บทที่ ๒
การออกแบบเรือ และชิ้นส่วนต่าง ๆ ของตัวเรือ

เรือรบนั้น เครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ออกแบบ และสร้างโดยมีมาตรฐานสูงกว่าเรือโดยสาร และเรือสินค้า ทั้งนี้เพื่อประสิทธิภาพในการรบ เช่น มีความเร็วสูง มีความคล่องตัวสูง มีระบบอาวุธ และระบบการสื่อสารที่ดี รวมทั้งจะต้องมีระบบควบคุมความเสียหาย (Damage Control) เช่น ควบคุมอันตรายจากการที่เรือทะลุ หรือไฟไหม้ที่ดี ดังนั้นการออกแบบเรือรบจึงมีความยากลำบากกว่าเรือโดยสาร และเรือสินค้ามาก อาจกล่าวได้ว่า ในการออกแบบเรือรบนั้นเราคำนึงถึงประสิทธิภาพ หรือความสามารถในการรบมากกว่าจะคำนึงถึงราคาของมัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าเรือมีระวางขับน้ำเท่า ๆ กันแล้ว เรือรบจะมีราคาสูงกว่าเรือโดยสาร และเรือสินค้ามาก

การออกแบบเรือรบจะต้องพิจารณาในหัวข้อต่อไปนี้คือ (๑)

๑. ประสิทธิภาพของเรือ ในความหมายของความเร็ว ระยะปฏิบัติการ และความสามารถในการปฏิบัติการรบ

๒. ประสิทธิภาพในด้านอาวุธ

๓. ความแข็งแรงทนทาน และไว้ใจได้

๔. สะดวกในการบำรุงรักษา การซ่อมบำรุง และการปรับปรุง

๕. สามารถปฏิบัติภาระกิจได้หลายอย่าง

๖. กระทัดรัด และคล่องตัว

๗. มีระบบรักษาความปลอดภัย และระบบควบคุมความเสียหายที่ดี

๘. เงียบขณะขับเคลื่อนออกทำการ

๙. มีสถานที่อยู่อาศัย และสถานที่ปฏิบัติงานพอเหมาะกับเจ้าหน้าที่ที่ประจำอยู่ในเรือ

การออกแบบเรือ (Ship design)

การออกแบบเรือนั้นมีความยุ่งยาก และซับซ้อนมาก แต่จะขอแนะนำวิธีการดำเนินการในการออกแบบเรือโดยย่อที่ใช้ในมหาวิทยาลัยมิชิแกน (๒) มีขั้นตอนดังนี้

ก. การออกแบบขั้นต้น (Basic design) ซึ่งมีการปฏิบัติดังนี้

๑. เตรียมรายการอย่างย่อของเรือ ซึ่งเป็นรายการที่ใช้เป็นประโยชน์ในการออกแบบเรือ เช่น ชนิดของเรือ ระยะปฏิบัติการ กินน้ำลึกมากที่สุด ความเร็วใช้การ น้ำหนักบรรทุก หรือความจุสินค้า ชนิดของสิ่งของที่บรรทุก จำนวนคนโดยสาร ชนิดของเครื่องจักร ฯลฯ

๒. เตรียมทำตารางของเรือที่คล้ายคลึงกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเรือ

๓. เลือกชนิดของท้องเรือจากตารางในหนังสือการออกแบบเรือ

๔. เลือกสัมประสิทธิ์น้ำหนักบรรทุก (Deadweight Coefficient) จากตารางเรือที่คล้ายคลึงกันให้ตรงตามชนิดของเรือ

๕. เลือกความยาวของเรือจากตารางเรือที่คล้ายคลึงกันแล้ว เลือกขนาดที่เหมาะสม หรือคำนวณจากสูตร

$$L = C \cdot \left(\frac{V_k}{\sqrt{2}+V_k}\right)^2 \cdot \Delta^{\frac{1}{3}}$$

L = ความยาวที่แนวน้ำ, ฟุต

V_k = ความเร็วของเรือ, น็อต

Δ = ระวางขับน้ำเต็มที่, ตัน

C = ค่าสัมประสิทธิ์

๖. สเกทช์การจัดห้องทั่ว ๆ ไป โดยใช้รูปขนาดยาว ๑ ฟุต เขียนรูปด้านข้างแสดงโครงสร้างภายใน (Inboard Profile) โดยย่อส่วนลงมาตามเสกล จัดตำแหน่งของห้องเครื่องถังน้ำมัน ถังน้ำรับประทาน ห้องพักอาศัย ห้องเสบียง และห้องอื่น ๆ

๗. ประมาณความเร็ว แรงม้า เส้นผ่าศูนย์กลางใบจักร และพิช (Pitch) ใบจักร

๘. ประมาณน้ำหนัก และจุดศูนย์ถ่วงทั้งทางดิ่ง และทางยาวของตัวเรือ ตลอดจนน้ำหนักของสิ่งของที่จะบรรทุก และเผื่อไว้ ๔ เปอร์เซนต์

๙. ประมาณการทรงตัวของเรือ ในขณะที่บรรทุกสิ่งของต่าง ๆ กัน เช่น ขณะที่เรือบรรทุกเต็มที่ เมื่อบรรทุกของตามปกติ และน้ำหนักบรรทุกที่คิดว่าอาจจะเป็นอันตราย

ข. <u>การออกแบบขั้นสุดท้าย (Final Design)</u> เป็นการกำหนดรายละเอียดของตัวเรือ และทำการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการทรงตัวของเรือ ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยรายละเอียด และข้อมูลเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้

๑. เขียนรูปเรือจากข้อมูลเบื้องต้นในขั้น Basic Design โดยแสดงรูปเรือใน ๓ ลักษณะ คือ รูปรอยตัด (Body Plan) แสดงรูปร่างของเรือทางขวาง รูปแนวน้ำ (Water plane) แสดงรูปร่างของเรือตามแนวขนานกับพื้นระดับน้ำ และรูปด้านข้าง (Profile) แสดงรูปร่างของเรือโดยพื้นดิ่งขนานกับความยาวของเรือ โดยแบ่งตัวเรือออกเป็นส่วน ๆ เท่า ๆ กัน

๒. เขียนรูปแปลนดาดฟ้าชั้นบนสุด

๓. คำนวณ และเขียนเส้นโค้งไฮโดรสแตติค

๔. เขียนแบบแสดงการจัดห้องทั่ว ๆ ไปอย่างละเอียด เช่น การวางเครื่องจักรต่าง ๆ ตำแหน่งของเครื่องเทียบเรือ อุปกรณ์การเดินเรือ และห้องต่าง ๆ

๕. ทำการคำนวณค่าต่าง ๆ อย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง เช่น น้ำหนัก

ของเรือ และจุดศูนย์กลางการลอยตัวของเรือ แรงม้าเครื่องยนต์ ฯลฯ

เมื่อออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรทำตารางเล็ก ๆ เพื่อรวบรวมรายการต่าง ๆ เปรียบเทียบรายการที่ได้จากการประมาณในขั้นแรกกับผลที่ได้รับจากการคำนวณในขั้นสุดท้าย เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจ หรือขอคำปรึกษาจากผู้ที่มีประสบการณ์

ศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการต่อเรือ (๓)

ในการต่อเรือจะมีศัพท์เฉพาะที่บอกถึงขนาด และน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ และหาขนาดของโครงสร้างของเรือดังนี้

ก. ความยาวของเรือ (Length of Ships)

๑. ความยาวทั้งหมด (Length overall, L.O.A.) คือ ความยาวทั้งหมดของเรือ วัดจากหัวเรือถึงท้ายเรือ ดูรูปที่ ๒.๑

๒. ความยาวระหว่างเส้นฉาก (Length Between Perpendicular, L.B.P.) คือ ความยาวระหว่างเส้นตั้งฉากหัวถึงเส้นตั้งฉากท้าย ใช้ในการคำนวณหาแรงม้า ขนาดแผ่นเหล็ก และใช้เป็นความยาวในการแบ่งเรือออกเป็นส่วน ๆ ในการเขียนลายเส้นของเรือทุกชนิดยกเว้นเรือยนต์เร็ว ดูรูปที่ ๒.๑

เส้นตั้งฉากหัว (Forward Perpendicular, F.P.) คือ เส้นดิ่งที่ผ่านจุดตัดของเส้นแนวน้ำบรรทุกเต็มที่กับหวนหัว (หัวเรือ)

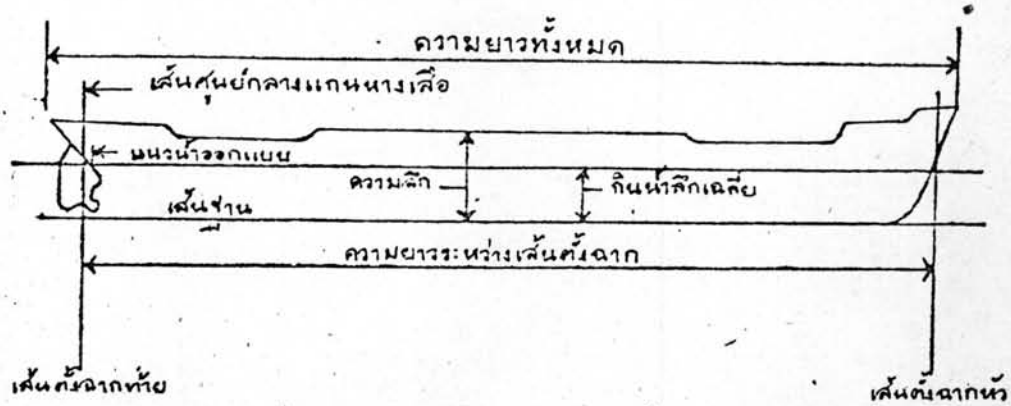
เส้นตั้งฉากท้าย (After Perpendicular, A.P.) คือ เส้นดิ่งที่ผ่านเส้นศูนย์กลางของแกนหางเสือ

ข. ความกว้างของเรือ (Breadth or Beam of Ships)

ความกว้างของเรือ หมายถึง ความกว้างของเรือ ณ. ที่กึ่งกลางลำ (Amidships, ⊗) ความกว้างนี้รวมความหนาของแผ่นเหล็กตัวเรือด้วย

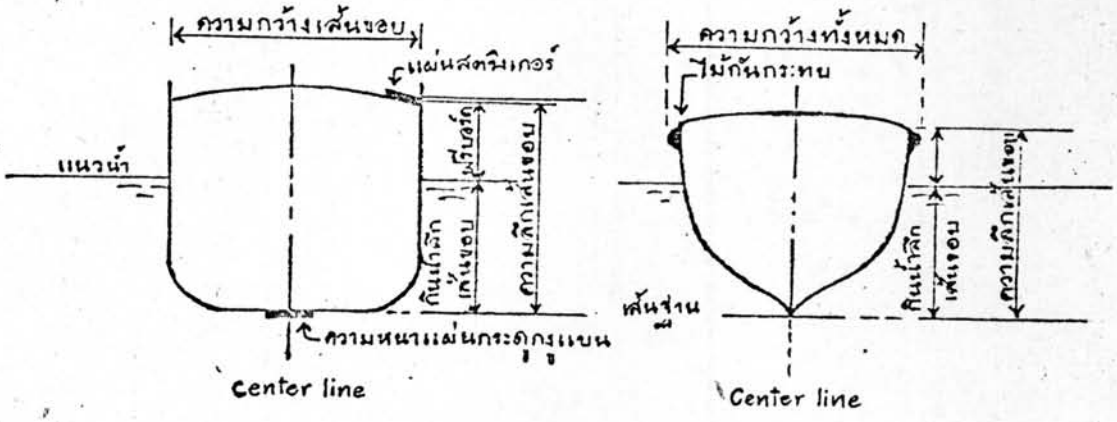
รูปที่ ๒.๑

แสดงความยาวของเรือ



รูปที่ ๒.๒

แสดงความกว้าง และความลึกของเรือ



ความกว้างเส้นขอบ (Beam Moulded, BMLD) หมายถึง ความกว้างของเรือ ณ. ที่จุดกึ่งกลางลำ แต่ไม่รวมความหนาของแผ่นเหล็กตัวเรือ ดูรูปที่ ๒.๒

สำหรับเรือทั่ว ๆ ไป ยกเว้นเรือยนต์เร็ว ความกว้างที่สุดของเรือจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางลำเรือ ส่วนเรือยนต์เร็วนั้นความกว้างมากที่สุดจะอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางลำเรือไปทางท้ายเรือประมาณ ๕ เปอร์เซนต์ของความยาวแนวน้ำเพื่อทำให้เรือวิ่งเร็วขึ้น

ค. ความลึกของเรือ (Depth of Ships)

ความลึกของเรือ หมายถึง ระยะที่วัดในทางดิ่งจากดาดฟ้ากราบเรือ ณ. กึ่งกลางลำเรือถึงท้องเรือ ความลึกที่ไม่รวมความหนาของแผ่นเหล็กเรียกว่า ความลึกเส้นขอบ (Depth Moulded, DMLD) ดูรูปที่ ๒.๒

ง. ระวางขับน้ำ (Displacement)

ระวางขับน้ำ คือ น้ำหนักของเรือ คำนวณได้จากปริมาตรของน้ำที่ถูกเรือแทนที่คูณกับความหนาแน่นของน้ำ สำหรับน้ำทะเลนั้นมีความหนาแน่น ๖๔ ปอนด์ต่อ ล.บ.ฟุต และน้ำจืดมีความหนาแน่น ๖๒.๔ ปอนด์ต่อล.บ.ฟุต ที่ความดัน ๑ บรรยากาศ ในทางการต่อเรือนั้นใช้ความหนาแน่นของน้ำทะเลเป็นหลัก

จ. กินน้ำลึก (Draft)

กินน้ำลึก หมายถึง ความสูงของระดับน้ำจากท้องเรือถึงเส้นแนวน้ำ โดยปกติมักใช้กินน้ำลึกเฉลี่ย ตัวอย่างเช่น เรือกินน้ำลึกหัว ๖ ฟุต และกินน้ำลึกท้าย ๕ ฟุต เรือลำนี้จะกินน้ำลึกเฉลี่ย ๕.๕ ฟุต

ฉ. ทริม (Trim)

ทริม คือ ผลต่างของกินน้ำลึกหัวกับกินน้ำลึกท้าย เช่น เรือกินน้ำลึก

หัว ๕ ฟุต และกินน้ำลึกท้าย ๖ ฟุต จะเห็นว่าเรือกินน้ำลึกท้ายมากกว่ากินน้ำลึกหัว - ๑ ฟุต เรียกว่า เรือลำนี้มีทริมท้าย ๑ ฟุต ถ้ากินน้ำลึกหัวท้ายเท่ากัน เรียกว่า เรือลำนี้มีทริมเป็นศูนย์

ช. ฟรีบอร์ด (Freeboard)

ฟรีบอร์ด คือ ผลต่างของความลึกเส้นขอบกับกินน้ำลึกเส้นขอบ ณ. ที่จุดกึ่งกลางลำ หรือเป็นระยะที่คาดฟ้ากราบเรือสูงจากแนวน้ำบรรทุกนั่นเอง ดูรูปที่ ๒.๒

วัสดุที่ใช้ในการต่อตัวเรือ โดยทั่วไปมีดังต่อไปนี้

ก. ไม้ ในสมัยโบราณตัวเรือมักทำด้วยไม้ เพราะในสมัยนั้นมีมาก และง่ายในการทำโดยใช้เครื่องมือธรรมดา ๆ แต่เมื่อขนาดของเรือใหญ่โตขึ้น การยึดไม้ให้แน่นทำได้ยาก ฉะนั้นเรือที่มีความยาวมากกว่า ๓๐๐ ฟุตขึ้นไปแล้วจะไม่สร้างด้วยไม้เลย เรือที่ต่อด้วยไม้ขนาดยาว ๒๐๐ ฟุต เวลาเดินทางในทะเลจะเกิดอาการดุ้ง หรือตกท้องช้างประมาณ ๓ หรือ ๔ ฟุต ทำให้แนวตะเข็บไม้ที่ตัวเรือแตกได้ นอกจากนี้ความแข็งแรงของไม้ก็ไม่สม่ำเสมอเหมือนเหล็ก และยังเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีอีกด้วย เมื่อมีน้ำหนักเท่า ๆ กันแล้ว เหล็กมีความแข็งแรงมากกว่าไม้ ต่อมาเมื่อวิวัฒนาการเรื่องการถลุงเหล็กได้ก้าวหน้าขึ้นการต่อตัวเรือในปัจจุบันจึงนิยมใช้เหล็กในการต่อตัวเรือ

ข. เหล็ก เหล็กที่ใช้ในการต่อตัวเรือมีดังนี้

๑. Wrought Iron เป็นเหล็กที่ใช้ในการต่อตัวเรือเป็นครั้งแรก ต่อมากรรมวิธีในการถลุงเหล็กมีประสิทธิภาพดีขึ้นตามวิธีของ Bessemer และ Open Hearth ทำให้ได้เหล็กที่มีคุณภาพดีขึ้น คือ Mild Steel จึงมาใช้ Mild Steel แทน เพราะแข็งแรงกว่า และมีราคาถูกกว่า

๒. Mild Steel เป็นเหล็กที่ใช้ในการต่อตัวเรืออย่างกว้างขวาง เพราะมีกำลังเฉลี่ยภายในติดต่อสม่ำเสมอกันดี การดัดขึ้นรูปทำได้ง่าย การต่อเรือในปัจจุบันนี้ใช้การเชื่อมตัวเรือกันเป็นส่วนมาก ซึ่งเหมาะกับ Mild Steel ข้อเสียของ

Mild Steel ก็คือ ไม่ทนต่อการผุกร่อน แต่ก็สามารถแก้ไขได้โดยการทำความสะอาดผิว และทาสีกันสนิมเสียก่อนที่จะทำการทาสีจริง

การเรียกชื่อเหล็กในส่วนต่าง ๆ ที่ใช้ในการต่อตัวเรือ เฉพาะส่วนหลักมีดังนี้

(ก) Plate เป็นแผ่นเหล็กที่มีความหนาตั้งแต่ ๓/๑๖ นิ้ว ถึง ๑ $\frac{๑}{๒}$ นิ้ว

(ข) Sheet เป็นแผ่นเหล็กที่มีความหนาน้อยกว่า ๓/๑๖ นิ้ว

(ค) Shape เป็นแผ่นเหล็กที่มีความกว้างน้อยกว่า ๑๒ นิ้ว ทำด้วย Mild Steel มักใช้เป็นส่วนที่เสริมความแข็งแรงของตัวเรือตามที่ต่าง ๆ แบ่งออกได้ดังนี้ คือ

(๑) Plane Angle เป็นเหล็กฉากธรรมดา ใช้สำหรับทำกง ปีม และ Side Stringer แต่ถ้าขา หรือปีกทำมุมไม่เป็นมุมฉาก เรียกว่า Bevel

(๒) T - Bar เป็นเหล็กรูปตัวที เป็นเหล็กที่รับน้ำหนักได้ดีกว่าเหล็กฉาก มักใช้เกี่ยวกับการย้ำหมุด

(๓) I - Beam และ H - Beam คือ บีมที่มีรูปหน้าตัดเป็นรูปตัว I และ H, I - Beam มักใช้สำหรับรับน้ำหนักของแผ่นเหล็กและน้ำหนักที่วางอยู่บนดาดฟ้า H - Beam มักใช้ทำเสาในห้องเครื่อง และในห้องหม้อน้ำ

(๔) Deep Beam เป็นบีมที่เกิดขึ้นโดยเอาแผ่นเหล็กมาประสานติดกันเป็นรูปตัว I, T หรือ H บีมชนิดนี้มีความแข็งแรงดี ใช้ในบริเวณที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ บีมชนิดนี้มีราคาแพงกว่าบีมชนิดอื่น ๆ

เหล็กที่ใช้ในการต่อตัวเรือนั้นแบ่งเป็นหลายชนิด แต่ละชนิดมีส่วนผสม และคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป การเลือกใช้ก็ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ว่าจะต้องการให้ตัวเรือมี-

คุณสมบัติอย่างไร แผ่นเหล็กที่ใช้ในการต่อตัวเรือทั่ว ๆ ไป มีคุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ - ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.

๓. คอนกรีตเสริมเหล็ก ในสงครามโลกครั้งที่สอง มีการต่อเรือด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กหลายลำ เช่น เรือเอส. เจมส์ แอสคิน เป็นต้น การเสริมกำลังใช้เหล็กเส้นกลมใส่ไว้ภายในคอนกรีต แต่เรือคอนกรีตมีน้ำหนักมาก และมักแตกร้าวตามที่ต่าง ๆ ภายในเรือทำให้การต่อตัวเรือด้วยคอนกรีตไม่เป็นที่ปลอดภัย และไม่สะดวกในการใช้งาน และต่อมาจึงไม่มีการต่อตัวเรือด้วยคอนกรีตอีกเลย

<u>หน้าที่ และส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างตัวเรือ</u>

ส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญของตัวเรือ และหน้าที่ของส่วนนั้น ๆ มีดังต่อไปนี้

ก. กระดูกงู (Keel) คือ ชิ้นส่วนโครงสร้างของเรือที่อยู่กลางลำเรือตอนล่างสุด (Center line) จากหัวเรือถึงท้ายเรือ กระดูกงูเป็นส่วนโครงสร้างที่แข็งแรง ทำหน้าที่ยึดส่วนต่าง ๆ ของท้องเรือทางขวาง และกระจายน้ำหนักที่ได้รับจากแรงภายนอกไปยังส่วนต่าง ๆ ของตัวเรือ

ชนิดต่าง ๆ ของกระดูกงู

๑. กระดูกงูแท่ง (Bar Keel) เป็นกระดูกงูที่มีความแข็งแรงมาก เวลาเรือเกยตื้นเรือที่มีท้องเรือเป็นแบบกระดูกงูแท่งจะป้องกันความเสียหายได้มาก นอกจากนี้กระดูกงูแท่งยังช่วยลดอาการโคลงของเรือได้มาก แต่กระดูกงูแท่งมีข้อเสีย คือ กระดูกงูแท่งยื่นออกจากท้องเรือมาก ทำให้เรือกินน้ำลึกเพิ่มขึ้นโดยที่ระวางขับน้ำมิได้เพิ่มขึ้น ดังนั้นเรือทั่ว ๆ ไปในปัจจุบัน จึงไม่นิยมทำท้องเรือเป็นแบบกระดูกงูแท่งโดยเฉพาะเรือสินค้า เพราะทำให้บรรทุกสินค้าเข้าร่องน้ำได้น้อยลง ดูรูปที่ ๒.๓ (ก)

๒. กระดูกงูแบน (Flat Plate Keel) เนื่องจากต้องการลดการกินน้ำลึกของเรือให้ลดน้อยลง จึงใช้กระดูกงูแบนแทนกระดูกงูแท่ง ซึ่งก็มีลักษณะเหมือนแผ่นเหล็กตัวเรือนั่นเอง แต่มีความหนากว่าแผ่นเหล็กตัวเรือ เพื่อให้มีความทนทานต่อการเข้า

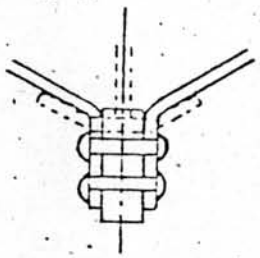
อู่ และการเกยตื้น กระดูกงูแบนนี้เมื่อประกอบกับกระดูกงูตั้ง และแผ่นทับกระดูกงูตั้งแล้ว จะเกิด I - BEAM ที่มีกำลังแข็งแรงสามารถทนกำลังได้สูงมาก บริเวณที่มี Bending Moment มากที่สุด คือ ที่บริเวณกึ่งกลางลำตามยาว ดังนั้นจึงต้องทำให้กระดูกงูมีความแข็งแรงในบริเวณกลางลำ และค่อย ๆ ลดลงไปทางหัวเรือ และท้ายเรือ กระดูกงูแบนนี้จะติดกับแผ่นการ์บอร์ด (Garboard Strake) ดูรูปที่ ๒.๓ (ข)

๓. กระดูกงูปีก (Bilge Keel) กระดูกงูปีกมักติดในเรือขนาดใหญ่มีลักษณะเป็นโครงสร้างคล้ายคลีบ ติดอยู่ภายนอกเรือบริเวณส่วนโค้งของแผ่นบิลซ์ (Bilge Strake) ที่กลางลำยาวประมาณ ๑/๓ ของความยาวเส้นตั้งฉาก เพื่อป้องกันอาการโคลงของเรือที่ติดบริเวณกลางลำก็เพราะว่าเป็นบริเวณที่สามารถลดอาการโคลงได้ดีกว่าที่อื่น ๆ ดูรูปที่ ๒.๓ (ค) กระดูกงูปีกมี ๒ แบบ คือ แบบแผ่นเหล็กแผ่นเดียว (Singl Plate) ซึ่งใช้ในเรือที่มีขนาดใหญ่ไม่มากนัก แบบแผ่นเหล็กสองแผ่น (Double Plate) ใช้กับเรือที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ ประกอบด้วยแผ่นเหล็กสองแผ่นจะใช้ย้ำ หรือเชื่อมเข้ากับตัวเรือก็ได้ ภายในแผ่นเหล็กจะบรรจุไม้ไว้ด้วยเพื่อให้แข็งแรง และบางทีก็จะใส่น้ำมันดินไว้ด้วยเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเข้าได้ กระดูกงูปีกทั้งสองชนิดนี้จะต้องออกแบบไม่ให้เกิดการฉีกขาดทำลายเนื้อเหล็กตัวเรืออันจะทำให้เกิดน้ำรั่วเข้าเรือได้โดยถ้าเป็นการย้ำหมุดติดกับตัวเรือก็จะใช้เหล็กฉากย้ำติดกับกระดูกงูปีกเสียก่อนแล้วจึงย้ำติดกับตัวเรือภายหลัง ถ้าเป็นการเชื่อมติดกับตัวเรือก็จะใช้การเชื่อมแบบ Serrated Connection เพื่อช่วยลดแรงเค้น หรือลดการแตกในแผ่นเหล็กตัวเรือนั่นเอง

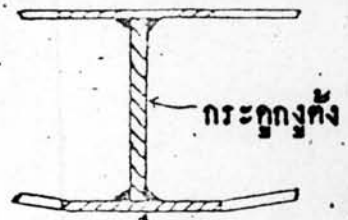
๔. กระดูกงูตั้ง (Center Vertical Keel) เป็นแผ่นเหล็กที่อยู่แนวกึ่งกลางลำเรือตั้งฉากกับกระดูกงูแบนเพื่อทำหน้าที่ช่วยรับน้ำหนักจากแรงกดของน้ำทางท้องเรือ และรับน้ำหนักของสิ่งของที่วางบนแผ่นทับกระดูกงูตั้ง และนอกจากนี้ยังทำหน้าที่เสมือนคานของพื้นเรือชั้นล่างสุดของเรือที่ไม่ใช่เรือพื้นชั้นเดียวอีกด้วย โดยจะมีกระดูกข้างซึ่งก็มีลักษณะ และหน้าที่เหมือนกระดูกงูตั้งแต่ไม่อยู่ที่กลางลำวางตั้งอยู่เป็นระยะ ๆ โค้งไปตามรูปท้องเรือ ดูรูปที่ ๒.๓ (ข)

รูปที่ ๒.๓
กระดูกงูแบบต่าง ๆ

(ก) กระดูกงูแท่ง



(ข) กระดูกงูแบน



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ค) กระดูกงูปีก

แบบแผ่นเหล็กสองแผ่น

แบบแผ่นเหล็กแผ่นเดียว

007358

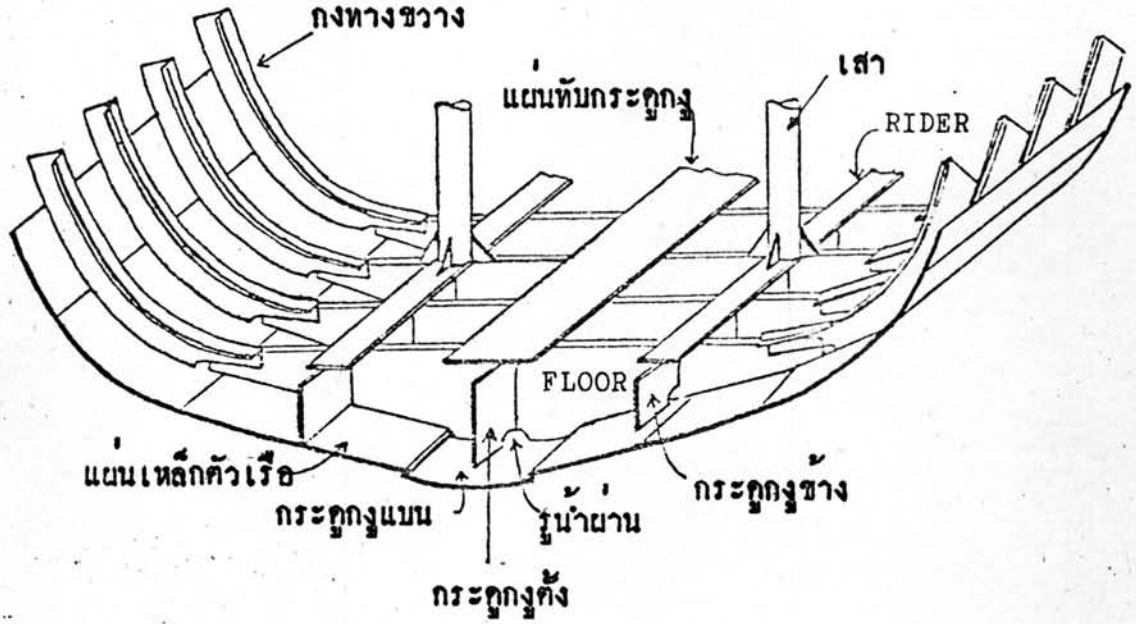
ข. Floor เป็นแผ่นเหล็กธรรมดาเรียบที่ปลายทั้งสองข้างเพื่อให้โค้งตามรูปท้องเรือ ตอนล่างของ Floor จะเชื่อมติดกับแผ่นเหล็กตัวเรือ ดูรูปที่ ๒.๔ และ ๒.๕ Floor จะทำให้ท้องเรือมีความแข็งแรงขึ้น และถ้าติดกับกงทางยาว (Longitudinal) ก็จะยิ่งแข็งแรงมากขึ้น กงทางยาวนี้จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่น Floor บิด และเพื่อเป็นการลดน้ำหนักของตัวเรือก็จะเจาะรูที่แผ่น Floor ซึ่งจะมีประโยชน์เป็นรูให้น้ำไหลผ่าน หรือสำหรับเป็นช่องทางให้คนลงไปทำความสะอาด และเป็นช่องให้ท่อทางต่าง ๆ ผ่านได้ แต่การเจาะรูจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของตัวเรือด้วย

ค. กง (Frame) กงทำหน้าที่ให้แผ่นเหล็กตัวเรือมีความแข็งแรง เพื่อที่จะทนต่อแรงต่าง ๆ ที่มากระทำต่อแผ่นเหล็กตัวเรือ กงแบ่งเป็น ๒ ชนิด คือ

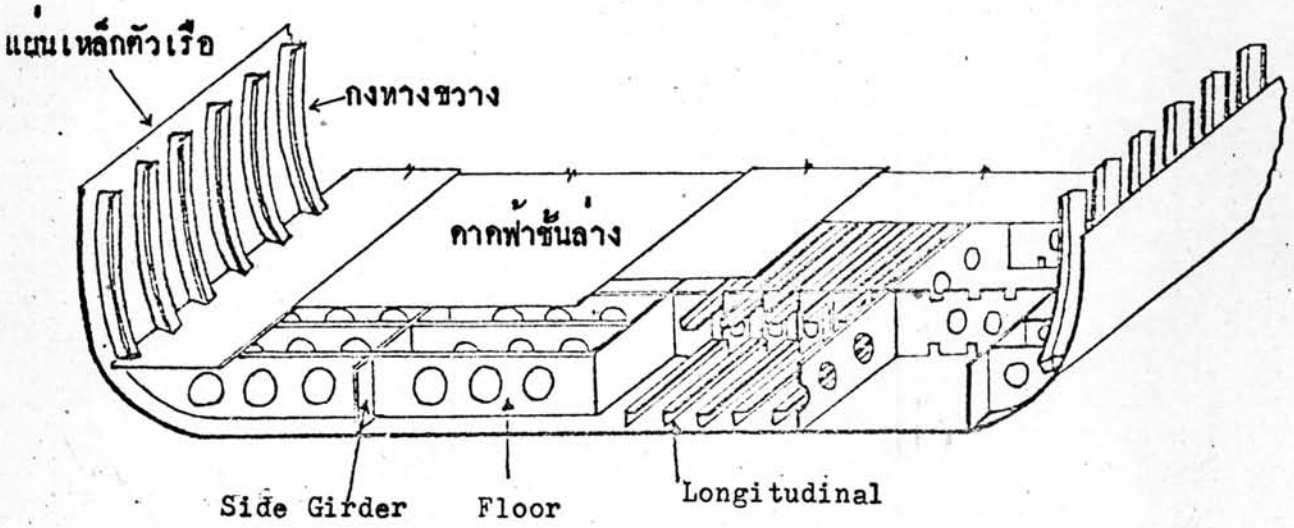
๑. กงทางขวาง (Transverse Frame) เป็นกงที่อยู่ข้างเรือทางด้านขวา และซ้าย ระยะห่างของกงทางขวางนั้นมีขนาดต่าง ๆ กัน สำหรับเรือสินค้ามีระยะห่างกันประมาณ ๒๔ นิ้ว ถึง ๓๖ นิ้ว แต่สำหรับในเรือรบปกติมักห่างกัน ๔๘ นิ้ว ระยะห่างของกงตรงบริเวณหัวเรือ และท้ายเรือต้องลดระยะลง ทั้งนี้เพราะเป็นส่วนที่โค้ง และเพื่อต้องการความแข็งแรงในบริเวณท้องเรือใต้แนวน้ำลงไปก็จะเพิ่มกงลงไปอีกที่ช่วงกึ่งกลางของช่วงห่างกงซึ่งเรียกว่า กงครึ่ง การเพิ่มกงครึ่งลงไปก็เพื่อที่จะให้มีความแข็งแรงต่อ Stress อันเกิดจากแรงกระแทกของน้ำเวลาเรือถูกคลื่นลมจัด ถ้าระยะของกงห่างกันมากขึ้น ความหนาของแผ่นเหล็กตัวเรือก็จะต้องหนาขึ้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ดังนั้นจะต้องหาระยะห่าง และความหนาที่เหมาะสมของแผ่นเหล็กตัวเรือเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่าย และลดน้ำหนักของตัวเรือด้วย ดูรูปที่ ๒.๔ และ ๒.๕

๒. กงทางยาว (Longitudinal Frame) เป็นกงที่วางตามความยาวของตัวเรือ เรือที่ต่อโดยใช้กงทางยาวจะมีระยะห่างของกงประมาณ ๓๐ ถึง ๖๐ นิ้ว กงทางยาวนี้ถูกทำให้แข็งแรง โดยใช้ Floor ซึ่งมีระยะห่างกันประมาณ ๑๐ ฟุต ถึง ๑๖ ฟุต ดูรูปที่ ๒.๖ การต่อเรือโดยใช้กงทางยาวนี้จะต้องใช้ Floor ที่สูงเกะกะ และทำให้สินค้าเสียหายได้ง่าย ดังนั้นเรือสินค้าจึงไม่นิยมต่อเรือโดยใช้กงทางยาว แต่มักนิยมใช้ในเรือบรรทุกน้ำมัน และน้ำจืด เพราะการต่อเรือโดยกง -

รูปที่ ๒.๔
แสดงส่วนต่าง ๆ ของท้องเรือชั้นเดียว

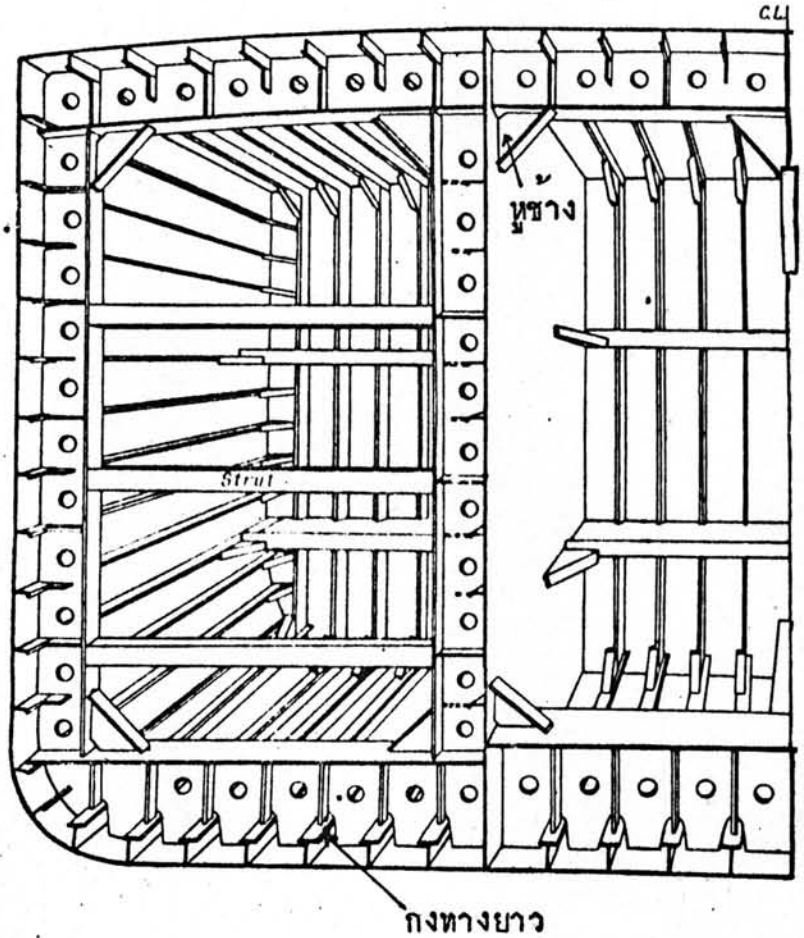


รูปที่ ๒.๕
แสดงส่วนต่าง ๆ ของท้องเรือสองชั้น



รูปที่ ๒.๖

แสดงกงทางยาว และหูช้าง



ทางยาวนี้ช่วยให้เรือมีกำลังแข็งแรงโดยเปลืองเหล็กน้อยกว่าการต่อเรือโดยใช้กงทางขวาง

อย่างไรก็ดีจะมีกฎของอเมริกัน บูโร ออฟ ชิปปิ้ง (American Bureau of Shipping) และของลอยด์ (Lloyd's Register) ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับความหนาของแผ่นเหล็กตัวเรือที่น้อยที่สุด และระยะห่างของกงที่เหมาะสมกับความยาวของเรือเอาไว้ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกของผู้ออกแบบตัวเรือ

ง. แผ่นเหล็กตัวเรือ (Shell Plating) แผ่นเหล็กตัวเรือทำหน้าที่กันไม่ให้น้ำเข้าเรือ และรับแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อตัวเรือทั้งหมด โดยที่มีกง Floor ฝากั้น ฯลฯ ช่วยทำให้แผ่นเหล็กตัวเรือมีความแข็งแรงยิ่งขึ้น แผ่นเหล็กตัวเรือประกอบด้วยแผ่นเหล็กหลาย ๆ แผ่น ส่วนมากเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงไปตามความยาวของเรือ แผ่นเหล็กมาตราฐานจะมีความกว้าง ๕ ฟุต และยาว ๒๐ ฟุต ส่วนความหนานั้นจะหนาตั้งแต่ ๑/๔ นิ้ว ถึง ๑ $\frac{1}{4}$ นิ้ว

การเรียกชื่อแผ่นเหล็กตัวเรือ อาจแยกประเภทเรียกได้ดังต่อไปนี้

๑. แผ่นกระดูกงู (Flat Plate Keel Strake)
๒. แผ่นการ์บอร์ด (Garboard Strake)
๓. แผ่นบิลซ์ (Bilge Strake)
๔. แผ่นเชียร์ (Sheer Strake)

การใช้ตัวอักษรแทนแผ่นเหล็กมีดังนี้ ที่แผ่นกระดูกงูซึ่งเป็นแผ่นที่อยู่กึ่งกลางใช้แทนด้วยอักษร K และจะเริ่มใช้อักษร A ตั้งแต่แผ่นที่ติดกับแผ่นกระดูกงูทั้งสองข้างขึ้นไปจนถึงแผ่นเชียร์ แต่ไม่นิยมใช้อักษร I และ O เพราะจะไปเหมือนกับเลข ๑ และ ๐ ดูรูปที่ ๒.๗

การเสริมกำลังรอยเจาะในแผ่นเหล็กตัวเรือ มีกฎของสมาคมบังคับไว้ คือ สมาคมได้ให้กฎการหาความหนาของแผ่นเหล็กตัวเรือตอนกลางลำ หัวเรือ ท้ายเรือ แผ่นเชียร์ และแผ่นเหล็กท้องเรือตรงหัวเรือ และบังคับด้วยว่า ถ้าตัวเรือมีช่องสำหรับเอา

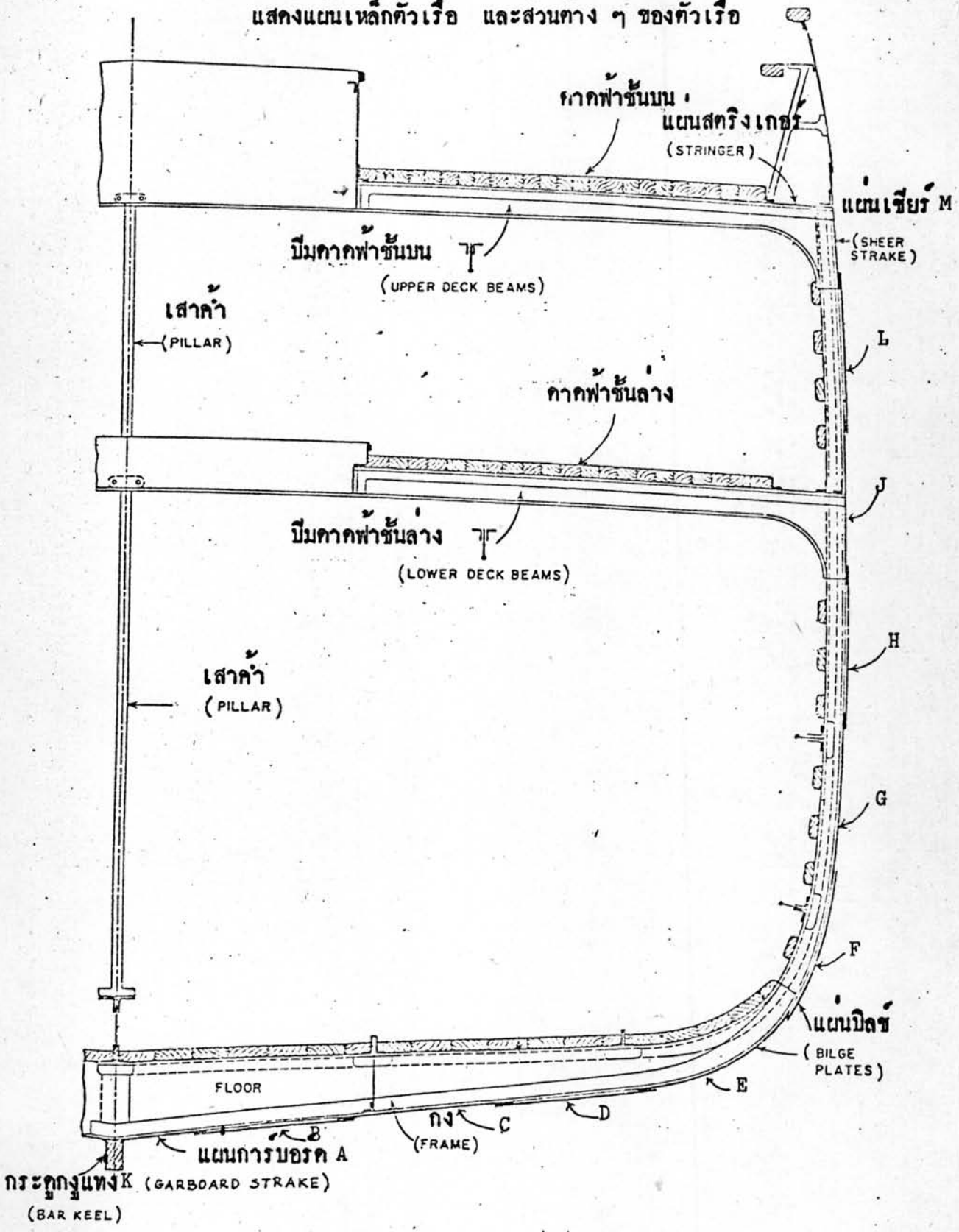
สินค้าออก หรือมีช่องกระจก หรือช่องอื่น ๆ ก็ดีที่ข้างเรือ จะต้องทำการเสริมกำลังให้ช่องมีความแข็งแรง โดยการใช้แผ่นเหล็กเสริมขอบ คือ ใช้แผ่นเหล็กแผ่นหนึ่งหนาเท่าเดิมทาบลงไปแล้วประสานโดยรอบ หรือเจาะบริเวณนั้นออกแล้วเอาแผ่นเหล็กที่หนาเป็นสองเท่าของแผ่นเดิมใส่แล้วประสานรอบช่องที่เจาะก็ได้

จ. ปีมดาดฟ้า (Deck Beam) ปีมดาดฟ้าทำหน้าที่เสมือนคานรับน้ำหนักของแผ่นเหล็กดาดฟ้า และน้ำหนักต่าง ๆ ที่วางอยู่บนดาดฟ้าแล้วถ่ายน้ำหนักเหล่านี้ไปสู่กงทางขวาง และลงสู่ท้องเรือ โดยผ่าน Floor ในทางกลับกันแรงดันของน้ำที่กระทำต่อตัวเรือบริเวณท้องเรือจะถูกถ่ายไปสู่ Floor กงทางขวาง และปีมรับดาดฟ้า ขนาดของปีมรับดาดฟ้านั้นขึ้นอยู่กับช่วงห่างของปีม จำนวนเสาค้ำ Floor ใต้ปีม ความหนาของแผ่นเหล็ก และความสูงของระวาง ปีมมักติดทุก ๆ กงทางขวาง ดูรูปที่ ๒.๗ ในเมื่อต้องการความแข็งแรงในการรับน้ำหนักที่วางอยู่บนดาดฟ้าเพิ่มขึ้น มักนิยมติดปีมเพิ่มขึ้นมากกว่าจะเพิ่มความหนาของแผ่นเหล็กดาดฟ้า ปีมรับดาดฟ้าถูกยึดให้ติดกับกงทางขวางโดยใช้หูช้าง (Beam Bracket) ดูรูปที่ ๒.๖ เพื่อต่อต้านกับแรงในเวลาที่เรือถูกคลื่นซึ่งเรียกว่า Racking Stress และ Twisting Stress เกิดเวลาเรือปิดตัว หูช้างมีความลึกเป็นสองเท่าของความลึกปีมดาดฟ้า

ฉ. เสาค้ำ (Pillars) เสาค้ำทำหน้าที่รับน้ำหนักปีมดาดฟ้า และน้ำหนักเฉพาะแห่งแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่ท้องเรือ เป็นการช่วยรับน้ำหนักของกง และหูช้าง การจัดเรียงเสาค้ำต้องเรียงให้เป็นแนวเดียวกันในทางดิ่ง ดูรูปที่ ๒.๗ เสาค้ำถ้าไม่เรียงให้ตรงกันเป็นแนวดิ่งจะทำให้เกิด Bending Moment และจะทำให้ประสิทธิภาพของเสาค้ำลดลงไป ขนาดของเสาค้ำขึ้นอยู่กับขนาดของน้ำหนักที่บรรทุกอยู่บนดาดฟ้า ตำแหน่ง และความยาวของเสาค้ำ แบบต่าง ๆ ของเสาค้ำมีมาก แต่ที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป เป็นชนิดเสาแป๊ปกลมกลวง เสากลมกลวงที่ดัดมาจากแผ่นเหล็ก เสาที่มีหน้าตัดเป็นรูปตัว H เสารูปแปดเหลี่ยมนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในเรือสินค้า และเรือรบ เพราะทำได้ง่าย และราคาถูก

รูปที่ ๒.๗

แสดงแผ่นเหล็กตัวเรือ และส่วนต่าง ๆ ของตัวเรือ



ช. เกอร์เดอร์ (Girders) เกอร์เดอร์เป็นบีมขนาดใหญ่ที่วางอยู่ในทางยาวของเรือใต้บีมคาดฟ้า และอยู่เหนือปลายเสาค้ำเพื่อช่วยรับน้ำหนักบีมคาดฟ้าไม่ให้บีมคาดฟ้าโค้งลงเวลารับน้ำหนักมาก ๆ ถ้าเกอร์เดอร์มีความแข็งแรงดีอาจจะไม่ต้องใช้เสาค้ำใต้คาดฟ้าก็ได้

ซ. คาดฟ้าเรือ (Deck Plating) คือ พื้นทางเดินในทางระดับและเป็นพื้นที่วางสิ่งของที่จะบรรทุกไปกับเรือ คาดฟ้าเรือนั้นก็เปรียบเสมือนพื้นบ้านนั่นเอง คาดฟ้าเรือมีประโยชน์หลายอย่างแล้วแต่ว่าคาดฟ้านั้นจะเป็นคาดฟ้าชั้นใด เช่น คาดฟ้าชั้นบนสุด (Upper Deck) ทำหน้าที่ผนึกน้ำไม่ให้น้ำเข้าเรือ และทำให้เรือแข็งแรง คาดฟ้าชั้นล่างลงมาก็ทำหน้าที่เป็นพื้นทำงาน เช่น บรรทุกสินค้า เป็นที่อยู่อาศัย และวางสิ่งของต่าง ๆ ฯลฯ แผ่นเหล็กที่ใช้ปูพื้นคาดฟ้าก็เหมือนกับแผ่นเหล็กตัวเรือที่ปูทางยาว แผ่นเหล็กคาดฟ้าที่บริเวณกลางลำมักเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนทางตอนหัวเรือ และท้ายเรือจะเรียวลงตามรูปเรือ ในเรือที่ใช้การย้ำหมุด รอยต่อตามยาวของแผ่นเหล็กพื้นคาดฟ้ามักย้ำหมุดแถวเดียว ส่วนรอยต่อทางขวางมักย้ำหมุดสองแถว ส่วนตรงที่ติดกับบีมคาดฟ้าใช้หมุดย้ำแถวเดียว

ฌ. แผ่นสตริงเกอร์ (Stringer Plate) เป็นแผ่นเหล็กคาดฟ้าเหมือนกันแต่เป็นแผ่นที่ติดกับกราบเรือทั้งสองข้าง เป็นแผ่นเหล็กที่หนากว่าแผ่นเหล็กคาดฟ้าธรรมดา ดูรูปที่ ๒.๗ บนแผ่นสตริงเกอร์จะมีเหล็กฉาก Gunwale Angle ยึดติดอยู่ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงแก่กราบเรือ

ญ. เก๋งผนึกน้ำ (Superstructure) เป็นโครงสร้างของตัวเรือที่อยู่เหนือคาดฟ้าชั้นบนสุดขึ้นไป ถ้าอยู่ที่บริเวณกลางลำเราเรียกว่า เก๋งผนึกน้ำกลางลำ (Bridge) ถ้าอยู่ที่บริเวณหัวเรือเรียกว่า เก๋งผนึกน้ำหัวเรือ (Forecastle) และถ้าอยู่ที่บริเวณท้ายเรือเรียกว่า เก๋งผนึกน้ำท้ายเรือ (Poop) เก๋งผนึกน้ำเหล่านี้สำหรับเป็นห้องพักอาศัย หรือห้องปฏิบัติงาน เช่น เป็นห้องถือท้ายเรือ เพราะอยู่สูงสามารถมองเห็นได้ดีกว่า ดูรูปที่ ๒.๘

ฏ. ฝากั้น (Bulkhead) เป็นแผ่นเหล็กที่วางตั้งฉากกับตัวเรือทางขวาง และทางยาวเพื่อเป็นห้องต่าง ๆ ดูรูปที่ ๒.๔ ฝากั้นมีประโยชน์ดังนี้คือ

๑. ทำหน้าที่ผนึกน้ำ ไม่ให้ไหลจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่งได้ เป็นการป้องกันมิให้ปริมาณน้ำเข้าเรือเพิ่มมากขึ้น ในกรณีที่เรือทะลุใต้แนวน้ำ

๒. กั้นไฟ ในกรณีที่เกิดไฟไหม้ ถ้าทำการปิดฝากั้นห้องนั้นเสียไฟก็จะไม่สามารถลุกลามไปยังห้องอื่น ๆ ได้ เพราะฝากั้นเป็นแผ่นเหล็ก

๓. ทำหน้าที่เปรียบเสมือนกงยึดตัวเรือในเวลาเรือโคนคลื่นลม ไม่ให้แผ่นเหล็กตัวเรือปิดตัว

การกั้นห้องภายในเรือ

การกั้นห้องในเรือรบ และเรือโดยสารจะกั้นห้องถี่มากกว่าในเรือสินค้า ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เรือมีความปลอดภัยสูงในเวลาเรือทะลุ แต่ในเรือสินค้าการกั้นห้องถี่เกินไปจะทำให้บรรทุกสินค้าได้น้อยลง ดังนั้นระยะฝากั้นของเรือสินค้าจึงห่างมากกว่าระยะฝากั้นของเรือรบ และเรือโดยสาร แต่ถ้าระยะของฝากั้นห่างเกินไปก็จะทำให้ไม่ปลอดภัยนักเวลาเรือทะลุปริมาณของน้ำที่เข้าเรือจะมากอาจทำให้เรือจมได้ง่าย ดังนั้นจึงมีกฎสากลเกี่ยวกับสวัสดิภาพของเรือในทะเล ซึ่งกฎนี้จะกล่าวถึงระยะของฝากั้น และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ให้ความปลอดภัยแก่คนประจำเรืออีกด้วย เช่น เรือโบต แพชูชีพ วิทยุ ประตูผนึกน้ำ ฯลฯ

ฝากั้นตามกฎของ American Bureau of Shipping กำหนดดังนี้

๑. ฝากั้นผนึกน้ำหัวเรือ (Collision Bulkhead) ฝากั้นนี้จะกันน้ำไว้มิให้ไหลไปยังห้องอื่น ๆ เมื่อเรือชนกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดจนน้ำทะลุเข้าหัวเรือ กฎนี้กำหนดให้ฝากั้นนี้อยู่ห่างจากหัวเรือเข้ามา ๑/๒๐ เท่าของความยาวเรือ

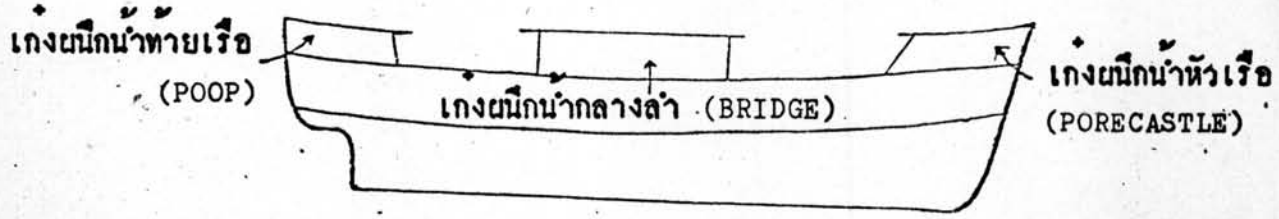
๒. ฝากั้นผนึกน้ำท้ายเรือ (After Peak Bulkhead) เป็นฝากั้นที่อยู่ท้ายเรือเพื่อป้องกันน้ำที่เข้าทางท้ายเรือลามไปยังห้องอื่น ๆ เมื่อท้ายเรือถูกชน

๓. ฝากั้นผนึกน้ำที่ห้องเครื่องจักร และห้องหม้อน้ำ กฎนี้กำหนดว่าในห้องเครื่อง และห้องหม้อน้ำจะต้องมีฝากั้นที่ผนึกน้ำได้

แผ่นเหล็กฝากั้นจะเรียงในทางระดับ และจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ใกล้ท้องเรือมากขึ้น ทั้งนี้เพราะกำลังดันของน้ำมีมากขึ้นนั่นเอง การเพิ่มความแข็งแรงของฝากั้นนั้นจะทำได้โดยการดัดเหล็กเอ็น (Stiffener) ในทางแนวดิ่ง และถ้าต้องการความแข็งแรงมากยิ่งขึ้นก็จะดัดเหล็กเอ็นในแนวนอนด้วย ดูรูปที่ ๒.๔

รูปที่ ๒.๘

แสดงการเรียกชื่อเก๋งผนึกน้ำ (SUPERSTRUCTURE)



รูปที่ ๒.๙

แสดงแบบของฝากั้นน้ำ