	15.25	31.16	791.65
Frame 69	45.47	0.81	36.83	31.62	1437.60
Frame 70	24.78	0.66	16.35	32.09	795.07
Frame 71	43.89	0.87	38.18	32.55	1428.62
Frame 72	23.00	0.73	16.79	33.02	759.18
Frame 73	42.32	0.92	38.93	33.48	1416.71
Frame 74	21.84	0.79	17.25	33.95	741.36
Frame 75	40.74	1.00	40.74	34.41	1401.86
Frame 76	39.00	0.85	34.00	34.88	1395.00
Frame 77	36.00	1.00	36.00	35.34	1378.26
Frame 78	31.00	1.20	37.20	35.81	1288.98
Frame 79	31.00	1.50	46.50	36.74	1138.79
Total Frame	4084.11	0.63	2360.79	16.53	67518.37

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

รัชกาลที่ 9

DESCRIPTIONS	WEIGHT kg	VCG (m)	MOMENT (kg.m)	LCG (m)	MOMENT (kg.m)	
Group Longitudinal						
Keel 8" x 10" (F71-F1)	1320.00	0.20	264.00	16.30	21516.00	
Plate 6 mm	1094.88	0.68	744.52	17.00	18612.96	
F.B. 125 x 6 mm	480.00	0.68	326.40	17.00	8160.00	
Bolt & nut	160.00	0.68	108.80	16.50	2640.00	
F.B. 100 x 450 x 6 mm	604.80	0.30	181.44	16.50	9979.20	
Wood @ cl 4" x 8" from Alt-F25	210.00	1.20	252.00	3.60	756.00	
Wood @ cl 2" x 5" F25-F37	17.00	1.00	17.00	14.00	238.00	
Wood @ cl 4" x 8" from F41-F75	216.00	1.00	216.00	26.66	5758.56	
Wood grill 1.5" at F24	34.00	0.95	32.30	10.70	363.80	
Wood grill 1.5" at F39	38.00	0.95	36.10	18.14	689.32	
Wood @ side 1.25" x 5"	202.00	1.15	232.30	17.80	3595.60	
Wood @ side 1.25" x 3"	123.00	1.10	135.30	17.80	2189.40	
Wood @ side 1.5"	0.00	1.16	0.00	15.72	0.00	
Stringer 8" x 5"	1339.37	0.96	1285.80	15.50	20760.30	
Wood deck 2" x 8"	649.21	1.00	649.21	14.40	9348.62	
Wood @ side 1.2" fwd	216.00	0.80	172.80	32.60	7041.60	
Wood @ side 1.2" fwd	100.00	1.15	115.00	35.50	3550.00	
Wood @ side 1.2" after	250.00	1.95	487.50	2.20	550.00	
Wood @ side 1.2" after AP	250.00	1.80	450.00	-2.00	-500.00	
Wood @ side 1.2" between	150.00	1.05	157.50	17.00	2550.00	
Total Longitudinal	7454.26	0.79	5863.97	15.80	117799.36	
DESCRIPTIONS	AREA (m^2)	WEIGHT kg	VCG (m)	MOMENT (kg.m)	LCG (m)	MOMENT (kg.m)
Group Stem						
Stem to keel F71		660.00	1.10	726.00	35.80	23628.00
Shell	6.60	290.40	1.35	392.04	35.52	10315.62
Mast x 7		93.46	2.20	205.62	17.00	1588.86
Floor	1.50	66.00	1.20	79.20	0.00	0.00
Gun & support		50.00	2.00	100.00	37.00	1850.00
Total Stem		1159.86	1.30	1502.86	32.23	37382.48
DESCRIPTIONS	AREA (m^2)	WEIGHT kg	VCG (m)	MOMENT (kg.m)	LCG (m)	MOMENT (kg.m)
Group Stern						
Stem		450.00	1.99	894.15	-2.39	-1074.15
Shell	9.60	422.44	1.70	718.14	-1.83	-771.66
Plate		43.20	3.55	153.36	-3.85	-166.32
Tail		300.00	4.00	1200.00	-4.10	-1230.00
Floor	1.50	66.00	1.20	79.20	0.00	0.00
Chair		40.00	2.40	96.00	-1.90	-76.00
Total Stern		1321.64	2.38	3140.85	-2.51	-3318.13

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพณิชยนาวิ

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

DESIGN DISPLACEMENT 21.869 TONS FW
DESIGN LCG -1.266 METER FROM AMIDSHIPS (+ FWD)
DESIGN DRAFT .380 METER
DESIGN TRIM .000 METER (+ BY STERN)

LENGTH OVERALL 34.600 METER
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS 34.600 METER
LENGTH ON DESIGN WATERLINE 34.557 METER

STATION OF MAX AREA (AT DWL) 19.571 METER FROM FP
BEAM AT STATION OF MAX AREA 2.983 METER
SECTION AREA COEFFICIENT .8480
PRISMATIC COEFFICIENT .6576
BLOCK COEFFICIENT .5576

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

WATERLINES
METER

.10
.15
.20
.25
.30
.35
.36
.37
.38 DWL
.39
.40
.41
.42
.43
.44
.45
.50
.55
.60
.65
.70
.75

DESIGN WATERLINE INDICATED BY DWL

TRIMS - METER (+ BY STERN) .000 -.100 .100

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพณิชยนาวิ

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

HYDROSTATICS

UNITS AND DEFINITIONS

CIDOFTS CHANGE IN DISPLACEMENT FOR 10 cm. TRIM BY STERN IN TONS
DISPLACEMENT DISPLACEMENT IN LONG TONS FW
DRAFT HEIGHT ABOVE BASELINE IN METER AMIDSHIPS
KB HEIGHT OF CENTER OF BUOYANCY ABOVE BASELINE IN METER
LCB LONGITUDINAL CENTER OF BUOYANCY IN METER FROM AMIDSHIPS (+ FWD)
LCF LONGITUDINAL CENTER OF FLOTATION IN METER FROM AMIDSHIPS (+ FWD)
LONG.BM LONGITUDINAL BM IN METER
LONG.KM LONGITUDINAL KM IN METER
MCT MOMENT TO CHANGE TRIM ONE CM. IN TONS METER
PRISMATIC PRISMATIC COEFFICIENT - VOLUME/(LBP X AREA*)
TPC TONS PER CM. IMMERSION
TRNSV BM TRANSVERSE BM IN METER
TRNSV KM TRANSVERSE KM IN METER
VOLUME DISPLACED VOLUME IN CUBIC METER
WETTED SURFACE SURFACE AREA OF WETTED PORTION OF HULL IN SQUARE METER
WPLANE AREA AREA OF WATERPLANE IN SQUARE METER
WPLANE COEF WATERPLANE COEFFICIENT - WATERPLANE AREA/(LBP X BEAM*)
WPLANE I COEF INERTIA COEFF - WPLANE TRANSV.INERTIA/(LBP X BEAM* CUBED/12)

AREA* AND BEAM* ARE PROPERTIES AT THE TABULATED DRAFT .
OF THE STATION OF MAXIMUM AREA AT DESIGN DRAFT

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

SHIP	NARAI SONGSUBUN RAMA 9			0	SERIAL NUMBER			0	DATE 1 NOV 37		
HYDROSTATICS - PART I											
TRIM				.000 METER							
DRAFT		VOLUME	DISPLACEMENT	LCB	KB	WETTED SURFACE	PRISMATIC COEF	WPLANE COEF	WPLANE I COEF		
	.10	4.04	4.04	-1.47	.06	54.34	.549	.639	.446		
	.15	6.79	6.79	-1.35	.08	62.11	.593	.694	.516		
	.20	9.79	9.79	-1.30	.11	67.50	.620	.700	.517		
	.25	12.96	12.96	-1.29	.14	72.26	.636	.703	.510		
	.30	16.28	16.28	-1.28	.17	76.77	.646	.707	.510		
	.35	19.74	19.74	-1.27	.20	80.90	.654	.711	.511		
	.36	20.45	20.45	-1.27	.20	81.69	.655	.712	.511		
	.37	21.16	21.16	-1.27	.21	82.45	.656	.712	.511		
DWL	.38	21.87	21.87	-1.27	.21	83.21	.658	.713	.512		
	.39	22.59	22.59	-1.26	.22	83.95	.659	.714	.512		
	.40	23.31	23.31	-1.26	.23	84.67	.660	.714	.513		
	.41	24.05	24.05	-1.25	.23	85.54	.661	.718	.518		
	.42	24.81	24.81	-1.25	.24	86.40	.663	.722	.523		
	.43	25.56	25.56	-1.24	.24	87.25	.665	.726	.527		
	.44	26.32	26.32	-1.24	.25	88.10	.666	.729	.531		
	.45	27.09	27.09	-1.23	.25	88.94	.668	.732	.535		
	.50	30.97	30.97	-1.20	.28	93.04	.676	.745	.548		
	.55	34.95	34.95	-1.18	.31	96.98	.684	.751	.550		
	.60	39.00	39.00	-1.15	.34	100.75	.690	.753	.543		
	.65	43.13	43.13	-1.13	.36	104.56	.696	.762	.553		
	.70	47.33	47.33	-1.11	.39	108.31	.702	.769	.563		
	.75	51.60	51.60	-1.08	.42	112.00	.707	.773	.565		

HYDROSTATICS - PART II

TRIM .000 METER										
DRAFT	WPLANE AREA	LCF	TPC	CIDOFTHS	LONG. BM	TRNSV BM	LONG. KM	TRNSV KM	MCT 1CM	
.10	51.	-.94	.51	.14	700.6	4.00	700.7	4.06	.82	
.15	58.	-.89	.58	.15	514.9	3.14	515.0	3.23	1.01	
.20	63.	-1.05	.63	.19	392.2	2.62	392.3	2.73	1.11	
.25	66.	-1.11	.66	.21	320.8	2.28	320.9	2.43	1.20	
.30	69.	-1.12	.69	.23	272.4	2.06	272.6	2.23	1.24	
.35	72.	-1.11	.72	.23	236.3	1.89	236.5	2.08	1.35	
.36	73.	-1.10	.73	.23	230.1	1.85	230.3	2.06	1.36	
.37	73.	-1.10	.73	.23	224.2	1.82	224.4	2.03	1.37	
DWL .38	74.	-1.09	.74	.23	218.5	1.79	218.7	2.01	1.38	
.39	74.	-1.09	.74	.23	213.1	1.76	213.3	1.98	1.39	
.40	74.	-1.08	.74	.23	207.9	1.73	208.1	1.96	1.40	
.41	75.	-1.07	.75	.23	204.2	1.70	204.4	1.93	1.42	
.42	75.	-1.06	.75	.23	200.6	1.67	200.9	1.90	1.44	
.43	76.	-1.05	.76	.23	197.1	1.64	197.4	1.88	1.46	
.44	76.	-1.04	.76	.23	193.8	1.61	194.0	1.86	1.47	
.45	77.	-1.03	.77	.23	190.5	1.58	190.8	1.83	1.49	
.50	79.	-.99	.79	.23	175.7	1.45	176.0	1.73	1.57	
.55	80.	-.96	.80	.22	162.7	1.34	163.0	1.65	1.64	
.60	82.	-.93	.82	.22	151.1	1.24	151.5	1.58	1.70	
.65	83.	-.89	.83	.21	141.4	1.17	141.8	1.53	1.76	
.70	85.	-.85	.85	.21	132.7	1.11	133.1	1.50	1.82	
.75	86.	-.82	.86	.20	124.8	1.05	125.2	1.46	1.86	

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

SHIP	NARAI SONGSUBUN RAMA 9				0	SERIAL NUMBER		0	DATE 1 NOV 37	
SECTIONAL AREAS IN SQUARE METER - PART 1										
TRIM .000 METER										
STATION	.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000		
DRAFT										
.10	.00	.01	.07	.11	.19	.21	.20	.18		
.15	.00	.03	.13	.20	.30	.33	.32	.29		
.20	.00	.06	.21	.29	.41	.45	.45	.41		
.25	.00	.10	.28	.40	.53	.58	.58	.54		
.30	.00	.14	.36	.51	.66	.72	.72	.68		
.35	.00	.18	.45	.62	.79	.86	.87	.81		
.36	.00	.19	.47	.64	.82	.89	.90	.84		
.37	.00	.20	.48	.67	.85	.92	.93	.87		
DWL .38	.00	.21	.50	.69	.88	.94	.96	.90		
.39	.00	.22	.52	.71	.90	.97	.99	.93		
.40	.00	.23	.54	.74	.93	1.00	1.02	.95		
.41	.00	.25	.56	.76	.96	1.03	1.05	.98		
.42	.00	.26	.58	.79	.99	1.06	1.08	1.01		
.43	.00	.27	.59	.81	1.01	1.09	1.11	1.04		
.44	.00	.28	.61	.83	1.04	1.12	1.14	1.07		
.45	.00	.29	.63	.86	1.07	1.15	1.17	1.10		
.50	.01	.35	.73	.98	1.21	1.30	1.32	1.25		
.55	.03	.41	.83	1.11	1.36	1.46	1.48	1.39		
.60	.05	.48	.93	1.24	1.50	1.61	1.63	1.54		
.65	.08	.55	1.04	1.37	1.65	1.77	1.79	1.69		
.70	.11	.62	1.14	1.50	1.80	1.92	1.95	1.84		
.75	.15	.69	1.25	1.64	1.95	2.08	2.11	2.00		

SECTIONAL AREAS IN SQUARE METER - PART 2

TRIM .000 METER										
STATION	8.000	9.000	10.000							
DRAFT										
.10	.15	.03	.00							
.15	.24	.08	.00							
.20	.35	.14	.00							
.25	.46	.21	.00							
.30	.57	.29	.00							
.35	.69	.38	.00							
.36	.72	.40	.00							
.37	.74	.42	.00							
DWL .38	.77	.43	.00							
.39	.79	.45	.00							
.40	.82	.47	.00							
.41	.84	.49	.00							
.42	.87	.51	.00							
.43	.89	.53	.00							
.44	.92	.54	.00							
.45	.94	.56	.01							
.50	1.07	.66	.02							
.55	1.20	.75	.05							
.60	1.33	.85	.08							
.65	1.46	.96	.13							
.70	1.60	1.06	.17							
.75	1.73	1.16	.22							

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

HYDROSTATICS - PART I				TRIM		- .100 METER					
DRAFT	VOLUME	DISPLACEMENT	LCB	KB	WETTED SURFACE	PRISMATIC COEF	WPLANE COEF	WPLANE I COEF			
.10	3.90	3.90	.60	.06	53.88	.570	.625	.419			
.15	6.62	6.62	.09	.09	61.18	.604	.684	.505			
.20	9.59	9.59	-.22	.11	66.79	.628	.701	.525			
.25	12.74	12.74	-.42	.14	71.74	.643	.703	.514			
.30	16.05	16.05	-.55	.17	76.38	.653	.708	.513			
.35	19.51	19.51	-.65	.20	80.63	.660	.712	.513			
.36	20.22	20.22	-.65	.20	81.52	.661	.713	.513			
.37	20.95	20.95	-.66	.21	82.40	.663	.715	.514			
DWL .38	21.67	21.67	-.66	.21	83.27	.664	.716	.514			
.39	22.40	22.40	-.67	.22	84.11	.666	.717	.515			
.40	23.14	23.14	-.67	.22	84.95	.667	.719	.515			
.41	23.88	23.88	-.67	.23	85.76	.668	.720	.515			
.42	24.63	24.63	-.68	.24	86.56	.670	.723	.520			
.43	25.37	25.37	-.68	.24	87.34	.671	.726	.525			
.44	26.13	26.13	-.68	.25	88.12	.672	.729	.530			
.45	26.88	26.88	-.68	.25	88.90	.674	.732	.534			
.50	30.77	30.77	-.69	.28	93.00	.681	.746	.549			
.55	34.75	34.75	-.71	.31	96.94	.688	.753	.554			
.60	38.80	38.80	-.71	.34	100.77	.695	.757	.551			
.65	42.93	42.93	-.72	.36	104.59	.701	.764	.555			
.70	47.14	47.14	-.72	.39	108.33	.706	.770	.563			
.75	51.41	51.41	-.72	.42	112.02	.711	.775	.567			

HYDROSTATICS - PART II TRIM - .100 METER

DRAFT	WPLANE AREA	LCF	TPC	CIDOFIS	LONG. BM	TRNSV BM	LONG. KM	TRNSV KM	MCT 1CM
.10	51.	-.06	.51	.01	712.4	4.06	712.4	4.12	.80
.15	57.	-.39	.57	.06	504.7	3.13	504.8	3.21	.97
.20	62.	-.68	.62	.12	389.5	2.62	389.6	2.73	1.08
.25	66.	-.82	.66	.16	320.7	2.29	320.8	2.43	1.18
.30	69.	-.90	.69	.18	273.2	2.07	273.4	2.24	1.27
.35	72.	-.94	.72	.20	237.6	1.89	237.8	2.09	1.34
.36	73.	-.93	.73	.19	232.3	1.86	232.5	2.06	1.36
.37	73.	-.92	.73	.19	227.2	1.83	227.4	2.04	1.38
DWL .38	74.	-.90	.74	.19	222.3	1.80	222.5	2.01	1.39
.39	74.	-.89	.74	.19	217.6	1.77	217.8	1.99	1.41
.40	75.	-.88	.75	.19	213.0	1.74	213.3	1.96	1.42
.41	75.	-.87	.75	.19	208.6	1.71	208.9	1.94	1.44
.42	76.	-.85	.76	.19	204.4	1.68	204.6	1.91	1.45
.43	76.	-.84	.76	.18	200.2	1.65	200.5	1.89	1.47
.44	76.	-.82	.76	.18	196.3	1.62	196.5	1.86	1.48
.45	77.	-.81	.77	.18	192.5	1.59	192.7	1.84	1.50
.50	79.	-.80	.79	.18	177.2	1.46	177.5	1.74	1.58
.55	80.	-.80	.80	.19	163.9	1.35	164.2	1.65	1.65
.60	82.	-.78	.82	.18	152.5	1.25	152.9	1.59	1.71
.65	83.	-.76	.83	.18	142.7	1.17	143.1	1.54	1.77
.70	85.	-.74	.85	.18	133.7	1.11	134.1	1.50	1.82
.75	86.	-.72	.86	.18	125.6	1.05	126.0	1.47	1.87

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

SECTIONAL AREAS IN SQUARE METER - PART 1				TRIM		- .100 METER					
STATION	.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000			
DRAFT											
.10	.00	.03	.10	.14	.21	.21	.18	.14			
.15	.00	.06	.18	.23	.32	.33	.30	.24			
.20	.00	.09	.25	.33	.43	.45	.42	.36			
.25	.00	.13	.33	.44	.56	.58	.56	.49			
.30	.00	.17	.41	.55	.69	.72	.70	.62			
.35	.00	.22	.50	.67	.82	.86	.84	.76			
.36	.00	.23	.52	.69	.85	.89	.87	.79			
.37	.00	.25	.54	.71	.88	.92	.90	.81			
DWL .38	.00	.26	.56	.74	.90	.94	.93	.84			
.39	.00	.27	.58	.76	.93	.97	.96	.87			
.40	.00	.28	.59	.79	.96	1.00	.99	.90			
.41	.01	.29	.61	.81	.99	1.03	1.02	.93			
.42	.01	.30	.63	.83	1.01	1.06	1.05	.95			
.43	.01	.31	.65	.86	1.04	1.09	1.08	.98			
.44	.01	.32	.67	.88	1.07	1.12	1.11	1.01			
.45	.01	.34	.69	.91	1.10	1.15	1.14	1.04			
.50	.03	.40	.79	.91	1.24	1.30	1.29	1.19			
.55	.05	.46	.89	1.03	1.38	1.46	1.44	1.33			
.60	.08	.53	1.00	1.16	1.53	1.61	1.60	1.48			
.65	.11	.60	1.10	1.29	1.68	1.77	1.76	1.63			
.70	.15	.68	1.21	1.42	1.83	1.92	1.92	1.78			
.75	.19	.75	1.32	1.69	1.98	2.08	2.07	1.94			

SECTIONAL AREAS IN SQUARE METER - PART 2 TRIM - .100 METER

STATION	8.000	9.000	10.000
DRAFT			
.10	.10	.00	.00
.15	.19	.04	.00
.20	.28	.09	.00
.25	.39	.16	.00
.30	.50	.23	.00
.35	.62	.31	.00
.36	.65	.33	.00
.37	.67	.35	.00
DWL .38	.69	.36	.00
.39	.72	.38	.00
.40	.74	.40	.00
.41	.77	.42	.00
.42	.79	.43	.00
.43	.82	.45	.00
.44	.84	.47	.00
.45	.87	.49	.00
.50	.99	.58	.01
.55	1.12	.68	.02
.60	1.25	.77	.05
.65	1.38	.87	.08
.70	1.52	.98	.13
.75	1.65	1.08	.17

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

SECTIONAL AREAS IN SQUARE METER - PART 1								
STATION	.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000
DRAFT								
.10	.00	.00	.03	.08	.17	.21	.23	.22
.15	.00	.02	.09	.16	.27	.33	.35	.34
.20	.00	.04	.16	.25	.39	.45	.48	.46
.25	.00	.07	.24	.36	.51	.58	.61	.59
.30	.00	.10	.31	.46	.64	.72	.75	.73
.35	.00	.15	.40	.57	.77	.86	.90	.87
.36	.00	.16	.41	.60	.79	.89	.93	.90
.37	.00	.16	.43	.62	.82	.92	.96	.93
DWL	.38	.00	.17	.45	.64	.85	.94	.99
.39	.00	.18	.47	.67	.88	.97	1.02	.98
.40	.00	.19	.48	.69	.90	1.00	1.05	1.01
.41	.00	.20	.50	.71	.93	1.03	1.08	1.04
.42	.00	.21	.52	.74	.96	1.06	1.11	1.07
.43	.00	.22	.54	.76	.99	1.09	1.14	1.10
.44	.00	.23	.56	.79	1.01	1.12	1.17	1.13
.45	.00	.25	.58	.81	1.04	1.15	1.20	1.16
.50	.00	.30	.67	.93	1.18	1.30	1.35	1.30
.55	.01	.36	.77	1.06	1.33	1.46	1.51	1.45
.60	.03	.42	.87	1.19	1.47	1.61	1.66	1.60
.65	.05	.49	.97	1.32	1.62	1.77	1.82	1.75
.70	.08	.56	1.08	1.45	1.77	1.92	1.98	1.91
.75	.11	.63	1.19	1.58	1.92	2.08	2.14	2.06

SECTIONAL AREAS IN SQUARE METER - PART 2 TRIM .100 METER

STATION	8.000	9.000	10.000
DRAFT			
.10	.20	.07	.00
.15	.30	.13	.00
.20	.41	.20	.00
.25	.53	.28	.00
.30	.65	.36	.00
.35	.77	.45	.00
.36	.79	.47	.00
.37	.82	.49	.00
DWL	.38	.51	.00
.39	.87	.53	.00
.40	.89	.54	.01
.41	.92	.56	.01
.42	.94	.58	.01
.43	.97	.60	.01
.44	.99	.62	.02
.45	1.02	.64	.02
.50	1.15	.73	.05
.55	1.28	.83	.08
.60	1.41	.93	.13
.65	1.54	1.04	.17
.70	1.68	1.14	.22
.75	1.82	1.25	.28

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

SHIP	NARAI SONGSUBUN RAMA 9	0	SERIAL NUMBER	0	DATE 1 NOV 37
7 INPUT DRAFT	.200	.300	.350	.400	.450
	.500	.600			
3 INPUT TRIMS	.000	-.100	.100		
1 INPUT POLES	.000				
9 INPUT HEELS	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000
	60.000	70.000	80.000	89.999	

DEFINITIONS

DISPL	DISPLACEMENT IN TONS FW
LCG	LCG IN METER FROM AMIDSHIPS (+ FWD)
HEEL	INPUT HEEL ANGLE IN DEGREES
TCB	TRANSVERSE CENTER OF BUOYANCY FROM CL IN METER
VCB	VERTICAL CENTER OF BUOYANCY ABOVE BL IN METER
RA	RIGHTING ARM IN METER
DRAFT	DRAFT AMIDSHIPS IN METER
TRIM	TOTAL TRIM IN METER (+ BY STERN)

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

INTACT CROSS CURVES AT POLE HEIGHT .00 METER ABOVE BL

TRIM	HEEL	DISPL	RA	TCB	VCB	LCB	DRAFT
.000	10.000	11.011	.439	.417	.161	-1.391	.200
		17.344	.368	.337	.207	-1.297	.300
		20.705	.344	.309	.232	-1.267	.350
		24.176	.325	.285	.256	-1.246	.400
		27.853	.309	.264	.282	-1.218	.450
.000	20.000	31.656	.296	.246	.307	-1.193	.500
		39.579	.275	.216	.359	-1.145	.600
		14.632	.698	.647	.263	-1.476	.200
		20.424	.643	.575	.300	-1.341	.300
		23.577	.618	.541	.319	-1.291	.350
.000	30.000	26.872	.595	.510	.339	-1.249	.400
		30.353	.574	.480	.359	-1.208	.450
		33.945	.556	.453	.380	-1.176	.500
		41.319	.522	.403	.422	-1.120	.600
		20.231	.852	.762	.386	-1.500	.200
.000	40.000	25.438	.815	.702	.413	-1.355	.300
		28.118	.793	.671	.425	-1.285	.350
		30.815	.771	.639	.436	-1.216	.400
		33.668	.748	.606	.447	-1.190	.450
		36.511	.725	.573	.457	-1.153	.500
.000	50.000	42.207	.678	.508	.477	-1.092	.600
		25.937	.911	.787	.479	-1.408	.200
		29.862	.874	.731	.488	-1.269	.300
		31.902	.855	.702	.493	-1.237	.350
		33.899	.836	.674	.497	-1.185	.400
.000	60.000	36.080	.817	.645	.503	-1.159	.450
		38.191	.799	.617	.507	-1.118	.500
		42.384	.762	.562	.516	-1.051	.600
		30.226	.898	.766	.529	-1.297	.200
		33.218	.872	.722	.533	-1.222	.300
.000	70.000	34.739	.859	.699	.535	-1.185	.350
		36.122	.847	.678	.536	-1.116	.400
		37.807	.834	.655	.539	-1.115	.450
		39.343	.821	.633	.541	-1.085	.500
		42.407	.797	.590	.545	-1.033	.600
.000	80.000	33.785	.854	.734	.562	-1.229	.200
		35.946	.839	.701	.564	-1.171	.300
		37.031	.832	.685	.565	-1.143	.350
		37.844	.824	.672	.564	-1.088	.400
		39.204	.817	.653	.566	-1.092	.450
.000	90.000	40.288	.810	.638	.567	-1.069	.500
		42.447	.796	.607	.569	-1.027	.600
		36.939	.792	.698	.589	-1.157	.200
		38.321	.785	.677	.589	-1.120	.300
		39.012	.781	.667	.589	-1.102	.350
.000	100.000	39.277	.777	.660	.587	-1.069	.400
		40.391	.775	.647	.589	-1.069	.450
		41.079	.771	.636	.589	-1.054	.500
		42.452	.765	.616	.590	-1.026	.600

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพาณิชย์นาวี

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

INTACT CROSS CURVES AT POLE HEIGHT .00 METER ABOVE BL

TRIM	HEEL	DISPL	RA	TCB	VCB	LCB	DRAFT
.000	80.000	39.740	.714	.661	.609	-1.094	.200
		40.413	.712	.651	.609	-1.078	.300
		40.748	.711	.646	.608	-1.069	.350
		40.483	.707	.647	.604	-1.064	.400
		41.420	.709	.637	.608	-1.054	.450
.000	89.999	41.755	.709	.632	.608	-1.046	.500
		42.425	.707	.622	.608	-1.031	.600
		42.372	.625	.624	.625	-1.043	.200
		42.373	.625	.624	.625	-1.043	.300
		42.373	.625	.624	.625	-1.043	.350
-.100	10.000	41.563	.620	.631	.620	-1.072	.400
		41.563	.620	.631	.620	-1.072	.450
		41.957	.622	.628	.622	-1.225	.500
		42.373	.625	.624	.625	-1.043	.600
		10.837	.438	.417	.161	-.446	.200
-.100	20.000	17.150	.368	.338	.207	-.618	.300
		20.500	.345	.310	.231	-.675	.350
		24.019	.326	.286	.256	-.686	.400
		27.658	.310	.265	.281	-.686	.450
		31.457	.297	.247	.307	-.697	.500
-.100	30.000	39.382	.275	.216	.359	-.714	.600
		14.502	.696	.646	.262	-.800	.200
		20.276	.642	.574	.299	-.775	.300
		23.420	.618	.541	.319	-.771	.350
		26.742	.595	.510	.338	-.754	.400
-.100	40.000	30.194	.574	.481	.359	-.733	.450
		33.777	.556	.454	.380	-.727	.500
		41.154	.523	.404	.421	-.724	.600
		20.133	.851	.760	.384	-1.020	.200
		25.356	.814	.701	.413	-.926	.300
-.100	50.000	28.049	.793	.670	.425	-.886	.350
		30.780	.771	.639	.436	-.835	.400
		33.525	.748	.606	.447	-.783	.450
		36.403	.725	.573	.457	-.780	.500
		42.105	.679	.509	.477	-.759	.600
-.100	60.000	25.916	.910	.786	.479	-1.087	.200
		29.813	.873	.731	.488	-.968	.300
		31.804	.854	.703	.492	-.931	.350
		33.919	.836	.674	.498	-.887	.400
		35.977	.818	.646	.502	-.831	.450
-.100	70.000	38.140	.799	.618	.507	-.831	.500
		42.327	.763	.562	.516	-.794	.600
		30.185	.898	.766	.529	-1.051	.200
		33.190	.872	.722	.533	-.983	.300
		34.679	.859	.700	.535	-.968	.350
-.100	80.000	36.246	.846	.677	.537	-.920	.400
		37.665	.834	.656	.538	-.845	.450
		39.312	.822	.634	.541	-.872	.500
		42.372	.797	.591	.545	-.836	.600

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพณิชยการ

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

INTACT CROSS CURVES AT POLE HEIGHT .00 METER ABOVE BL

TRIM	HEEL	DISPL	RA	TCB	VCB	LCB
-.100	60.000	33.771	.854	.733	.562	-1.053
		35.932	.839	.701	.564	-1.000
		36.921	.832	.686	.564	-1.024
		38.104	.824	.669	.566	-.955
		39.013	.817	.655	.566	-.860
-.100	70.000	40.273	.810	.638	.567	-.916
		42.429	.796	.607	.569	-.884
		36.935	.792	.698	.589	-1.050
		38.316	.785	.677	.589	-1.016
		38.826	.781	.669	.588	-1.085
-.100	80.000	39.696	.778	.657	.589	-.985
		40.140	.774	.648	.588	-.872
		41.072	.771	.636	.589	-.958
		42.443	.765	.616	.590	-.934
		39.739	.714	.661	.609	-1.046
-.100	89.999	40.411	.712	.651	.609	-1.030
		40.461	.710	.649	.606	-1.151
		41.082	.710	.642	.608	-1.014
		41.102	.708	.639	.607	-.882
		41.753	.708	.632	.608	-1.000
.100	10.000	42.423	.707	.622	.608	-.986
		42.372	.625	.624	.625	-1.043
		42.373	.625	.624	.625	-1.043
		41.957	.622	.628	.622	-1.225
		41.957	.622	.628	.622	-1.225
.100	20.000	41.563	.620	.631	.620	-1.072
		41.563	.620	.631	.620	-1.072
		42.373	.625	.624	.625	-1.043
		11.239	.436	.414	.164	-2.307
		17.567	.367	.336	.210	-1.964
.100	30.000	20.937	.343	.307	.234	-1.850
		24.462	.324	.283	.259	-1.785
		28.101	.308	.263	.284	-1.742
		31.901	.295	.245	.310	-1.681
		39.808	.274	.215	.361	-1.569
.100	40.000	14.816	.698	.646	.266	-2.137
		20.615	.642	.573	.303	-1.899
		23.772	.617	.540	.322	-1.804
		27.099	.594	.508	.341	-1.734
		30.558	.573	.479	.361	-1.678
.100	50.000	34.155	.555	.452	.382	-1.619
		41.503	.521	.400	.423	-1.511
		20.367	.853	.761	.388	-1.971
		25.544	.814	.701	.415	-1.774
		28.204	.793	.670	.426	-1.676
.100	60.000	31.005	.770	.637	.438	-1.630
		33.802	.747	.604	.448	-1.577
		36.641	.724	.571	.458	-1.523
		42.309	.677	.506	.477	-1.419

การออกแบบเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ
รัชกาลที่ 9

วารสารสถาบันพณิชยการ

SHIP NARAI SONGSUBUN RAMA 9 0 SERIAL NUMBER 0 DATE 1 NOV 37

INTACT CROSS CURVES AT POLE HEIGHT .00 METER ABOVE BL

TRIM	HEEL	DISPL	RA	TCB	VCB	LCB	DRAFT
.100	40.000	25.965	.910	.786	.479	-1.724	.200
		29.968	.873	.729	.489	-1.589	.300
		31.959	.855	.701	.494	-1.517	.350
		34.066	.835	.672	.498	-1.503	.400
		36.119	.816	.644	.502	-1.466	.450
.100	50.000	38.242	.798	.616	.507	-1.404	.500
		42.438	.761	.560	.516	-1.306	.600
		30.278	.898	.765	.530	-1.543	.200
		33.267	.872	.720	.533	-1.457	.300
		34.663	.859	.700	.534	-1.365	.350
.100	60.000	36.303	.846	.676	.537	-1.376	.400
		37.802	.834	.655	.539	-1.353	.450
		39.374	.821	.633	.541	-1.298	.500
		42.443	.797	.590	.545	-1.231	.600
		33.805	.854	.733	.563	-1.404	.200
.100	70.000	35.963	.839	.701	.564	-1.340	.300
		36.870	.832	.686	.564	-1.232	.350
		38.132	.824	.669	.566	-1.279	.400
		39.120	.817	.654	.566	-1.296	.450
		40.302	.810	.637	.567	-1.222	.500
.100	80.000	42.463	.796	.607	.569	-1.170	.600
		36.944	.792	.698	.589	-1.264	.200
		38.326	.785	.677	.589	-1.223	.300
		38.773	.781	.669	.588	-1.102	.350
		39.707	.778	.657	.589	-1.185	.400
.100	89.999	40.216	.774	.648	.588	-1.250	.450
		41.086	.771	.636	.589	-1.150	.500
		42.459	.765	.616	.590	-1.118	.600
		39.742	.715	.661	.609	-1.143	.200
		40.414	.712	.651	.609	-1.125	.300
.100	90.000	40.434	.710	.649	.607	-.991	.350
		41.086	.711	.641	.608	-1.109	.400
		41.137	.708	.639	.606	-1.228	.450
		41.757	.709	.632	.608	-1.092	.500
		42.427	.707	.622	.608	-1.077	.600
.100	99.999	42.372	.625	.624	.625	-1.043	.200
		42.373	.625	.624	.625	-1.043	.300
		41.978	.623	.627	.623	-.890	.350
		41.978	.623	.627	.623	-.890	.400
		41.957	.622	.628	.622	-1.225	.450
.100	100.000	41.957	.622	.628	.622	-1.225	.500
		41.958	.622	.628	.622	-1.225	.600

INCLINING EXPERIMENT

NARAI SONGSUBUN RAMA THE 9

No.	Position	Weight (ton)	Distance form CL (m)	Moment Inclining (ton.m)	Position 1 (midship)			
					Distance between tube = 2325 mm		Tangent	Slope
					Water level (mm)			
					Starboard	Port		
1	CL	1.000	0.000	0.000	0	0	0.000	0.000
2	STBD.	1.000	1.000	1.000	48	-45	0.040	25.000
3	CL	1.000	0.000	0.000	-1	-2	0.000	0.000
4	PORT	1.000	1.000	1.000	-50	45	0.041	24.474
5	CL	1.000	0.000	0.000	-5	0	0.002	0.000
6	STBD.	1.000	0.600	0.600	24	-28	0.022	26.827
7	CL	1.000	0.000	0.000	-3	0	0.001	0.000
8	PORT	1.000	0.600	0.600	-33	28	0.026	22.869
9	CL	1.000	0.000	0.000	-6	-1	0.002	0.000
10	STBD.	1.000	1.200	1.200	52	-60	0.048	24.911
11	CL	1.000	0.000	0.000	-5	-7	0.001	0.000
12	PORT	1.000	1.200	1.200	-62	52	0.049	24.474
13	CL	1.000	0.000	0.000	-7	-1	0.003	0.000

Slope (starboard) = 25.579
Slope (port) = 23.939
Slope (mean) = 24.759

GM = Slope/Disp.

T (fwd) 0.380 m Draft @ forward
T (aft) 0.380 m Draft @ after
T (mid) 0.380 m Draft @ midship
Disp. 21.870 ton Displacement of ship

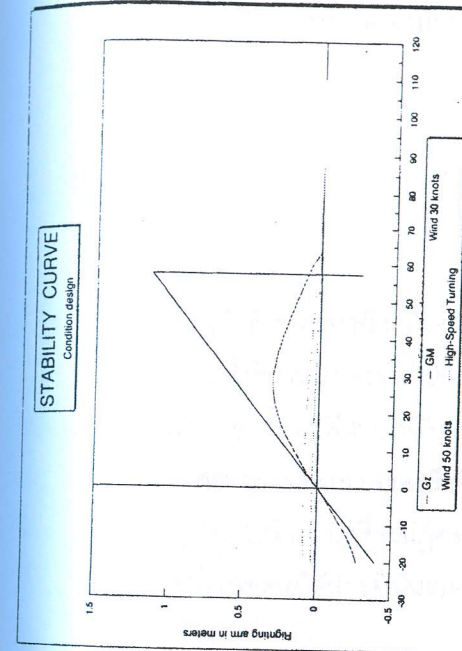
GM = 1.132

KM: = 2.010

KG = 0.878

Moment to change Heel 1 deg = 0.432 ton.m

Period of Roll T = 2.344 sec.



รูปที่ 4

Down Flooding angle 25.410 deg at Draft 0.38 m.
Down Flooding angle 23.931 deg at Draft 0.43 m.

SHIPNAME NARAI SONGSUBUN RAMA THE 9
Run name Parip 1
Ship condition: Inclining Experiment
Trim condition: 0

Degree Input Kn	Gz
0	0.000
10	0.309
20	0.574
30	0.748
40	0.817
50	0.834
60	0.817
70	0.775
80	0.000
90	0.000
100	0.000

Displacement 21,870 tons (from hydrostatic curve)
KM 2.010 m (from hydrostatic curve)
GM 1.132 m (KM-GM)
L 29.000 ft (Projected sail area)
A 567,000 ft² (Projected sail area)
V 2,000 knots (Velocity of ship in the turn)
R 35,000 m (Radius of turning circle)
a 0.688 m (Distance between G and lateral resistance)
g 9.810 m/sec² (Acceleration due to gravity)
V1 30,000 knots wind velocity curve
V2 50,000 knots wind velocity curve
Heeling arm due to wind = 0.0035 * V² * A * L * cos²(degree) / (2240 * disp)
Heeling arm due to high speed turns = (V² * a * Cos(deg) / (g * R))
Gz = Km * KG sin(degree) Km, from cross curve

Criteria	IMO	Requirement	Result
1	0.30	0.110 m ² rad.	OK
2	0.30	0.050 m ² rad.	OK
3	0.30	0.159 m ² rad.	OK
4	GZ 30°	0.048 m ² rad.	OK
5	GZ max	0.309 m.	OK
6	GM	29 s	OK
		1.132 m.	OK

Criteria	RAHOLA	Requirement	Result
1	GZ 20°	0.140 m.	OK
2	GZ 0°	63 s	OK

Criteria	U.S. Navy	Wind Heeling	30 Knots	50 Knots
1	Be/B max	<=0.6	0.104	0.287
A1/A2	>=1.4	2.946	1.822	OK
From Statical Stability Curve				
Max Heeling angle			2.00	5.00
A1 45 degree / A2			2.521	1.585

Criteria	U.S. Navy	High speed Turns	2 Knots
1	Qe	<=15°	0 s
2	Be/B max	<=0.6	0.007
3	A1/A	>=0.4	0.990