

นวัตกรรมการออกแบบเรือ Ship Design Innovation

ศราวุธ วงศ์เงินยวง วิศวกร สู้พัฒนาระกิจ พงศ์สรร ถวิลประวีติ
กรมแผนการช่าง กรมอุทหาเรือ 2 ถ.อรุณอมรินทร์ เขต บางกอกน้อย กรุงเทพฯ 10700
โทร 0-2475-4251 โทรสาร 0-2412-0732 E-mail: swny1976@yahoo.com, natthakorn_kit@yahoo.com, opongsan@yahoo.com

Saravut Wongngernyuang Natthakorn Supatthanakornkit Pongsan Twinprawate
Planning Department, Royal Thai Naval Dockyard, 2 Arunamrin Road, Bangkoknoi, Bangkok, 10700
Tel: 0-2475-4251 Fax: 0-2412-0732 E-mail: swny1976@yahoo.com, natthakorn_kit@yahoo.com, opongsan@yahoo.com,

บทคัดย่อ

การต่อเรือในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้วยความต้องการใช้เรือประเภทต่าง ๆ ตามภารกิจที่ถูกกำหนดขึ้นและตอบสนองการต่อเรือให้สามารถนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสม ขั้นตอนของการออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนของกรรมวิธีซ้ำแล้วซ้ำอีก (Iterative Process) ในลักษณะกันทอย (Design Spiral) จนในที่สุดได้ทุกอย่างเป็นที่พอใจถูกต้องตามความต้องการ การออกแบบเรือมีหัวข้อการดำเนินการงานที่สำคัญแตกต่างจากการออกแบบยานพาหนะทางบกหรือทางอากาศรวมทั้งการออกแบบสิ่งก่อสร้างประเภทต่าง ๆ โดยที่หัวข้อการทำงานที่ต้องดำเนินการในขั้นตอนต่าง ๆ จะสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องเมื่อมีการปรับแต่งข้อมูลหรือเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับความต้องการมากยิ่งขึ้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการดำเนินการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อผลงานการออกแบบที่สมบูรณ์ครบถ้วน ดังนั้นนวัตกรรมการออกแบบเรือจึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการพัฒนาและเผยแพร่ความรู้สำหรับการพัฒนาขีดความสามารถด้านการออกแบบต่อเรือให้มีคุณสมบัติเหมาะสมตามมาตรฐานความปลอดภัยซึ่งถูกละเลย ทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินอยู่เป็นประจำ

Abstract

Nowadays the ship construction has been developing to meet the verities of ship operating requirement. The computer program can be used to reduce the workload in the complicated iterative process in design spiral diagram. The ship construction and design are different from the design of automobile, airplane and building. All ship design steps are related to each other. It is necessary to have

the effective tool when the parameters in each step are modified. The ship design is necessary to be developed and disclosed to meet the appropriate safety standard which always are neglected and leading to the damage of asset and life.

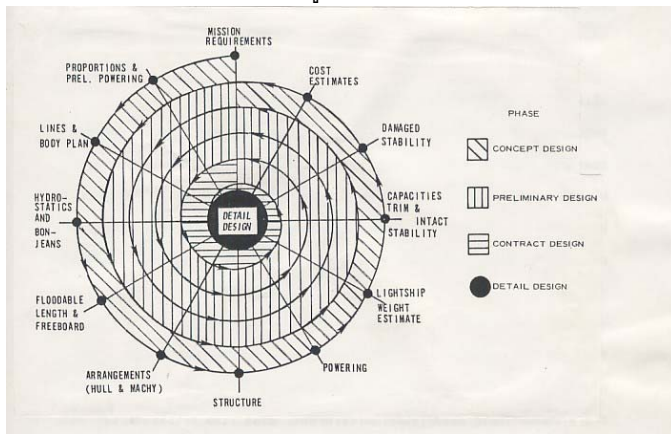
1. กล่าวนำ

การออกแบบเรือที่มีความเหมาะสมกับความต้องการใช้เรือจะต้องมีหลักการและวิธีดำเนินการตามขั้นตอนที่ถูกต้อง สถาปนิกผู้ทำงานออกแบบเรือในต่างประเทศเรียกว่า Naval Architect หรือแปลเป็นไทยว่า นาวาสถาปนิก จะได้รับการศึกษาในขั้นพื้นฐานในระดับปริญญาตรี โดยจะได้รับความรู้ควบคู่ร่วมกันกับสาขาวิศวกรรมเครื่องกลเรือหรือภาษาอังกฤษเรียกว่า Marine Engineering ในต่างประเทศจัดเป็น Naval Architecture and Marine Engineering เช่นเดียวกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชาได้จัดตั้งสาขาวิชาวิศวกรรมต่อเรือและเครื่องกลเรือ สำหรับการผลิตบุคลากรในสายงานการพัฒนาอุตสาหกรรมการต่อเรือและการพาณิชย์นาวีในประเทศไทย การออกแบบเรือที่ใช้งานอยู่ในทะเล แม่น้ำและคลองต่าง ๆ ของประเทศไทย เกือบทั้งหมดเป็นการพัฒนาจากภูมิปัญญา และประสบการณ์ที่สืบทอดกันมาจากบรรพบุรุษ หากสามารถนำทฤษฎีตามหลักวิชาการมาประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง จะสามารถทำให้เรือมีประสิทธิภาพในการใช้งานได้ดีขึ้น เนื่องจากการออกแบบเรือที่ถูกต้องจะคำนึงถึงการตอบสนองภารกิจ ความปลอดภัย ความแข็งแรง ความทนทะเล การใช้พลังงานอย่างประหยัด และสะดวกในการซ่อมบำรุง ซึ่งในปัจจุบันการออกแบบเรือที่มีความยุ่งยากและมีรายละเอียดในการดำเนินการหลายขั้นตอน ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างจากการออกแบบทางสถาปัตยกรรมสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ จึงได้มี

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้มีขีดความสามารถรองรับใช้งานการออกแบบเรือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การออกแบบเรือ

การออกแบบเรือใช้หลักการออกแบบ (Design Spiral) ซึ่งเป็นกรรมวิธีซ้ำแล้วซ้ำอีก (Iterative Process) จากความต้องการตามภารกิจจนถึงการออกแบบรายละเอียดมีปัจจัยของการดำเนินงาน เพื่อให้ได้เรือตามที่ต้องการจะต้องเริ่มต้นจากการออกแบบขั้นพื้นฐาน (Basic Design) ซึ่งประกอบด้วยแนวทางการออกแบบ (Concept Design) และการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design) ที่จะนำไปสู่การออกแบบสำหรับทำสัญญา (Contract Design) และ การออกแบบสำหรับการต่อเรือ (Detail Design) มีลักษณะการทำงานตาม รูปที่ 1 Ship Design Spiral



รูปที่ 1 Ship Design Spiral

การดำเนินงานมีขั้นตอนหลักของการออกแบบเรือประกอบด้วย ๔ ขั้นตอน Concept Design, Preliminary Design, Contract Design, และ Detail Design ซึ่งในแต่ละขั้นตอนเป็นการกำหนดรูปแบบและลักษณะของเรือ ตลอดจนอุปกรณ์เครื่องจักรที่ต้องใช้ติดตั้งตามภารกิจของเรือ นั้น ๆ จะมีแนวทางของการออกแบบในแต่ละขั้นตอนที่จะต้องสอดคล้องต่อเนื่องกัน แตกต่างกันในรายละเอียดและความถูกต้อง ซึ่งจะมีการถูกต้องใกล้เคียงกันเป็นจริงมากยิ่งขึ้นเป็นลำดับ โดยจะต้องทำการตรวจสอบข้อมูลและรายละเอียดที่ได้ดำเนินการในหัวข้อต่าง ๆ ทั้ง 12 หัวข้อที่จะกล่าวถึง เป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการเพื่อให้การออกแบบเรือมีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้เรือที่มีคุณสมบัติตามความต้องการ มีหัวข้อที่จะกล่าวพอสังเขปได้ดังนี้

2.1 Mission Requirements เป็นการวิเคราะห์ภารกิจความต้องการในการใช้เรือ ซึ่งกำหนดโดยเจ้าของเรือหรือหน่วยงานที่มีความต้องการเรือ เพื่อใช้งาน เช่น การขนส่งสินค้าหรือผู้โดยสาร การประมง หรือใช้งานทางทหาร โดยจะต้องคำนึงถึงพื้นที่ปฏิบัติการ ความเร็ว ระยะปฏิบัติการ ระยะเวลาในท่าที่พักอาศัย และเครื่องจักรต่าง ๆ ตลอดจนอาวุธยุทโธปกรณ์สำหรับภารกิจเรือทางทหาร

2.2 Proportions & Preliminary Powering การกำหนดขนาดและมิติของเรือที่จะต้องตอบสนองความต้องการได้อย่างครบถ้วน ลักษณะของระบบขับเคลื่อนที่จะใช้ เช่น ดีเซล แก๊สเทอร์โบอินน์ ไฟฟ้า ดีเซล หรือ ไอ่น้ำ

2.3 Lines & Body Plan ลายเส้นตัวเรือหรือรูปทรงตัวเรือมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ที่จะเป็นตัวกำหนดความต้านทานและความต้องการพลังขับเคลื่อนของเรือ รวมถึงความปลอดภัยด้านความทนทะเลและการทรงตัวของเรือในกรณีถูกคลื่นลม โดยจะมุ่งเน้นส่วนที่อยู่ใต้แนวน้ำเป็นสำคัญ

2.4 Hydrostatics & Bonjeans เป็นคุณสมบัติของวัตถุที่ลอยน้ำที่จะแสดงถึงความสัมพันธ์ตำแหน่งของแรงกระทำที่เกิดจากการลอยตัว ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของการลอย และคุณสมบัติที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการลอยตัว

2.5 Floodable Length & Freeboard เป็นคุณสมบัติความปลอดภัยของเรือในการกำหนดตำแหน่งผนังผืนก้น และระดับความสูงของกราบเรือ เพื่อป้องกันและจำกัดความเสียหายในกรณีที่เกิดเหตุน้ำเข้าเรือ

2.6 Arrangements (Hull & Machinery) เป็นการจัดส่วนต่าง ๆ ภายในเรือ ซึ่งจะกำหนดพื้นที่ปฏิบัติการ พื้นที่พักอาศัย พื้นที่ใช้สอยพื้นที่ติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ ระบายบรรทุกของเรือสินค้า คลัง ถึงเก็บ และอื่น ๆ ตามประเภทและการใช้งานของเรือ

2.7 Structure เป็นการจัดวางและกำหนดขนาดของโครงสร้าง ความแข็งแรง ให้สามารถรับภาระที่เกิดจากน้ำหนักที่มีอยู่ภายในเรือ และแรงกระทำที่จะเกิดขึ้นจากภายนอก เช่น คลื่นลม หรือแรงกระทำที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งเหล่านี้จะต้องสัมพันธ์กับการจัดวางตำแหน่งของส่วนประกอบต่าง ๆ ตัวเรือ

2.8 Powering เป็นการคำนวณหาความต้านทานของเรือ (Ship Resistance) ที่จะเป็นตัวกำหนดความต้องการกำลังขับเคลื่อนของระบบขับเคลื่อนเรือที่จะสามารถทำให้เรือมีความเร็วและรัศมีปฏิบัติการตามที่กำหนด โดยจะมีขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองเรือ (Tank Test) ต่อไป

2.9 Lightship & Weight Estimation เป็นการรวบรวมข้อมูลน้ำหนักของตัวเรือ อุปกรณ์ประกอบตัวเรือ เครื่องจักร ไฟฟ้า และส่วนประกอบต่าง ๆ ทุกชิ้นส่วนตลอดลำ เพื่อทราบระวางขับน้ำและจุดศูนย์กลางน้ำหนักที่จะมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้าง และความปลอดภัยในการทรงตัวของเรือ

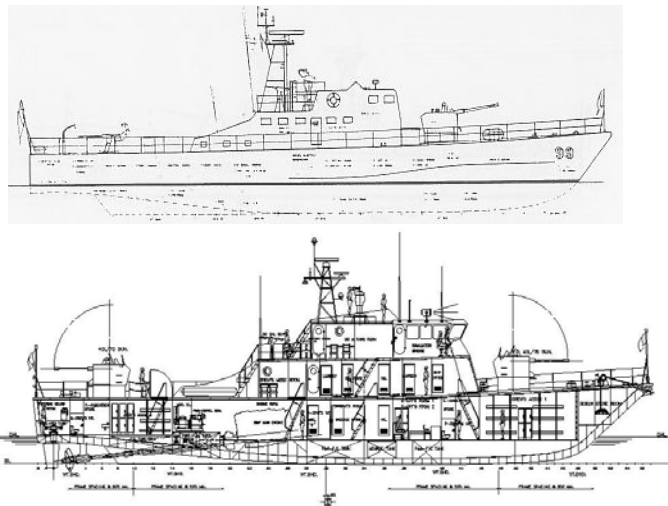
2.10 Capacity Trim & Intact Stability เป็นการคำนวณตรวจสอบขีดความสามารถการทรงตัวของเรือ ที่จะต้องมีความปลอดภัยเพียงพอในการปฏิบัติการในทะเล

2.11 Damage Stability เป็นการคำนวณขีดความสามารถการทรงตัวของเรือในกรณีเกิดความเสียหายเนื่องจากน้ำเข้าเรือ

2.12 Cost Estimation เป็นการประมาณราคาของตัวเรือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะต้องใช้ติดตั้งบนเรือ ตลอดจนค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น เช่น การทดสอบทดลอง การตรวจสอบคุณภาพระหว่างการสร้าง และอื่น ๆ

3. การจัดเตรียมข้อมูลเรือต้นแบบ (Parent Ship or Sister Ship)

ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการออกแบบเรือลำใหม่หลังจากรับทราบความต้องการในรายละเอียดของการใช้เรือ สิ่งที่น่าวาสถาปนิก (Naval Architecture) ควรจะต้องทำคือการพิจารณาหาเรือต้นแบบ (Parent Ship or Sister Ship) เพื่อที่จะการจัดเตรียมข้อมูลทางเทคนิคที่สำคัญต่าง ๆ ของเรือต้นแบบ ที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดีสำหรับการดำเนินการในขั้นตอนต่าง ๆ ของการออกแบบเรือลำใหม่ ตัวอย่างเรือต้นแบบที่ผู้เขียนทราบเป็นอย่างดีคือ ร.ล.จักรีนฤเบศร ของกองทัพเรือไทย เรือต้นแบบเป็นเรือ Principe de Asturias ของ กองทัพเรือสเปน ทั้งสองลำเป็นเรือบรรทุกเครื่องบินขนาดเล็ก และเรือ ต. 99 เรือต้นแบบเป็นเรือ ต.991 ทั้งสองเป็นเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง ที่พัฒนามาจากโครงการพระราชดำริ เรือ ต.91 ของกรมอุทการเรือ รูปที่ 2 เรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่ง ต.99 และ ต.991



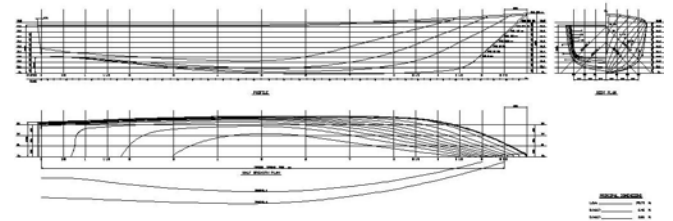
รูปที่ 2 เรือ ต.91 และ เรือ ต.991

4. นวัตกรรมกรรมการออกแบบ

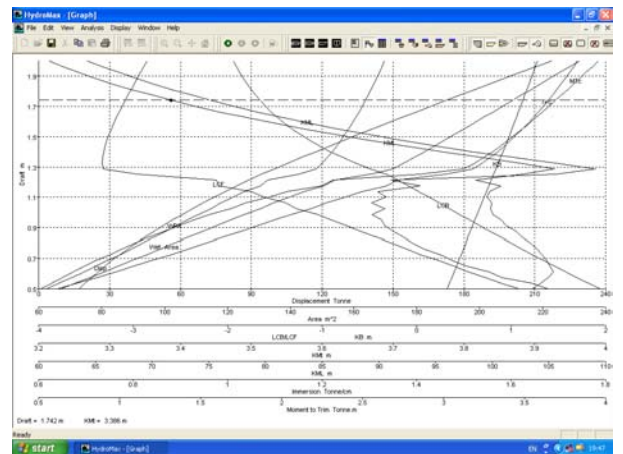
การออกแบบเรือตามหัวข้อที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมีความเกี่ยวเนื่องระหว่างกันเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะวาสถาปนิกจะทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลใด ๆ เช่น รูปทรงของตัวเรือ การจัดวางอุปกรณ์ หรืออินโดเบนเรือนั้น หมายถึง น้ำหนักและมิติที่เปลี่ยนแปลงเป็นผลทำให้จุดศูนย์กลางการลอยและจุดศูนย์กลางน้ำหนักเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเดิมที่ได้ในการคำนวณครั้งแรก ซึ่งจะทำให้มีผลกระทบต่อลักษณะการลอยที่อาจทำให้เรือเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งหรือทริมเรือเปลี่ยนไป

การคำนวณผลกระทบหรือแรงกระทำต่าง ๆ เหล่านี้ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่สามารถอำนวยความสะดวกให้แก่วาสถาปนิก ทำให้ลดเวลาและได้ความถูกต้องของข้อมูลการออกแบบเพื่อนำไปใช้ในการต่อเรือ ซึ่งขีดความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีหลากหลายระดับ และเป็นที่แพร่หลายในการใช้งานในประเทศต่าง ๆ ที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมการต่อเรือ ในบทความนี้ได้ทำการยกตัวอย่างเป็นรูปประกอบแสดงผลจากการใช้เครื่องมือช่วยการออกแบบเรือ เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพของการดำเนินการออกแบบต่อเรือ

ตามขั้นตอนของการออกแบบเรือที่ได้ทำการพิจารณาความต้องการและเลือกรูปแบบและขนาดของเรือ รวมถึงการกำหนดเรือต้นแบบ เพื่อทำลายเส้นตัวเรือตามขนาดที่ต้องการตาม รูปที่ 3 Lines Plan แสดงลักษณะรูปทรงของตัวเรือที่ใช้เป็นหลักในการออกแบบสร้างเรือ เนื่องจากเรือเป็นวัสดุลอยน้ำคุณสมบัติทางไฮโดรสแตติกในรูปที่ 4 Hydrostatic Properties แสดงค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงตามค่าระดับกินน้ำลึก เช่น ระวางขับน้ำ (Displacement) จุดศูนย์แรงลอย (Center of Buoyancy) จุดศูนย์กลางการลอย (Center of Flotation) เป็นต้น จะเป็นตัวที่ทำให้เกิดผลกระทบที่อาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในด้านการทรงตัวของเรือ ในขณะที่เดียวกันก็จะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางไฮโดรไดนามิกส์ (Hydrodynamic Properties)

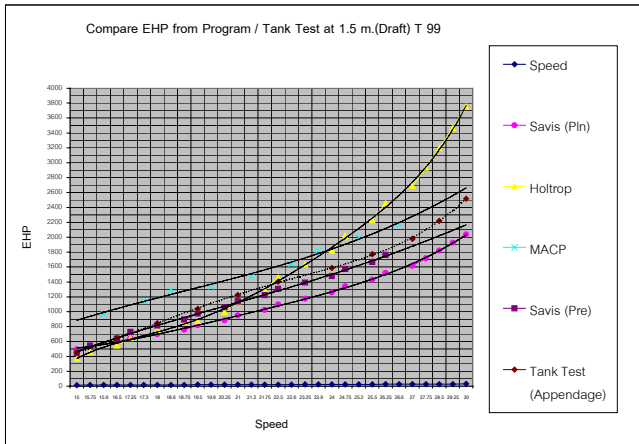


รูปที่ 3 Lines Plan

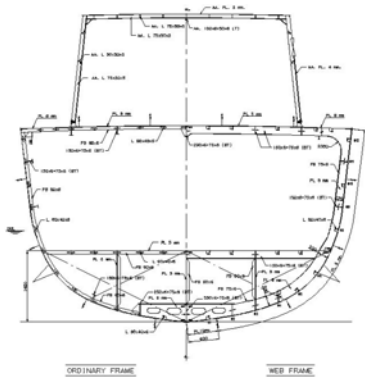


รูปที่ 4 Hydrostatic Properties

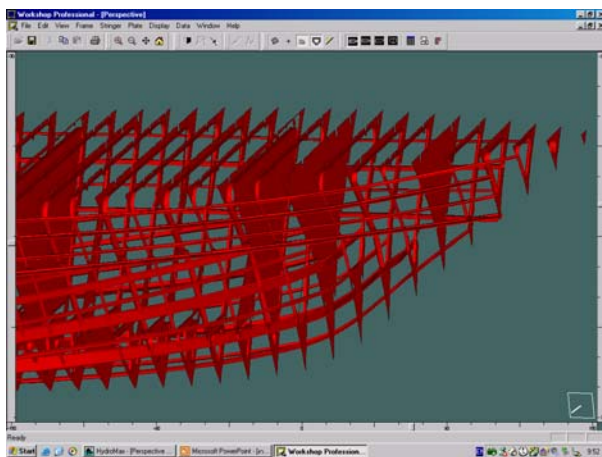
เมื่อคำนวณหาความต้านทาน หรือความต้องการกำลังขับเคลื่อน แสดงด้วย รูปที่ 5 Power Prediction รวมถึงความแข็งแรงของโครงสร้าง ตัวเรือ (Ship Scantling and Structure) รูปที่ 6 Midship Section และ รูปที่ 7 Structure Arrangement ที่จะต้องรองรับแรงกระทำต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 5 Power Prediction

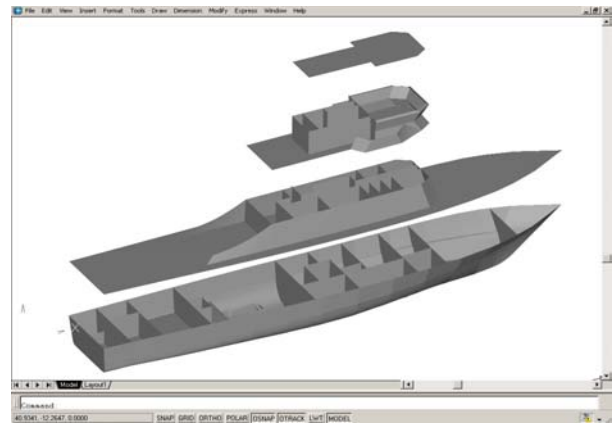


รูปที่ 6 Midship Section

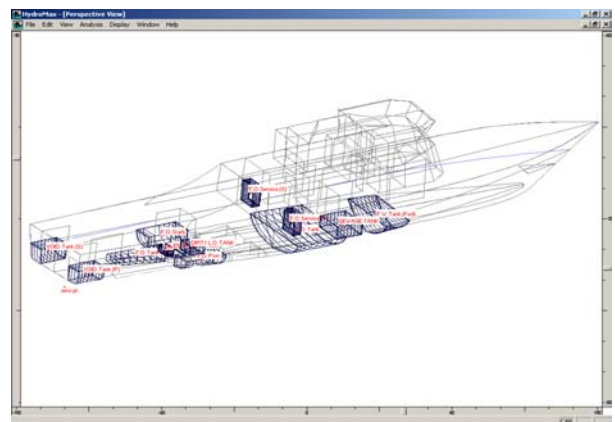


รูปที่ 7 Structure Arrangement

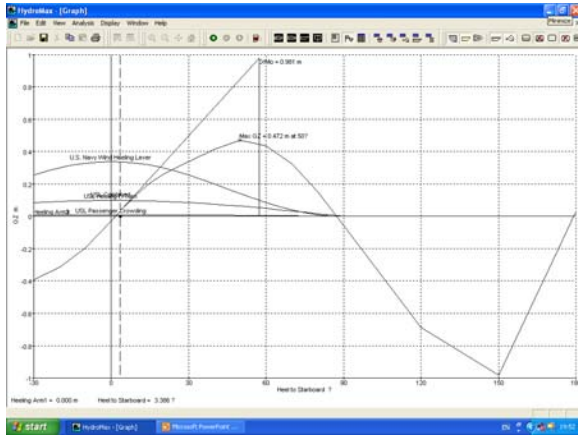
การจัดแบ่งส่วนผนังน้ำภายในเรือ เพื่อความปลอดภัยในกรณีเกิดอุบัติเหตุที่ส่วนใดส่วนหนึ่งน้ำจะตมไม่ไหลผ่านไปยังส่วนอื่น ๆ และการแบ่งผนังกันห้องต่าง ๆ รูปที่ 8 Watertight Bulkhead & Partition การจัดวางถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำจืด ที่จะต้องมีปริมาณเพียงพอสำหรับการใช้งาน ในรูปที่ 9 Tank Arrangement ในขณะที่ทำการออกแบบในขั้นตอนต่าง ๆ สิ่งที่จะต้องทำการตรวจสอบเพื่อความปลอดภัยของเรือในการปฏิบัติงานในทะเล คือการคำนวณด้านการทรงตัวของเรือ รูปที่ 10 Stability Calculation และส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการขับเคลื่อนเรือคือห้องเครื่องจักร ซึ่งมีความยุ่งยากในการจัดวางเครื่องจักรและอุปกรณ์ เนื่องจากมีการต่อเชื่อมระบบการทำงานด้วยท่อทาง และสายไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ในอดีตไม่สามารถทำการออกแบบจัดวางและกำหนดเส้นทางของการเดินท่อทางและสายไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องครบถ้วน แต่ในปัจจุบันสามารถทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ รูปที่ 11 Machinery Arrangement



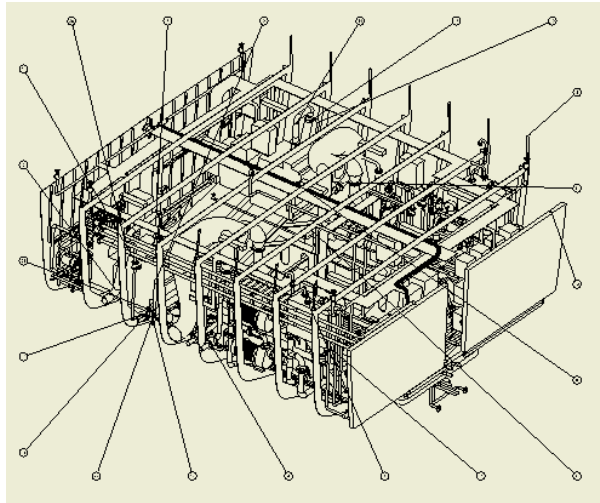
รูปที่ 8 Watertight Bulkhead & Partition



รูปที่ 9 Tank Arrangement



รูปที่ 10 Stability Calculation



รูปที่ 11 Machinery Arrangement

5. ผลงาน

ผลงานการออกแบบและการคำนวณที่ได้ดำเนินการสำหรับเรือทั่วไป จากขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้นให้เจ้าของเรือเห็นชอบ เพื่อจะใช้ประกอบ สัญญาว่าจ้างสร้างเรือที่ควรมีแบบและการคำนวณประกอบด้วยรายการดังนี้

- Outboard Profile, General Arrangement
- Inboard Profile, General Arrangement
- Lines Plan
- Midship Section
- Machinery Arrangement
- Main Shaft Line Arrangement
- Power and Lighting System One Line Diagram
- Electric Load Analysis
- Curves of Form

- Weight and Center of Gravity Calculation
- Resistance and Power Calculation
- Trim and Stability Calculation
- Damage Stability Calculation

6. บทสรุป

การออกแบบต่อเรือเป็นศาสตร์ของสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมที่ประสานกันอย่างใกล้ชิดมีผลกระทบต่อเนื่องระหว่างกัน การดำเนินการตามขั้นตอนของการออกแบบเรือโดยนาวาสถาปนิกสมัยใหม่จะต้องมีความรู้พื้นฐานทางนาวาสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมเครื่องกลเรือเป็นอย่างดี เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เครื่องมือออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีขีดความสามารถที่เหมาะสมกับงานสามารถลดขั้นตอนและเวลาในการออกแบบเรือได้เป็นอย่างมาก และให้ผลงานที่มีความแม่นยำถูกต้อง ได้เรือที่สมรรถนะตามความต้องการ ที่กล่าวมานี้เป็นเพียงส่วนของการออกแบบขั้นต้น ยังมีขั้นตอนการออกแบบในรายละเอียดของระบบต่าง ๆ อีกมากสำหรับงานการต่อเรือ ซึ่งยังไม่เป็นที่ยอมรับให้เป็นวิชาชีพควบคุม

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ นายช่าง ช่างเขียน และข้าราชการ ของกองออกแบบต่อเรือ กรมแผนการช่าง กรมอุทกหารเรือ ที่มีส่วนร่วมในการจัดเตรียมข้อมูลสนับสนุนการทำเอกสารฉบับนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ronald K. Kiss, "Ship Design and Construction" Society of Naval Architecture and Marine Engineering, New York, 1993 Chapter 1, pp 1-15
- [2] Comstock, J.P., Editor "Principle of Naval Architecture" Volume I, Society of Naval Architecture and Marine Engineering, New York, 1988
- [3] นาวาเอกศราวุธ วงศ์เงินวง, "การออกแบบเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่ง" วรสารกรมอุทกหารเรือ ฉบับพิเศษ มกราคม ปี พ.ศ. 2547 หน้า 129 - 134
- [4] พลเรือตรี ศาสตราจารย์ ดร. วีรวัฒน์ วงษ์ดนตรี "โครงการสร้างเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่ง ชุดเรือ ต. 91" เอกสารอ้างอิงกองทัพเรือ ปี พ.ศ. 2541