

คู่มือการเรียนรู้

วิชาการป้องกันความเสียหาย

เล่ม ๒

กรมยุทธศึกษาทหารเรือ

กรกฎาคม ๒๕๔๖

คำนำ

ด้วย แผนกป้องกันความเสียหาย กองฝึกปฏิบัติการ กองการฝึก กองเรือยุทธการ ได้จัดทำหนังสือ คู่มือการป้องกันความเสียหาย เล่ม 2 (ฉบับปรับปรุง) ขึ้นใหม่ เป็นการนำคู่มือที่แผนกป้องกันความเสียหาย รวบรวมไว้เมื่อ พ.ศ.2515 และจัดพิมพ์โดย ยศ.ทร. เมื่อ กันยายน พ.ศ.2520 ซึ่งใช้เป็นคู่มือการเรียน การสอนมาจนถึงปัจจุบัน และยังไม่มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขเนื้อหาให้เหมาะสม ทันสมัย ก้าวทันกับสภาวะกาลปัจจุบัน ดังนั้น แผนกป้องกันความเสียหาย ได้เล็งเห็นความสำคัญจึงได้รวบรวมความรู้จากเอกสารต่างๆ เช่น อทร.9201 อทร.9202 อทร.9203 และปรับปรุงคู่มือการป้องกันความเสียหาย เล่ม 2 ให้มีข้อความที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และเป็นคู่มือการป้องกันความเสียหาย เล่ม 2 (ฉบับปรับปรุง) ที่ใช้ในการฝึกอบรมให้กับหลักสูตรต่าง ๆ ที่เข้ารับการอบรมกับ กฝร.

อนึ่ง คู่มือเล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็ด้วยความ วิริยะ อุตสาหะ ของข้าราชการ แผนกป้องกันความเสียหาย ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่สำคัญในการรวบรวม เรียบเรียงและติดต่อประสานงานในการจัดพิมพ์เป็นรูปเล่มขึ้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ได้ศึกษาอย่างดี หากท่านผู้ทรงคุณวุฒิได้พบเห็นข้อความใดผิดพลาด หรือไม่ถูกต้อง ขอให้โปรดแจ้งให้ กฝร. (แผนกป้องกันความเสียหาย) ทราบด้วย เพื่อจะได้แก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ต่อไป

แผนกป้องกันความเสียหาย กองฝึกปฏิบัติการ

กองการฝึก กองเรือยุทธการ

กรกฎาคม 2546

1. ประวัติย่อการป้องกันความเสียหาย

(History)

ก. ประวัติและความเป็นมาโดยย่อของการป้องกันความเสียหาย

1. ก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่ผ่านมานั้นยังไม่มีประกันค้ำและสนใจอย่างจริงจัง หากแต่ปฏิบัติกันอย่างอนาถาและไม่มีหลักเกณฑ์
2. ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ประเทศเยอรมันจึงได้ค้นคว้าและปรับปรุงอย่างจริงจัง เนื่องจากมีทุนทรัพย์ในการต่อเรือน้อย จึงต้องพยายามรักษาเรือไว้ไม่ให้จมได้โดยง่าย ตัวอย่าง เรือลาดตระเวนเบาชื่อ “บิสมาร์ค” ได้ชื่อว่าเป็นเรือที่ไม่จม เพราะมีระบบและการจัดการป้องกันความเสียหายที่ดีเยี่ยมก่อนจะถึงวาระสุดท้าย นับจากกระสุนนัดแรกเป็นต้นไป เรือบิสมาร์คสามารถยืนหยัดอยู่ในสมรภูมิตะเลเดือดได้นานถึง 20 กว่าวัน หากเมื่อเทียบกับเรือประจัญบานของญี่ปุ่น ซึ่งขนาดใหญ่โตกว่ามาก ชื่อ ยามาโมโตะ ถูกจมหายใน 20 ชม.เศษ เท่านั้น
3. ภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เสร็จสิ้นแล้ว ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ตื่นตัวในเรื่องนี้มาก ได้ตั้ง รร.ฝึกรป้องกันความเสียหายขึ้นหลายแห่ง โดยใช้กลาซีที่เคยประจำอยู่ในเรือรบที่ถูกโจมตีเสียหาย ในสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นครูผู้ฝึก และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงหัวข้อวิชา วิธีการ ตลอดจนเครื่องมือ เครื่องใช้ให้เหมาะสมยิ่ง ๆ ขึ้น จนถึงขั้นสมบูรณ์ที่สุดในปัจจุบัน ซึ่งทุกชาติต้องไปศึกษาเพื่อเป็นตัวอย่างนำไปใช้ต่อไป
4. ในสงครามเกาหลี เรือรบฝ่ายสัมพันธมิตรถูกทุ่นระเบิดของฝ่ายตรงข้ามเสียหายเป็นจำนวนมาก แต่เรือเหล่านี้ก็ฟื้นคืนชีพ และกลับเข้าสู่สมรภูมิได้ในเวลาอันรวดเร็ว เนื่องด้วยระบบการป้องกันความเสียหายนั่นเอง

ข. ประวัติย่อและความเป็นมาของ ปคส.ในราชนาวีไทย

1. เรือรบไทยถูกจมในสงครามอินโดจีน และในกบฏแมนฮัตตันเป็นจำนวนหลายลำ ประกอบกับผู้บังคับบัญชาชั้นสูงบางท่าน ได้ให้ความสนใจในวิชานี้เพิ่มขึ้น จึงได้ตั้งหน่วยงานสำหรับ ปคส. ขึ้นโดย
 - 1.1 ให้เรือทุกลำจัดเจ้าหน้าที่ ปคส. พร้อมทั้งจะใช้งานได้ทุกเวลา
 - 1.2 จัดการศึกษาเพิ่มเติม โดยการส่งข้าราชการไปรับการอบรม ณ ต่างประเทศ ทั้งสัญญาบัตรและประทวน
 - 1.3 มอบให้ กองการฝึก กร. รับผิดชอบในการฝึกหัดศึกษาให้แก่เรือต่าง ๆ ใน กร. และหน่วยนอก กร. ตามแต่จะได้รับการร้องขอ
 - 1.4 บรรจุหลักสูตรวิชาการป้องกันความเสียหายไว้ในหลักสูตรในโรงเรียนต่าง ๆ เช่น รร.นร., รร.ชพ., รร.ชส.ทร. เป็นต้น เพื่อเป็นการปลูกฝังนิสัยให้เกิดความรู้ความชำนาญ ตั้งแต่แรกเข้ารับราชการทีเดียว

2. บรรจุการป้องกันความเสียหายในราชนาวีไทยได้แบ่งเป็น 3 ประเภท

2.1 การป้องกันความเสียหายประยุกต์ (Applied Damage Control) เป็นวิชาว่าด้วยการป้องกันและซ่อมทำ ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวเรือ ระบบท่อทางที่อยู่นอกห้องเครื่อง การควบคุมน้ำเข้าเรือ การรักษาทริมเรือ ฯลฯ

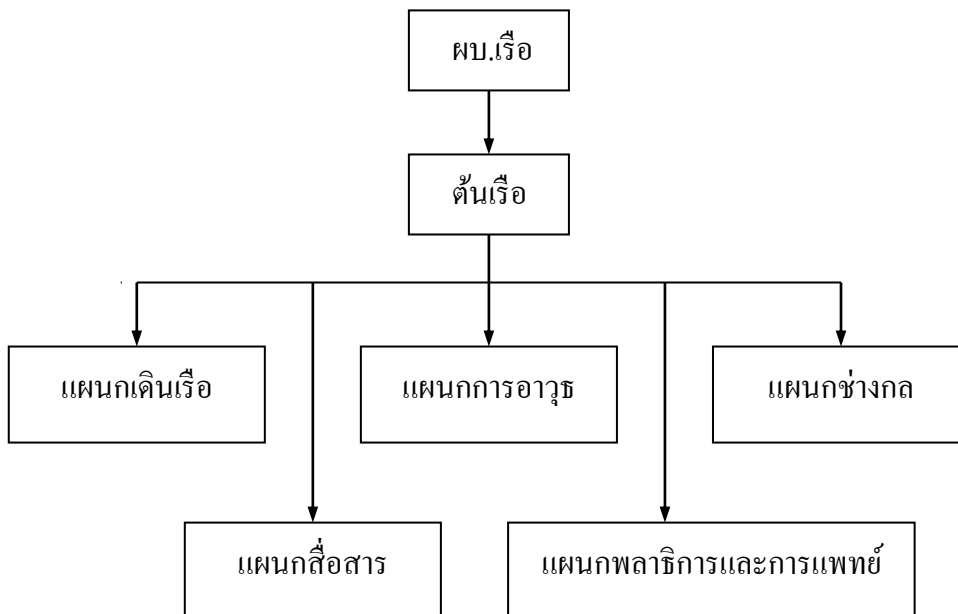
2.2 การป้องกันและดับไฟ (Fire Fighting) ว่าด้วยการป้องกันและดับไฟ ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวต่อไปในเล่ม 2

2.3 การป้องกันภัยจากสงครามนิวเคลียร์ เชื้อโรค และเคมี ซึ่งรายละเอียดของหัวข้อนี้ จะกล่าวต่อไปในเล่ม 3

2. การจัดสายการบังคับบัญชาในงานการ ปคส.ภายในเรือ (Ship and Engineering Department Organization and Administration)

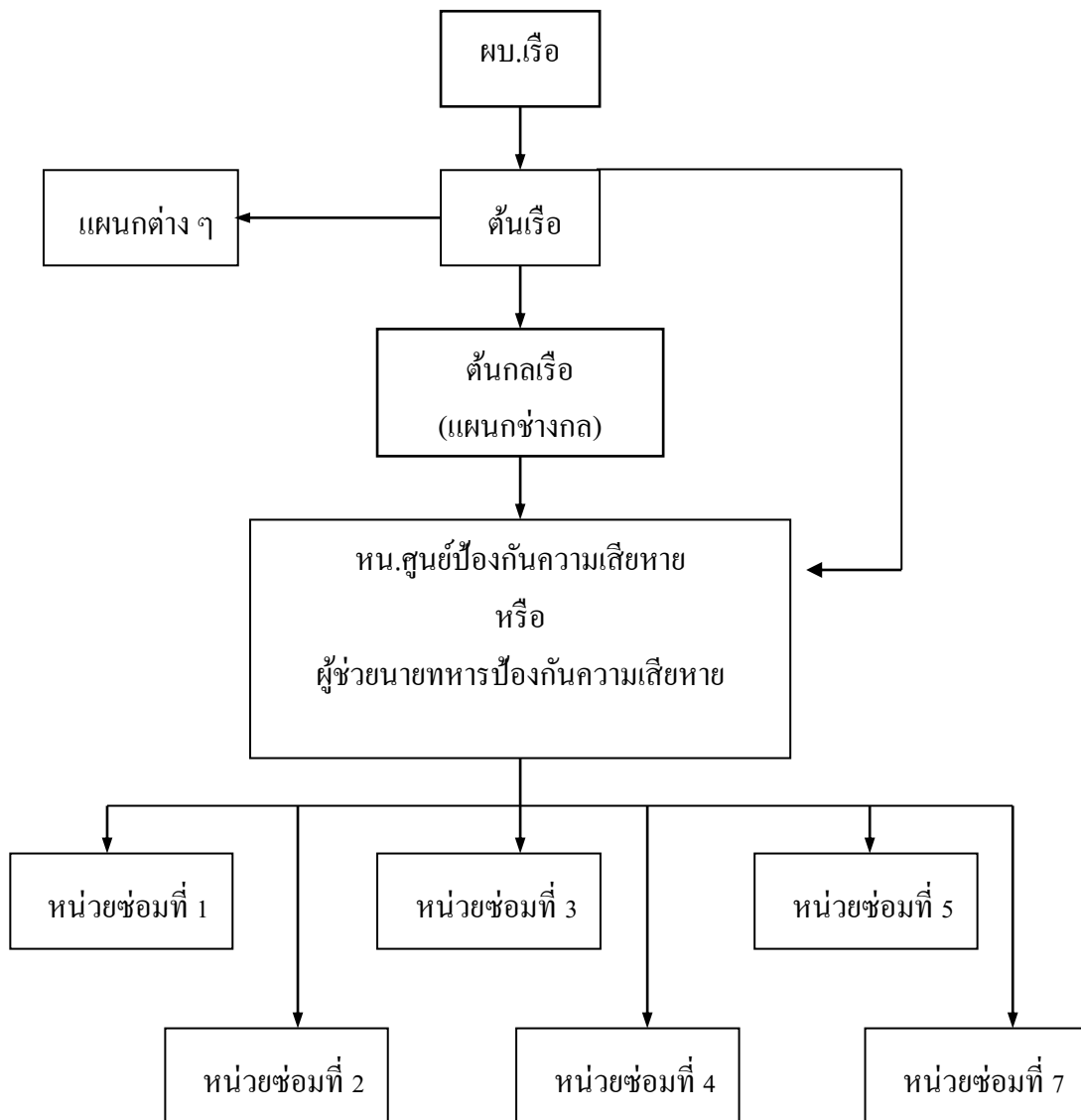
งานป้องกันความเสียหาย ถือเป็นงานสำคัญที่ทหารทุกนาย หรือคนทุก ๆ คน ที่อยู่ในเรือ จะต้องรู้ และจะต้องปฏิบัติให้ถูกต้อง เพราะเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นมาแล้ว ทุกคนที่อยู่ในเรือ จะมีส่วนช่วยเหลือเพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สิน รวมทั้งตัวเรือ พร้อมทั้ง ส่วนต่าง ๆ ภายในเรือ ซึ่งงานป้องกันความเสียหายนี้ ถ้าเป็นเรือขนาดใหญ่ จะมีแผนกรับผิดชอบโดยตรง แต่ปัจจุบัน ทร.ไทย ยังไม่มีเรือขนาดใหญ่ จึงได้มอบหมายงานนี้ ให้ขึ้นการบังคับบัญชา กับแผนกช่างกล โดยมี ต้นกลเรือ ซึ่งเป็นหัวหน้าแผนกช่างกล ทำหน้าที่รับผิดชอบ

ผังการจัดงานธุรการของแผนกต่าง ๆ ภายในเรือ



หมายเหตุ งานทางธุรการนี้ ยกเว้นเรือหลวงจักรีนฤเบศร ซึ่งจะมีแผนกอื่น ๆ อีก ซึ่งแผนกต่าง ๆ ภายในเรือ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของเรือว่าเป็นอย่างไร งานป้องกันความเสียหายเป็นงานที่จะต้องรับผิดชอบตลอดลำเรือ ทั้งในยามปกติและยามสงคราม ไม่ว่าจะเป็นเรือจอดในท่าเรือ หรือเป็นการแล่นในทะเล กล่าวคือ งานป้องกันความเสียหายจะเริ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มสร้างเรือจนกระทั่งทำการปลดระวางเรือลำนั้น ๆ งานป้องกันความเสียหายถึงจะเสร็จสิ้นลง แต่เนื่องจาก งานป้องกันความเสียหาย ได้มอบให้แผนกช่างกลดูแล ฉะนั้น หัวหน้าแผนกช่างกลคือ ต้นกลเรือ จึงทำหน้าที่เป็นนายทหารป้องกันความเสียหายของเรืออีกตำแหน่งหนึ่งด้วย

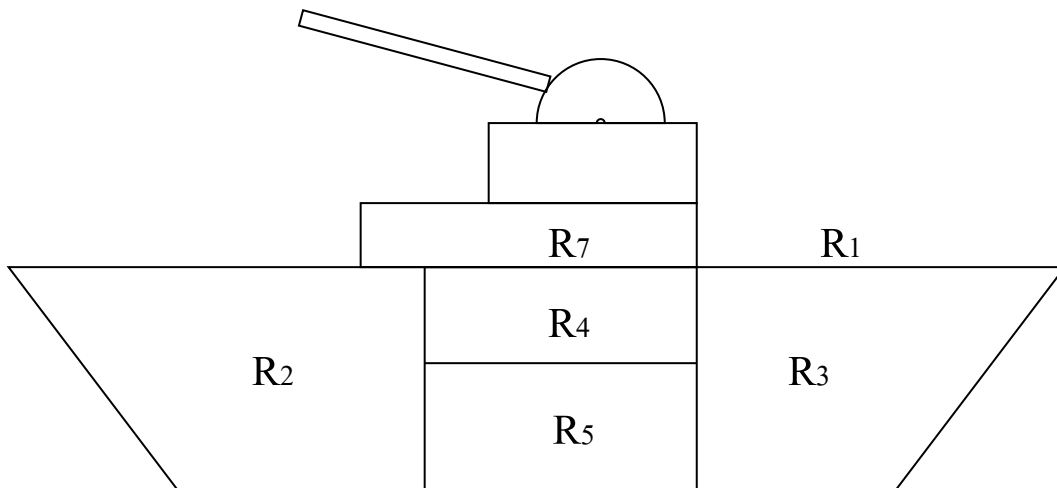
ผังการจัดงานธุรการด้านการป้องกันความเสียหายในเรือ



หมายเหตุ การสั่งการในเรื่องการป้องกันความเสียหาย อาจจะสั่งการจากต้นเรือ (โดยรับคำสั่งจาก ผบ.เรือ) แล้วสั่งตรงมายังผู้ช่วยนายทหารป้องกันความเสียหายที่ทำหน้าที่เป็น หน.ศูนย์ป้องกันความเสียหายของเรือได้โดยตรง โดยมีต้องผ่านต้นกลเรือก็ได้ ในกรณีงานนั้น ๆ เป็นงานเร่งด่วน หรือรวดเร็วในการต้องการผลในการปฏิบัติ

การแบ่งพื้นที่เขตความรับผิดชอบงานป้องกันความเสียหายของหน่วยซ่อม

เรือรบและเรือช่วยรบ มีชั้นคาค้ำหลายชั้น และในแต่ละชั้นคาค้ำก็มีห้องต่าง ๆ มากมาย มีเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีคุณค่าทางยุทธการ รวมทั้งมีมูลค่ามากมายมหาศาล จึงจำเป็นที่จะต้องมีการดูแลและรับผิดชอบ ซึ่งเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นมาแล้วจะได้แก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้อย่างทันที่ ปัจจุบันการแบ่งพื้นที่ความรับผิดชอบนี้ จะแบ่งตามขนาดของเรือที่สำคัญของเรือชั้น ๆ จำนวนของกำลังพลที่อยู่ภายในเรือ รวมทั้งเรือชั้น ๆ เป็นเรือประเภทใด ซึ่งส่วนใหญ่จะจัด ตามหลักสากล ดังนี้



หน่วยซ่อม 1 (REPAIR LOCKER 1)

หมายถึงหน่วยซ่อมที่มีพื้นที่อยู่ในบริเวณคาค้ำสามบุรณชั้นต่ำที่สุด และมีช่องทางเดิน ที่สามารถเดินตั้งแต่หัวเรือจรดท้ายเรือได้ เป็นที่ติดตั้งของศูนย์ป้องกันความเสียหายของเรือ

หน่วยซ่อม 2 (REPAIR LOCKER 2)

หมายถึงหน่วยซ่อมที่มีพื้นที่อยู่ใต้จากหน่วยซ่อม 1 และอยู่หน้าห้องเครื่อง ไปจนถึง หัวเรือสุด และจรดท้องเรือ

หน่วยซ่อม 3 (REPAIR LOCKER 3)

หมายถึงหน่วยซ่อมที่มีพื้นที่อยู่ใต้จากหน่วยซ่อม 1 และอยู่ท้ายห้องเครื่อง ไปจนถึง ท้ายเรือสุดและจรดท้องเรือ

หน่วยซ่อม 4 (REPAIR LOCKER 4)

หมายถึงหน่วยซ่อมที่มีพื้นที่อยู่ใต้จากหน่วยซ่อม 1 และอยู่เหนือห้องเครื่อง

หน่วยซ่อม 5 (REPAIR LOCKER 5)

หมายถึงหน่วยซ่อมที่มีพื้นที่ทั้งหมดอยู่ภายในห้องเครื่องจักรใหญ่ , เครื่องจักรช่วย , ห้องเครื่องไฟฟ้าทั้งหมด จนจรดท้องเรือ

หน่วยซ่อม 7 (REPAIR LOCKER 7)

หมายถึงหน่วยซ่อมที่มีพื้นที่อยู่เหนือจากหน่วยซ่อม 1 (ถ้าหากว่าเรือลำใดมีชั้นคาค้ำสมุทรมากกว่า 1 ชั้นคาค้ำ ชั้นคาค้ำที่ต่ำที่สุด จะเป็นพื้นที่ของหน่วยซ่อม 1 ส่วนชั้นที่สูงกว่า ก็จะเป็นพื้นที่รับผิดชอบของหน่วยซ่อม 7)

ถ้ามีพื้นที่มากขึ้นไปอีก บริเวณคาค้ำเปิดและบริเวณ SUPER STRUCTURE และเป็นบริเวณที่มีพื้นที่มาก ก็อาจจะจัดเป็นอีกหน่วยซ่อมหรือหลายหน่วยซ่อมก็ได้ โดยให้ชื่อว่าเป็น หน่วยซ่อม 9, 10 ไปเรื่อย ๆ

3. สถานที่ป้องกันความเสียหาย (DAMAGE CONTROL ORGANIZATION)

จุดมุ่งหมายของสถานที่ป้องกันความเสียหาย

1. ภายหลังจากที่เกิดความเสียหายขึ้น หน่วย ปคส.จะต้องทำให้เรือกลับสู่สภาพพร้อมรบในทันที
 2. การปฏิบัติของหน่วยควบคุมความเสียหาย จะต้องเป็นไปตามหลักการ ดังต่อไปนี้
 - 2.1 เจ้าหน้าที่แต่ละคนในหน่วย ปคส.จะต้องได้รับการฝึกอย่างดี ในด้านเทคนิคเกี่ยวกับงาน เฉพาะอย่าง เพื่อที่จะสามารถควบคุมความเสียหายนั้น ๆ
 - 2.2 หน่วย ปคส.จะต้องสามารถกระจายงานออกไปเป็นหน่วยย่อย ๆ ซึ่งมีศักยภาพเพียงพอในตัวเอง แต่ขณะเดียวกันแต่ละชุดจะต้องพร้อมเสมอที่จะติดต่อสื่อสารกับชุดอื่น ๆ ได้ตลอดเวลา
 - 2.3 ศูนย์ควบคุมความเสียหาย จะต้องสามารถรับรายงานจากหน่วย ปคส.ทุกหน่วย และจะต้องพิจารณาหาช่องทางปฏิบัติ, ข้อเสนอแนะ ให้กับหน่วยซ่อมที่รายงานความเสียหายมายังศูนย์ควบคุมความเสียหาย นอกจากนี้จะต้องรายงานและรับการสั่งการจากศูนย์ควบคุมการบังคับบัญชาเกี่ยวกับการลอยตัว การเอียงของเรือ การทรงตัว การผิมน้ำและมาตรการในการป้องกันสงครามนิวเคลียร์ เคมี และ เชื้อโรค
 - 2.4 หน่วยควบคุมความเสียหายที่กำหนดให้ดำเนินการควบคุมความเสียหายเฉพาะของแผนกใด จะต้องอยู่ในการควบคุมโดยตรงกับ หน.แผนกนั้น ๆ
 - 2.5 ดำเนินการให้ จนท.ที่ทำงานหนักได้รับการพักผ่อน ให้มีการรับประทานอาหารได้ในขณะประจำสถานีรบ และจะต้องให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพความพร้อมทางวัตถุ จากสภาพหนึ่งไปยังอีกสภาพหนึ่ง
- การจัดชุดหน่วยซ่อม**
1. การจัดหน่วยซ่อมของเรือแต่ละแบบนั้น อยู่ในความรับผิดชอบของ ผบ.กองเรือ (Type Commander)
 2. หน้าที่ทั่วไปของหน่วยซ่อม
 - 2.1 ดำรงไว้ ซึ่งสภาพผิมน้ำของเรือ
 - 2.2 ดำรง ซึ่งการทรงตัวของเรือ, ควบคุมการเอียงของเรือ (LIST AND TRIM)
 - 2.3 ดูแลรักษา และแยกไม่ให้ความเสียหายมีผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่สำคัญ
 - 2.4 ป้องกัน, แยกออก, กำจัดและเคลื่อนย้ายวัสดุต่าง ๆ ที่จะมีผลกระทบจากไฟ และจากการโจมตีด้วยสารเคมี ชีวะ และรังสี
 - 2.5 ทุกหน่วยต้องมีความสามารถในการซ่อมทำโครงสร้างของเรือ และอุปกรณ์ที่ชำรุดได้อย่างรวดเร็วตามหน่วยซ่อมนั้น ๆ
 - 2.6 ทุกหน่วยจะต้องสามารถทำการปฐมพยาบาล และลำเลียงผู้ป่วยไปยังห้องพยาบาลได้ โดย ไม่ให้สมรรถภาพในการป้องกันความเสียหายของหน่วยซ่อมลดลง
 - 2.7 ทุกหน่วยต้องมีความสามารถในการตรวจค้นชี้ชัดลงไป และสามารถลบล้างอำนาจอันเป็นผลเนื่องมาจากการโจมตีด้วยสงครามนิวเคลียร์ เคมี และ ชีวะ

2.8 ทุกหน่วยจะต้องมีความสามารถในการป้องกันและทำการดับไฟได้ทุกชนิด

2.9 ทุกหน่วยจะต้องมีความสามารถพิจารณาถึง ขอบเขตของความเสียหาย ได้อย่างถูกต้องเพื่อให้การรายงานเป็นไปอย่างถูกต้องแน่นอน ซึ่งจะทำการบันทึก (PLOT) การแสดงระบบต่าง ๆ และ แผ่นภาพ เพื่อแสดงให้เห็นความเสียหายอันเกิดกับตัวเรือ นอกจากนี้ หน่วยซ่อม 1, 2, 3, 4 และ 5 ยังต้องมีความสามารถในการแสดงแผ่นภาพเกี่ยวกับการทรงตัวของเรือ และไดอะแกรมเกี่ยวกับ การบรรทุกของเรือ

องค์ประกอบเมื่อมีการประจำสถานีรบ

1. ศูนย์ป้องกันความเสียหาย (DAMAGE CONTROL CENTRAL)

1. ศูนย์ป้องกันความเสียหายหลัก (Primary DCC) อยู่ในความรับผิดชอบของนายทหารป้องกันความเสียหาย

2. ศูนย์ป้องกันความเสียหายรอง (Secondary DCC) ขึ้นอยู่กับคำสั่ง ผบ.เรือ

ก. ปกติใช้หน่วยซ่อมใดหน่วยซ่อมหนึ่ง

ข. พร้อมเสมอที่จะรับช่วงหน้าที่จากศูนย์ป้องกันหลัก

ค. จะต้องกำหนดไว้ในคู่มือป้องกันความเสียหายของเรือ

ง. ควรมีเครื่องมือเช่นเดียวกับศูนย์ป้องกันหลักรวมทั้งโทรศัพท์กำลังเสียง ควรเป็นแบบเดียวกันทุกวงจร

หน้าที่ของศูนย์ป้องกันความเสียหาย

1. รับและพิจารณาข่าวสารที่ส่งมาจากหน่วยซ่อมทุกหน่วย

2. แจ้งให้ทางสะพานเดินเรือทราบ ถึงสภาพทั่ว ๆ ไปของเรือ เช่น การลอยตัวของเรือ อาการเอียงของเรือ การกินน้ำลึกหัวท้ายที่ต่างกัน การทรงตัวของเรือ ความสามารถในการกั้นน้ำ และผลอันเกิดจากสงครามนิวเคลียร์ เชื้อโรค และเคมี

3. ถ่ายทอดคำสั่งจากสะพานเดินเรือ ไปยังหน่วยซ่อมทุกหน่วย

4. รายงานจำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บ และตายไปยังสะพานเดินเรือ ในเมื่อเห็นว่าจะมีผลต่อการรบของเรือต่อไป

5. แนะนำการควบคุมความเสียหาย แก่หน่วยซ่อมเมื่อเห็นว่าจำเป็น

6. ควบคุมให้เรือสามารถกั้นน้ำได้ ป้องกันไม่ให้น้ำเข้าเรือ ต่อด้านเมื่อน้ำท่วมเรือและสูบน้ำออกจากเรือ

7. ภายใน ดี.ซี.เซ็นเตอร์ จะต้องมีเครื่องมือเหล่านี้

ก. คิดแผนที่และแผนผังของเรือไว้โดยเขียนกำหนดแสดงให้เห็นถึงการแบ่งภาคของเรือ และระบบต่าง ๆ

ข. แผ่นภาพแสดงถึงความเสียหาย แสดงให้เห็นถึงความเสียหาย ที่เกิดกับตัวเรือตามที่ได้รับจากหน่วยซ่อม

ค. แผ่นภาพแสดงถึงการทรงตัวของเรือ แสดงถึงการบรรทุกของเหลว ตำแหน่งที่เกิดน้ำท่วม ผลที่ได้รับจากอาการเอียง และระดับกินน้ำลึกที่แตกต่างกัน ระหว่างหัวและท้าย อันเกิดจากน้ำท่วมเรือ รวมถึงวิธีการแก้ไข

ง. กราฟแสดงถึงการดำเนินการในการแก้ไขความเสียหาย

จ. แผนผังคาดฟ้าต่าง ๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึง พื้นที่ที่ได้รับรังสีปรมาณู เชื้อโรค และเคมี ตำแหน่งที่

ของ ห้องพยาบาล สถานที่จำกัด เอ็น บี ซี และเส้นทางที่ปลอดภัย เพื่อนำไปยังสถานีเหล่านี้

ฉ. กราฟแสดงถึงความเข้มข้นของรังสีปรมาณู ทั้งในปัจจุบันและตามที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า

ช. ปุ่มแสดงถึงการเปิด - ปิด ประตูลิ้นกั้นน้ำ

ซ. รายละเอียดเส้นทางนำไปยังที่กำบังกระแทกกัน ที่กำบังชั้นใน ศูนย์ควบคุมความเสียหาย อิเล็กทรอนิกส์ และห้องพยาบาล

2. หน่วยซ่อมสำหรับตัวเรือ, ระบบขับเคลื่อน และอิเล็กทรอนิกส์และอาวุธ

เรือแต่ละลำจะต้องกำหนดจำนวนหน่วยซ่อมและหน้าที่รับผิดชอบเอง โดยยึดถือตามประเภทของเรือ นั้น ๆ และรายงานให้เรือต้นสังกัดทราบ โดยให้ยึดถือปฏิบัติให้ได้ใกล้เคียงมากที่สุดดังนี้

2.1 หน่วยซ่อม 1 (หน่วยซ่อมคาน้ำหลัก) ต้องมีนายทหารหรือพันจ่า ในแผนกที่รับผิดชอบ พื้นที่คาน้ำเป็นหัวหน้าหน่วยซ่อม และมี จนท.ประจำหน่วยซ่อมประกอบด้วย จ่า และลูกเรือ ที่ไม่มีหน้าที่ประจำ จนท.กระซับ พนง.วิทยุ ช่างอิเล็กทรอนิกส์ พยาบาล และ จนท.การบิน(เว้นแต่ในเรือบรรทุกเครื่องบิน)จะมีพันจ่าช่างกลด้วยก็ได้

2.2 หน่วยซ่อม 2 และหน่วยซ่อม 3 (หน่วยซ่อมหัวและหน่วยซ่อมท้าย) นายทหารหรือพันจ่า ที่ได้รับการฝึกเป็นอย่างดี เป็นหัวหน้าหน่วยซ่อม (ไม่แยก พรรค / เหล่า) ประกอบด้วย ลูกเรือที่ไม่มีหน้าที่ประจำ

2.3 หน่วยซ่อม 4 (หน่วยซ่อมกลางลำ) มีองค์ประกอบเหนือหน่วยซ่อม 2, 3 ถ้าเป็นเรือขนาดใหญ่ถึงจำเป็นต้องมี และเป็นหน้าที่เป็นหน่วยสนับสนุนหน่วยซ่อม 5 ฉะนั้นจึงต้องมีพันจ่าช่างกล ที่มีความรู้ความสามารถอยู่ในหน่วยซ่อมด้วย

2.4 หน่วยซ่อม 5 (หน่วยซ่อมระบบขับเคลื่อน MAIN SPACE) นายทหารในแผนกช่างกล, ช่างไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ระดับสูง

2.5 หน่วยซ่อม 6 (หน่วยซ่อมระบบอาวุธ) นายทหารหรือพันจ่าในแผนกอาวุธ เป็น หน.หน่วยซ่อม ประกอบด้วย พันจ่า และจ่า ในแผนกอาวุธ โดยปกติถ้าปฏิบัติราชการในภาวะสงครามถึงจะมีหน่วยซ่อม

2.6 หน่วยซ่อม 7 (คาน้ำขยกและหอควบคุมการบิน) ปกติจะมีแต่ในเรือบรรทุกเครื่องบินประกอบด้วยช่างเครื่องบิน ช่างเทคนิคตัวเรือ และลูกเรือในแผนกบิน

2.7 หน่วยสนับสนุน (RESCUE AND ASSISTANCE) โดยปกติจะไม่มีใช้เมื่อมีเหตุฉุกเฉิน ทั้งในท่าเทียบ และในทะเลเท่านั้น

2.8 หน่วยซ่อม 8 (หน่วยซ่อมอิเล็กทรอนิกส์) นายทหารหรือพันจ่าในแผนกไฟฟ้าอาวุธ และอิเล็กทรอนิกส์เป็นผู้รับผิดชอบ ประกอบด้วยเจ้าหน้าที่ในแผนก โดยให้ครอบคลุมทุกอุปกรณ์ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์

2.9 หน่วยซ่อมคาน้ำบิน (CRASH AND SALVAGE TEAM) มีหน้าที่ควบคุมดูแลทั้งหมดเกี่ยวกับการบิน รวมทั้งระบบน้ำมันเครื่องบินในเรือบรรทุกเครื่องบิน ประกอบด้วยนายทหารหรือพันจ่าในแผนกการบินเป็นหัวหน้าหน่วยซ่อม ลูกเรือในแผนกการบินเป็นเจ้าหน้าที่โดยต้นกล และนายทหารป้องกันความเสียหาย เป็นผู้คัดเลือกและกำหนดตัวบุคคล

2.10 หน่วย EOD (EXPLOSIVE ORDNANCE DISPOSAL TEAM) ต้องจัดจากผู้ที่ได้รับการฝึกโดยเฉพาะจะจัดจากหน่วยอื่นนอกเรือก็ได้ อยู่ในความรับผิดชอบของหัวหน้าแผนกอาวุธ

3.หน้าที่โดยเฉพาะของแต่ละหน่วยซ่อม

3.1 การคงไว้ซึ่งสมรรถภาพของตัวเรือ และความคล่องตัวของเรือ อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยซ่อม 1, 2, 3 และ 4

- ก. ซ่อมขั้นแรกและขั้นที่สอง แก่ระบบการถือท้าย
- ข. รื้อถอนสิ่งสลักหักพังบนคาค้ำฟ้าใหญ่ ซึ่งจะเป็นสิ่งขัดขวางแก่สถานีรบ สถานีเรือ หรือสถานีป้องกันความเสียหาย

ค. ในการซ่อมทำด้วยตลอดเวลาแก่ระบบ เพื่อการบริการในการรบ เช่น ระบบการลำเลียงอาวุธระบบการระบายอากาศ ระบบท่อทางอากาศกำลังดันสูงและกำลังดันต่ำ ระบบการติดต่อสื่อสาร ระบบไฟฟ้า และระบบน้ำเย็น

- ง. ต่อพลังไฟฟ้าสำรอง เมื่อพลังหลักเกิดความเสียหายขึ้น
- จ. ช่วยเหลือหน่วยกู้ภัย (Crash and Salvage Team) เมื่อได้รับการร้องขอ
- ฉ. ทำการปล่อยและเก็บเครื่องกวาดแบบพาราเวน
- ช. ช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางทะเล และให้ความช่วยเหลือ
- ซ. ซ่อมทำตัวเรือส่วนที่เสียหายเหนือแนวน้ำ ซึ่งอาจเป็นเหตุให้น้ำเข้าเรือได้ ในกรณีที่เกิดความเสียหายมากขึ้น

3.2 คงไว้ซึ่งการทรงตัวและการลอยตัวของเรือ เป็นหน้าที่ของหน่วยซ่อม 1, 2, 3 และ 4

- ก. ต้องประจำอยู่ที่ในที่สามารถไปยังส่วนต่าง ๆ ของเรือ โดยปิดประตูฝาลิ้นกันน้ำที่น้อยที่สุด
- ข. ต้องสามารถซ่อมทำตัวเรือที่เสียหาย เครื่องเปิดปิดประตูลิ้นกันน้ำ โดยการอุดปะ ค้ำจุน ประสานประฝากันน้ำและคาค้ำฟ้า ปรับแต่งลิ้นและทำการเจาะหรืออุดท่อทางที่ผ่านส่วนลิ้นนั้นของเรือตลอดลำ
- ค. เตรียมเครื่องสูบน้ำ เครื่องระบายหรือถ่ายเทระบบของเหลวในถังและน้ำมันเชื้อเพลิง หรือน้ำที่ท่วมในช่องว่าง (Void) และห้องต่าง ๆ ภายในเรือ เจ้าหน้าที่จะต้องทำการรู้จักคุ้นเคยกับที่เก็บเครื่องมือเหล่านี้ รวมทั้งต้องรู้จักวิธีใช้อย่างดีด้วย

3.3 การระวังรักษาเครื่องจักรใหญ่ อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยซ่อม 5

- ก. ระวังรักษาซ่อมทำ หรือจำกัดเขตความเสียหาย ให้เครื่องจักรใหญ่และหม้อน้ำ
- ข. ปฏิบัติซ่อมทำ จำกัดปรับปรุงเกี่ยวกับระบบที่สำคัญของเครื่องจักรใหญ่
- ค. ปฏิบัติซ่อมทำ ระบบควบคุมการถือท้าย
- ง. ช่วยระวังรักษา และซ่อมทำระบบสื่อสารตลอดลำ
- จ. ช่วยเหลือหน่วยซ่อม 1, 2, 3, 4 และหน่วยกู้ภัย เมื่อได้รับการร้องขอ

3.4 คงไว้ซึ่งการป้องกันอาวุธยุทธภัณฑ์อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยซ่อม 6

- ก. ซ่อมทำแรงดัน ต่ออาวุธทุกประเภท รวมทั้งการจัดหาของอะไหล่
- ข. เปิดระบบน้ำหยาดในคลังเก็บอาวุธและระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับอาวุธ
- ค. ให้ความช่วยเหลือกับหน่วยซ่อมอื่น ๆ ใน การดับไฟที่อยู่ในทัศนวิสัยของที่เก็บอาวุธ

- ง. ให้ความช่วยเหลือหน่วยซ่อมอื่น ๆ ในการซ่อมทำตัวเรือที่ได้รับความเสียหาย
- จ. ประจำสถานีอยู่ทางตอนหัวของสถานีควบคุมน้ำหยาดคลังเก็บอาวุธ ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารกับศูนย์ควบคุมการบิน ศูนย์ควบคุมความเสียหาย และหน่วยที่แยกออกไปจากหน่วยซ่อม 6
- ฉ. แจ้งศูนย์ป้องกันความเสียหาย เกี่ยวกับสภาพของระบบน้ำหยาด และระบบการปล่อยน้ำเข้าคลังกระสุน
- ช. กันพวกอาวุธที่จะต้องทำการหยาดน้ำไว้จากพวกอาวุธอื่น ๆ ในหมู่เดียวกัน

3.5 การรักษาาดฟ้า ซึ่งอยู่เหนือดาดฟ้าใหญ่ อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยซ่อม 7 ซึ่งจะต้องสามารถ

- ก. ควบคุมและทำการดับไฟ
- ข. ซ่อมแซมความเสียหายในพื้นที่กำหนดไว้
- ค. ช่วยเหลือหน่วยซ่อม 1 เมื่อได้รับการร้องขอ

3.6 ระวังรักษาเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยซ่อม 8 ซึ่งจะต้องสามารถ

- ก. ซ่อม วิทยุ เรดาร์ เครื่องมือต่อต้านอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือที่เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด
- ข. ซ่อมแซมเครื่องมือควบคุมความเสียหาย
- ค. ซ่อมแซมโซนาร์
- จ. ตัดไฟเล็กที่เกิดจากไฟฟ้า

3.7 การซ่อมทำระบบเชื้อเพลิงที่ใช้ในการบิน อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยซ่อมเชื้อเพลิงการบิน (Aviation Fuel Repair Team) ซึ่งจะต้องมีความสามารถดับไฟได้เช่นเดียวกัน

3.8 การซ่อมทำดาดฟ้าบิน อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยปะทะและกู้ภัย (Crash and Salvage Team) ซึ่งจะต้องมีความสามารถ

- ก. ดับไฟที่ไหม้เครื่องบินและช่วยเหลือนักบิน รวมทั้งปฏิบัติการกู้ภัยเครื่องบินบนดาดฟ้าบิน
- ข. ซ่อมแซมดาดฟ้าบินและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่บนดาดฟ้าบิน

4. ความรับผิดชอบในการควบคุมและการฝึกหน่วยซ่อมต่าง ๆ

ก. หน.ศูนย์ป้องกันความเสียหาย หรือผู้ช่วยนายทหารป้องกันความเสียหาย (DCA) ควบคุม และ ฝึกหัดหน่วยซ่อม 1, 2, 3, 4 และ 7

ข. ดันกล ควบคุมและฝึกหน่วยซ่อม 5

ค. นายทหาร (ไฟฟ้า) อาวุธ (Weapons Officer) ควบคุมและฝึกหน่วยซ่อม 6 และจัดสถานีหน่วยทำลายวัตถุระเบิด (Explosive Ordnance Disposal Or EOD) เมื่อได้รับมอบหมาย

5. การจัดหน้าที่ภายในหน่วยซ่อม

- ก. ทุกคนภายในหน่วยซ่อม จะต้องสามารถทำหน้าที่ได้ทุกหน้าที่ รวมทั้งต่อต้านภัยได้ในทุกภาวะ
- ข. ในหน้าที่หนึ่ง อาจจะกำหนดให้คนกระทำมากกว่าหนึ่งคนได้
- ค. ตัวอย่างการกำหนดจำนวนคนในแต่ละหน้าที่ มี ดังนี้

- พากปิดประตูลิ้นก้นน้ำ ทั้งหมด
 - เจ้าหน้าที่สำรวจความเสียหาย 4
 - ชุดดับไฟ 3-4
 - เครื่องสูบน้ำ 6
 - อุดปะ 2
 - ชุดระบายควัน 2
 - ชุดตรวจ 4
 - ชุดทำลายผลอันเกิดจาก NBC 4
 - ปฐมพยาบาล 2
 - พลี้อต 2
 - ติดต่อสื่อสาร 2
- ข. เจ้าหน้าที่นอกจากที่กล่าวในข้อ ค.
- หัวหน้าหน่วยซ่อม
 - ผู้สั่งการในที่เกิดเหตุ
 - ช่างไฟฟ้า
 - ช่างไฟฟ้าสื่อสาร
 - พลนำสาร

การจัดหน่วยซ่อม

หน่วยซ่อมสนับสนุนและช่วยเหลือ (RESCUE AND ASSISTANCE) เรือทุกลำจะต้องกำหนดตัวบุคคลไว้ ไม่ว่าเรือจะอยู่ที่ท่าเทียบเรือหรือในทะเล โดยจำนวนเจ้าหน้าที่ ขึ้นอยู่กับขนาดของเรือ หรือขนาดของความเสียหายนั้น โดยต้องสามารถทำหน้าที่ได้ ทั้งทางน้ำและทางบก โดยการกำหนดจำนวนและหน้าที่ให้ยึดถือปฏิบัติดังนี้

ทีมช่วยเหลือและสนับสนุน (RESCUE AND ASSISTANCE)

หน้าที่	จำนวน	ความเสียหาย
หัวหน้าทีม (นายทหาร)	1	ทุกความเสียหาย
ผู้สั่งการในที่เกิดเหตุ	1	ทุกความเสียหาย
หัวหน้าทีม	1	ไฟไหม้
หัวฉีด	2	ไฟไหม้
สายสูบล	2	ไฟไหม้
จนท.เครื่องสูบน้ำเคลื่อนที่	1	ไฟไหม้/น้ำท่วม

อุดปะ/กำจุน	2	ไฟไหม้/น้ำท่วม
จนท.ซ่อมท่อทาง	2	แล้วแต่จะกำหนดไว้
จนท.ติดต่อสื่อสาร	2	แล้วแต่จะกำหนดไว้
จนท.ปฐมพยาบาล	1	ทุกความเสียหาย
ช่างไฟฟ้า	1	ทุกความเสียหาย
จนท.สนับสนุน	1	ทุกความเสียหาย
ลูกเรือ เรือยนต์	แล้วแต่จะกำหนด	แล้วแต่จะกำหนดไว้

ข้อสังเกต

1. ประจำเครื่องสูบน้ำเคลื่อนที่ ต้องยกประกอบ, ติดตั้งกับอุปกรณ์ประกอบ เมื่อมีความเสียหาย
2. แล้วแต่จะกำหนดว่าที่อันตรายแต่อย่างน้อยที่สุดจะต้องได้ผ่านการฝึกฝนการปฐมพยาบาลเบื้องต้นอย่างชำนาญ
3. จนท.สนับสนุนจะต้องมีหน้าที่ในการสนับสนุนอุปกรณ์/เครื่องมือที่จำเป็น ตามแต่การร้องขอ ปกติจะใช้จนท.กระชับ
4. เพื่อให้สามารถใช้เครื่องสูบน้ำเคลื่อนที่ ในเรือยนต์ได้ด้วย เพื่อใช้ต่อความเสียหายในเรือใหญ่

4. การแบ่งห้องกันน้ำ (COMPARTMENTATION)

ในการเตรียมเรือเพื่อต่อต้านความเสียหาย ที่อาจจะเกิดขึ้นต่อตัวเรือ เมื่อได้รับความเสียหาย สิ่งที่สำคัญก็คือ การแบ่งหรือการชอยพื้นที่ใช้สอยภายในเรือ เพื่อทำให้เกิดความแข็งแรงของตัวเรือเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งลดขอบเขตของความเสียหายให้อยู่ในขอบเขตจำกัด พร้อมทั้งก่อให้เกิดความสะดวกสบายสำหรับผู้ที่อยู่ในเรือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของกำลังพลภายในเรือ

ความสำคัญของการแบ่งห้องกันน้ำ

1. เพื่อผลในการผนึกน้ำเป็นการป้องกันการลุกลามของน้ำเข้าเรือ
 - ก) ลดการสูญเสียการลอยตัว (Buoyancy)
 - ข) ลดการสูญเสียการทรงตัว (Satiability)
 - ค) รักษาอุปกรณ์สำคัญของเรือ
2. ยิ่งแบ่งห้องกันน้ำออกได้มากส่วนขึ้นเท่าใด ยิ่งทำให้เรือมีความต้านทานต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้มากเท่านั้น
3. ลดการลุกลามและแผ่กระจายของควัน, ไฟ, ไอระเหย และสารที่เกิดจาก
4. เพื่อความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของเรือ โดยมีส่วนค้ำจุน โครงสร้างของตัวเรือให้มากขึ้น
5. แบ่งห้องเป็นสัดส่วนระหว่างที่อยู่กับที่ปฏิบัติงาน เพื่อผลการทำงานที่มีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดในการแบ่งห้องกันน้ำ

1. ความเหมาะสมสำหรับห้องพักอาศัย
 - ก) ถ้าแบ่งห้องมากเกินไป ก็จะทำให้ที่พักอาศัยคับแคบไม่สะดวกสบาย
2. ขนาดเครื่องมืออุปกรณ์ที่ติดตั้ง
 - ก) ถ้าแบ่งห้องมากเกินไป อุปกรณ์ใหม่ ๆ ก็จะติดตั้งไม่ได้
3. น้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อแบ่งห้องกันน้ำมากขึ้น ทำให้ลด
 - ก) อากาศทรงตัว
 - ข) ความเร็ว
 - ค) รัศมีทำการ

ชั้นของคานฟ้าเรือและการเรียกชื่อของชั้นคานฟ้าเรือ

1. MAIN DECK หมายถึง ชั้นคานฟ้าของเรือที่มีความสมบูรณ์ และเป็นชั้นที่อยู่บนสุด
 - ก) คานฟ้าสมบูรณ์ หมายถึง คานฟ้าของเรือที่มีความกว้างจดสองกราบของเรือ และมีความยาว ตั้งแต่หัวเรือจดท้ายเรือ โดยมีช่องทางเดินที่สามารถเดินจากหัวเรือถึงท้ายเรือได้ โดยไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งขาดหายไป

ข) คาคฟ้าไม่สมบูรณ์ หมายถึงคาคฟ้าของเรือที่อาจจะมีความกว้างจรดสองกราบของเรือหรือไม่ก็ได้ และมีความยาวไม่ตลอดลำเรือ กล่าวคือ มีส่วนใดส่วนหนึ่งขาดหายไป ทำให้ไม่สามารถที่จะเดินจากหัวเรือถึงท้ายเรือได้

2. POOP DECK หมายถึง

- ก) คาคฟ้าย่อยไม่สมบูรณ์อยู่บริเวณท้ายเรือ
- ข) อยู่เหนือชั้นคาคฟ้า Main Deck
- ค) ความกว้างสุดกราบ ทั้ง 2 ข้าง โดยต่อกับแผ่นเหล็กกราบเรือ ทั้ง 2 ข้างขึ้นมา
- ง) ถ้า POOP DECK ยาวเลยไปถึงบริเวณกลางลำเรือ เรียก Upper Deck

2. FORE CASTLE DECK หมายถึง

- ก) คาคฟ้าย่อยไม่สมบูรณ์บริเวณหัวเรือ
- ข) อยู่เหนือชั้นคาคฟ้า Main Deck และมีลักษณะเช่นเดียวกับ Poop Deck
- ค) ถ้า Forecastle Deck ยาวเลยไปถึงบริเวณกลางลำเรือ เรียก Upper Deck

4. UPPER DECK หมายถึง

- ก) คาคฟ้าย่อยไม่สมบูรณ์บริเวณกลางลำ
- ข) อยู่เหนือชั้นคาคฟ้า Main Deck
- ค) ความกว้างสุดกราบ ทั้ง 2 ข้าง โดยต่อกับแผ่นเหล็กกราบเรือ ทั้ง 2 ข้างขึ้นมา
- ง) อาจจะเป็นคาคฟ้าที่มีความยาวตั้งแต่ท้ายเรือสุด ผ่านกึ่งกลางลำ ก็เรียกว่า Upper Deck

5. SUPERSTRUCTURE DECK หมายถึง

- ก) คาคฟ้าย่อยไม่สมบูรณ์ที่อยู่เหนือชั้นคาคฟ้า Main Deck หรือ Upper Deck
- ข) อาจมีความกว้างสุดกราบ ทั้ง 2 หรือไม่ก็ได้ แต่ไม่ได้ต่อกับแผ่นเหล็กกราบเรือ ทั้ง 2 ข้างขึ้นมา

6. HALF DECK หมายถึง

- ก) คาคฟ้าย่อยไม่สมบูรณ์ที่ซึ่งอยู่กลางระหว่างคาคฟ้าที่สมบูรณ์ 2 ชั้น

7. PLATFORM DECK หมายถึง

- ก) คาคฟ้าย่อยไม่สมบูรณ์ ซึ่งอยู่ใต้คาคฟ้าสมบูรณ์ที่ต่ำที่สุดลงมา

8. FLIGHT DECK หมายถึง

- ก) คาคฟ้าซึ่งใช้เป็นคาคฟ้าสำหรับการขึ้นลงของเครื่องบิน

9. HANGER DECK หมายถึง

- ก) คาคฟ้าซึ่งใช้เก็บเครื่องบิน / เฮลิคอปเตอร์ และบำรุงรักษาเครื่องบิน / เฮลิคอปเตอร์

10. GALLERY DECK หมายถึง

- ก) คาคฟ้าที่มีความยาวตั้งแต่บริเวณหัวเรือถึงบริเวณท้ายเรือ
- ข) อยู่ระหว่าง Flight Deck หรือ Hanger Deck

11. FLAT หมายถึง

ก) พื้นรองสำหรับเดิน โดยเฉพาะในห้องเครื่องเหนือใต้ท้องเรือ

12. DAMAGECONTROL DECK หมายถึง

ก) คาดฟ้าสมบูรณ์ที่ต่ำที่สุด ที่มีทางผ่านทะลุออกได้ตั้งแต่หัวเรือถึงท้ายเรือ

ข) เป็นคาดฟ้าที่เก็บของเครื่องมือป้องกันความเสียหาย เครื่องมือซ่อม เครื่องมืออำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น

1) เป็นคาดฟ้าควบคุมการลุดลามของน้ำเข้าเรือ

2) มีระบบควบคุมการสูบน้ำ การหยาดน้ำ ฯลฯ อยู่ในคาดฟ้าชั้นนี้

การให้หมายเลขห้องกั้นน้ำ วัตถุประสงค์ของการให้หมายเลขห้องกั้นน้ำเพื่อ

1. เพื่อให้ค้นหาห้องกั้นน้ำได้โดยง่ายและรวดเร็ว

2. เมื่อเกิดความเสียหาย ควบคุมความเสียหายได้โดยง่ายเพราะรู้ตำแหน่งที่เกิดเหตุได้รวดเร็ว

3. ช่วยให้พลประจำเรือใหม่ ๆ รู้จักคุ้นเคยกับเรือได้เร็วขึ้น

4. ห้องกั้นน้ำทุกห้อง จะเขียนหมายเลขติดไว้ให้เห็นเด่นชัดบนผนังบริเวณทางเข้า

นอกห้อง ยกเว้น ห้องโถงนายทหาร ห้องพักนายทหาร และห้องเมส ปัจจุบันการให้หมายเลขห้องกั้นน้ำ มีด้วยกัน 2 ระบบโดยพิจารณาการสร้างเรือก่อนเดือน มี.ค.1949 และหลัง เดือน มี.ค.1949 ซึ่งถ้าก่อนเดือน มี.ค.1949 จะเป็นระบบเก่า ส่วนหลังเดือน มี.ค.1949 จะเป็นระบบใหม่

การให้หมายเลขห้องกั้นน้ำระบบเก่า (เรือที่สร้างก่อนเดือน มี.ค.1949) จะมีวิธีการให้ดังนี้

1. ประกอบด้วยตัวอักษร ตัวเลข 3 หมู่ ดังนี้

ก) ตัวอักษรตัวแรกหมายถึง ภาคใดของเรือ

ข) กลุ่มตัวเลขลำดับต่อไปหมายถึงชั้นคาดฟ้า และตำแหน่งที่หรือลำดับของห้องนั้นใน

แต่ละภาค

ค) อักษรตัวเดียวหรือมากกว่ากลุ่มต่อไป หมายถึงประโยชน์ของการใช้ห้องนั้นเพื่ออะไร

2. ภาคของเรือให้อักษร โดยกำหนดเป็นอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ อักษร A, B, C

ดังนี้คือ

ก) A - หมายถึง ส่วนที่อยู่ตั้งแต่หัวเรือสุดจนถึงผนังห้องสุดของห้องเครื่องจักร

เครื่องกลต่าง ๆ

ข) B - หมายถึง ส่วนที่อยู่ตั้งแต่ผนังหน้าสุดจนถึงผนังหลังสุดของ ห้องเครื่องจักร

เครื่องกลต่าง ๆ

ค) C - หมายถึง ส่วนที่อยู่ตั้งแต่ผนังหลังสุดของห้องเครื่องจักรเครื่องกลต่าง ๆ ไปทาง

ท้ายเรือจนถึงท้ายเรือสุด

3. ชั้นของคาดฟ้าและตำแหน่งที่ของห้อง

ก) ถ้าประกอบด้วยตัวเลข 3 ตัว ตัวแรกหมายถึงชั้นคาดฟ้า

ข) ถ้าประกอบด้วยตัวเลข 4 ตัว 2 ตัวแรกหมายถึงชั้นคาดฟ้า

ค) คาดฟ้า Main Deck จะมีหมายเลขตั้งแต่ 101 - 199

ง) คาดฟ้า Second Deck ซึ่งอยู่ถัด Main Deck ลงไป 1 ชั้น จะมีหมายเลขตั้งแต่ 201 - 299

จ) คาดฟ้าชั้นต่อ ๆ ไป ก็ให้หมายเลขลักษณะเช่นเดียวกัน คือ 301 - 399, 401 - 499 เป็นต้น

ฉ) ชั้นใต้ท้องเรือต่ำสุดให้หมายเลขเป็น 901 - 999 ชั้น เหนือขึ้นมาเป็น 801 - 899

ช) คาดฟ้าที่อยู่ในเรือ Main Deck ขึ้นไป จะให้หมายเลข 0101 - 0199, 0201 - 0299, 0301 - 0399 ตามลำดับ

ซ) ห้องใดก็ตามที่ความลึกหลายชั้นคาดฟ้า เช่น ห้องเครื่องจักรต่าง ๆ ให้ หมายเลข ตั้งแต่ 1 - 100 โดยไม่คำนึงถึงชั้นคาดฟ้า เช่น A - 1 - W ยกเว้นช่องทางลงทางตั้งลึก ๆ ซึ่งผ่านคาดฟ้าหลายชั้น (Trunk) ให้หมายเลขตามคาดฟ้าชั้นต่ำสุดของช่องทางลงนั้น เช่น ห้องที่อยู่คาดฟ้า Half Deck ให้หมายเลขตามคาดฟ้าสมบูรณ์ชั้นที่อยู่ต่ำกว่าห้องนั้น และนำหน้าด้วยอักษร “ H ” เช่น A - H201 - A

ฌ) การให้หมายเลขตำแหน่งที่ห้อง หรือลำดับที่ห้อง นับจากหัวเรือไปทางท้ายเรือของแต่ละภาค และแต่ละชั้นคาดฟ้า คือ

- 1) ตัวเลข 2 ตัวหลัง
- 2) บอกตำแหน่งสัมพันธ์กับแนวกึ่งกลางลำเรือ ซึ่งลากจากหัวเรือไป ท้ายเรือ
- 3) ห้องที่อยู่แนวกึ่งกลางลำเรืออาจจะเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ก็ได้แล้วแต่จำนวนห้อง
- 4) เลขที่อยู่ทางกราบขวาของแนวกึ่งกลางลำเรือ
- 5) เลขที่อยู่ทางกราบซ้ายของแนวกึ่งกลางลำเรือ
- 6) ถ้าภายในห้องกั้นน้ำห้องใดห้องหนึ่ง ห้องกั้นน้ำถูกสร้างขึ้นใหม่ ก็ให้ใช้หมายเลขห้องนั้นตามด้วยเศษส่วน $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ ตามลำดับ เช่น A - 201 - ฝ L, A - 204 - ฝ L
- 7) ถ้าห้องกั้นน้ำใต้คาดฟ้าเปิด ห้องใดถูกแบ่งเป็น 2 ห้อง หรือ มากกว่าโดยเฉพาะที่ห้องเหล่านั้นเป็นห้องที่กั้นเฉพาะอากาศ หรือกั้นเฉพาะควันแล้ว จะให้หมายเลขตามห้องนั้นแต่ตามด้วยหมายเลข 1 สำหรับห้องทางขวาของผนัง และหมายเลข 2 สำหรับห้องทางซ้ายของผนัง เช่น A - 312 - IL, A - 312 - 2 L,

4. ประโยชน์ของห้อง หมายถึง ภายในห้องนั้น ๆ มีการใช้ประโยชน์อย่างไร หรือใช้สอยอย่างไร โดยกำหนดดังนี้

ก) แสดงด้วยอักษรตัวเดียว หรือมากกว่า

1) อักษรตัวเดียวหมายถึงจุดประสงค์ที่ใช้ห้องนั้นเพียงอย่างเดียว เช่น

B - BATTERY (หมู่อุปกรณ์ใหญ่)

L - LIVING SPACE (ที่อยู่อาศัย)

2) อักษรหลายตัวหมายถึงจุดประสงค์หลายอย่าง เช่น B - 115 - BL

หมายถึงที่อยู่อาศัย ซึ่งมีอุปกรณ์เกี่ยวกับปืนใหญ่ด้วย

3) ตัวอักษรเหล่านั้น ได้แก่

- A - ห้องเก็บของ ห้องเสบียง
- B - หมู่ปืนใหญ่
- C - ห้องควบคุมเรือและควบคุมการยิง
- E - ห้องเครื่องจักรกลต่าง ๆ
- F - ถังน้ำมัน
- L - ท่อสู้อากาศ, ห้องพยาบาล และทางเดิน
- M - ห้องเก็บออมภัณฑ์
- T - ช่องทางลงทางตั้งเล็ก ๆ
- V - ถังว่าง
- W - ถังน้ำ
- LUB - ถังน้ำมันหล่อ
- GAS - ถังน้ำมันเบนซิน

4) ตัวอย่างเช่น หมายเลขห้องกันน้ำที่ได้เป็น C - 217 - A หมายถึง

- 1) ห้องอยู่ภาคท้าย (ได้เป็นอักษร C)
- 2) คาดฟ้าชั้นที่ 2 เป็นห้องที่ 17 นับจากผนังท้ายห้องเครื่องจักรกลต่าง ๆ

และอยู่ทางกราบขวา (หมายเลข 217)

3) ห้องนี้เป็นห้องเก็บของ (ได้อักษร A)

การให้หมายเลขห้องกันน้ำแบบใหม่ (เรือที่สร้างภายหลังเดือน มี.ค.1949) มีวิธีการกำหนดให้โดยการให้หมายเลขประกอบด้วย ตัวเลข 3 หมู่ และตัวอักษร 1 หมู่ แยกด้วยขีด ระหว่างกลุ่มเป็นดังนี้

1. ตัวเลขกลุ่มแรกบอกถึงชั้นคาดฟ้า โดย

ก. ชั้น Main Deck ให้เป็นหมายเลข 1

ข. ชั้นคาดฟ้าต่ำลงไป เป็นหมายเลข 2, 3, 4 ตามลำดับ

ค. ชั้นคาดฟ้าสูงกว่าชั้น Main Deck ขึ้นไป ให้หมายเลขเป็น 01, 02, 03 ตามลำดับ

ง. ห้องกันน้ำที่มีความลึกของห้องหลายชั้นคาดฟ้า ให้ใช้หมายเลขชั้นคาดฟ้าของห้องนั้นที่ต่ำที่สุด ที่ห้องนั้นตั้งอยู่

จ. ห้องกันน้ำที่อยู่บน Half Deck ให้หมายเลขเป็นเศษส่วนตามความเป็นจริง เช่น Half Deck อยู่ระหว่างชั้นคาดฟ้าที่ 1 และ 2 ให้หมายเลขเป็น $1\frac{1}{2}$

2. ตัวเลขกลุ่มที่ 2 บอกถึงตำแหน่ง หรือหมายเลข กง ของห้องนั้นที่ตั้งอยู่ โดยคิดจากผนังด้านหน้าของห้องนั้นเป็นหลัก โดยถือหลักดังนี้

ก. เส้นตั้งฉากที่ลากจากจุดตัดระหว่างแนวน้ำกับเส้นหัวเรือ ถือว่าเป็นกง ที่ 1

ข. กงต่อไป นับจาก กงที่ 1 ไปท้ายเรือ ให้หมายเลข 2, 3, 4 จนถึงท้ายเรือสุด

ค. ตั้งแต่ กงที่ 1 ไปจนถึงหัวเรือสุด ให้ชื่อเป็นอักษร A,B,C,D ตามลำดับ

ง. จะใช้หมายเลข กง ซึ่งตั้งอยู่ตรงพอดีกับผนังกันห้องทางด้านหัวเรือของห้องนั้นเป็นหลัก

แต่ถ้าผนังห้องไม่พอดีกับกบ คืออยู่ระหว่าง กบ 2 กบ ก็ให้ใช้กบอันแรกที่อยู่ในห้องนั้น และอยู่ใกล้ผนังห้องด้านหัวเรือมากที่สุด

3. ตัวเลขกลุ่มที่ 3 บอกถึงตำแหน่งที่ของห้องสัมพันธ์กับแนวกึ่งกลางลำเรือ

ก. เลขคี่ หมายถึง ห้องที่อยู่ทางกราบขวาของแนวกึ่งกลางลำเรือ ออกไปยังกราบเรือ

ตามลำดับ

ข. เลขคู่ หมายถึง ห้องที่อยู่ทางกราบซ้ายของแนวกึ่งกลางลำเรือ ออกไปยังกราบเรือ

ตามลำดับ

ค. ห้องที่มีแนวกึ่งกลางห้องทับแนวกึ่งกลางลำเรือ ให้เป็นหมายเลข 0 แต่ถ้าห้องนี้แบ่งออกได้อีกหลายห้อง โดยทุกห้องมีแนวกึ่งกลางห้องทับแนวกึ่งกลางลำเรือเหมือนกัน และมีผนังห้องด้านหัวเรือเป็นผนังเดียวกัน จะให้หมายเลขห้องใหญ่เป็น 0 ห้องเล็กรองลงมาเป็น 01, 02, 03 ตามลำดับ

4. ตัวอักษร กลุ่มที่ 4 บอกถึงประโยชน์ที่ใช้นั้น ๆ

ก. ปกติเป็นอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ตัวเดียว

ข. สำหรับการบรรทุก ซึ่งมีได้ใช้เอง จะใช้อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ 2 ตัวคู่

ค. ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ เหล่านี้คือ

- A - ห้องเก็บของ, เสบียง ของเรือใช้เอง
- AA - ห้องเก็บของ ซึ่งบรรทุกมากับเรือ
- C - ห้องควบคุมเรือและควบคุมการยิง
- E - ห้องเครื่องจักรกลต่าง ๆ
- F - ถังน้ำมันของเรือใช้เอง
- FF - ถังน้ำมัน ซึ่งบรรทุกมากับเรือ
- G - ถังน้ำมันเบนซินของเรือใช้เอง
- GG - ถังน้ำมันเบนซินบรรทุกมากับเรือ
- H - ถังน้ำมันเครื่องบินเรือใช้เอง
- HH - ถังน้ำมันเครื่องบินบรรทุกมากับเรือ
- J - ถังน้ำมัน JP 5 เรือใช้เอง
- JJ - ถังน้ำมัน JP 5 บรรทุกมากับเรือ
- K - ที่เก็บสารเคมี, สารกึ่งอันตราย และสารอันตราย
- M - ห้องเก็บอัมmunitionเรือใช้เอง
- MM - ห้องเก็บอัมmunitionที่บรรทุกมากับเรือ
- L - ที่อยู่อาศัย, ห้องพยาบาล, ช่องทางเดิน
- Q - เบ็ดเตล็ด เช่น ร้านค้า ที่ทำงาน เป็นต้น
- T - ช่องทางลงทางตั้งเล็ก ๆ
- V - ถังว่าง
- W - ถังน้ำ

5. ตัวอย่างการให้หมายเลขห้องกั้นน้ำแบบระบบใหม่ เช่น 3 - 75 - 4 - M

หมายความว่า

- ก. ห้องนี้ตั้งอยู่บนอาคารที่ 3
- ข. ผนังด้านหน้าของห้องทางหัวเรือตั้งอยู่บน กง ที่ 75
- ค. เป็นห้องที่ 2 จากแนวกึ่งกลางลำเรือไปทางกราบซ้าย
- ง. เป็นห้องเก็บออมภัณฑ์ที่ใช้กับเรือเอง

การให้หมายเลขเครื่องประกอบตัวเรือ อันได้แก่ ประตู, ช่องทางลง ลี้นบังคับปิด - เปิด กำหนดดังนี้

1. ให้หมายเลขเหมือนกันหมดทุกลำ ไม่ว่าจะเป็นเรือที่สร้างหลัง มี.ค.1949 หรือเรือที่สร้างก่อน มี.ค.1949
2. ประกอบด้วยตัวเลข 3 กลุ่ม โดยในแต่ละกลุ่มเป็นดังนี้
 - ก. กลุ่มแรกบอกถึงชั้นอาคารที่ตั้งของเครื่องประกอบนั้น ๆ
 - ข. กลุ่มที่ 2 บอกถึง กง ที่อยู่ตรงพอดี หรือใกล้ที่สุดไปทางหัวเรือของเครื่องประกอบเหล่านั้น
 - ค. กลุ่มที่ 3 บอกถึงตำแหน่งที่สัมพันธ์กับแนวกึ่งกลางลำเรือ โดย
 - 1) เลขที่อยู่ทางกราบขวาของกึ่งกลางแนวลำเรือ
 - 2) เลขที่อยู่ทางกราบซ้ายของกึ่งกลางแนวลำเรือ
 - 3) เครื่องประกอบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปอยู่ข้างเดียวกันจากแนวกึ่งกลางลำเรือ และอยู่ตรงกึ่งเดียวกัน ให้หมายเลขดังนี้
 - ก) ให้หมายเลขจากแนวกึ่งกลางลำเรือออกไปยังกราบทั้ง 2 ตามลำดับ
 - ข) ให้หมายเลขจากบนลงล่าง
 - ค) ให้หมายเลขจากหัวเรือไปท้ายเรือ
3. สำหรับลี้นบังคับปิด - เปิด ที่อยู่ใกล้กัน อาจมีหมายเลขเหมือนกันก็ได้ เพราะเป็นลี้นต่างระบบกัน
4. ถ้าเครื่องประกอบตัวเรือใดก็ตาม มีกลไกสามารถบังคับการทำงานได้ในที่อีกแห่งหนึ่งไกลออกไป

(REMOTE CONTROL)

- ก. โดยมีการบังคับนั้น กระทำได้ที่ตัวเครื่องประกอบตัวเรือเอง และที่บังคับระยะไกลแล้ว การให้หมายเลขเครื่อง บังคับระยะไกล (REMOTE CONTROL) เหมือนกันกับหมายเลขเครื่องประกอบตัวเรือนั้น ๆ
- ข. ถ้าการบังคับกระทำได้เฉพาะที่เครื่องบังคับในระยะไกล (REMOTE CONTROL) เพียงแห่งเดียวแล้ว การให้หมายเลขจะถือตามตำบลที่ของเครื่องบังคับระยะไกลนั้น ส่วนเครื่องประกอบตัวเรือที่บังคับ ณ ตำบลที่ตัวมันเองไม่ได้นั้น จะให้หมายเลขตามเครื่องมือบังคับระยะไกลนั้น ๆ

5. การเตรียมพร้อมทางวัสดุ (Material Condition of Readiness)

เป็นวิธีการกำหนดการผ่านเข้าออกของเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรือต่าง ๆ ภายในเรือ อันได้แก่ ประตูกั้นน้ำ (Water tight door) , ฝาปิดกั้นน้ำ (Water tight hatch) , ฝาปิด - เปิดเรือ (Water tight scuttle) , ลิ้นต่าง ๆ (Valves) โดยการกำหนดตัวอักษรต่าง ๆ ให้ประจำตามเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรือต่าง ๆ

วัตถุประสงค์ในการกำหนดชั้นการเตรียมพร้อมทางวัสดุ เพื่อ

1. จำกัดขอบเขตของความเสียหายที่เกิดขึ้นในเรือ ให้อยู่ในบริเวณจำกัดเพื่อง่ายต่อการแก้ไขปัญหา
2. คงไว้ซึ่งระดับสูงสุดแห่งการผนึกน้ำ ขณะเดียวกันก็ให้มีความสะดวกสบายในการปฏิบัติงาน และสุขภาพของพลประจำเรือ
3. คงไว้ซึ่งความพร้อมรบอย่างสูงสุด ซึ่งเหมาะสมกับสถานะการณ์ทางยุทธการในขณะนั้น
4. ให้เรือสามารถกลับเข้าทำการรบได้อีกอย่างรวดเร็วหลังจากได้รับความเสียหาย โดยไม่ทำให้เสียผลทางด้านยุทธการ

วิธีการกำหนดตัวอักษรให้กับเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรือซึ่งมีการแบ่งชั้นของเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรือต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่อักษรดังกล่าว จะกำหนดมาไว้ในหนังสือป้องกันความเสียหาย (D.C. Book) รวมทั้งยังสามารถตรวจสอบได้จาก ต้นฉบับใบรายการตรวจสอบประจำห้อง (Master Compartment Check - off List)


หลักการพิจารณาเพื่อกำหนดตัวอักษรของการแบ่งชั้นของเครื่องปิดกั้น เครื่องประกอบ ตัวเรืออื่น ๆ

1. การผ่านเข้า - ออก มากหรือน้อยรวมทั้งการใช้งานของลิ้นต่าง ๆ มากน้อยอย่างไร
2. ระดับความต้องการของการแบ่งห้องกั้นน้ำ

การกำหนดการเตรียมพร้อมทางวัสดุ

1. ในเรือรบโดยทั่วไปกำหนดชั้นการเตรียมพร้อมทางวัสดุได้ 3 ชั้น แตกต่างกันที่ระดับความต้องการการผนึกน้ำ และการป้องกันต่าง ๆ ดังนี้

ก. ชั้น X - RAY

- 1) มีระดับการป้องกัน โดยเฉพาะในเรื่องของการผนึกน้ำน้อยที่สุด
- 2) กำหนดชั้นเมื่อเรืออยู่ในสถานที่ปลอดภัยจากการถูกโจมตี
- 3) กำหนดชั้นเมื่อเรือทอดสมออยู่ในเขตท่าเรือ ที่มีการป้องกันเป็นอย่างดี
- 4) กำหนดชั้นเมื่อเรือเทียบท่าในฐานทัพเรือของตนเองระหว่างเวลางานปกติ
- 5) เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมาย X และ  จะถูกปิด นอกจากจะใช้งานจริง ๆ เครื่องประกอบตัวเรือที่มีเครื่องหมายอื่นยังคงเปิดอยู่

6) การตรวจสอบดูแลให้เป็นไปตามขั้นนี้ อยู่ในความรับผิดชอบของแต่ละแผนก (Division Responsible) เพื่อให้เรือสามารถปฏิบัติการได้

ข) ชั้น YOKE

- 1) มีระดับการป้องกัน โดยเฉพาะในเรื่องของการผิมน้ำสูงชัน
- 2) กำหนดชั้นเมื่อเรืออยู่ในทะเล โดยเฉพาะในขณะลาดตระเวนยามสงคราม
- 3) กำหนดชั้นเมื่อเรืออยู่ในเมืองท่า ที่ไม่มีการป้องกันที่ดี
- 4) กำหนดชั้นในขณะเข้าหรือออกเมืองท่าในเวลาสงบ
- 5) กำหนดชั้นทุกวันตั้งแต่ดวงอาทิตย์ตก ถึงดวงอาทิตย์ขึ้นวันรุ่งขึ้น

6) เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมาย X , Y , X และ

Y

จะต้องถูกปิด นอกจากนี้ในกรณีที่เป็นส่วนสำคัญของระบบขณะใช้งานของเรือ

7) การตรวจสอบดูแล โดยเฉพาะในเรื่องของการทำความสะอาดและการบำรุงรักษาในพื้นที่ที่รับผิดชอบ ที่มีเครื่องหมายประกอบตัวเรือต่าง ๆ ที่ติดตั้งอยู่ เป็นหน้าที่รับผิดชอบของแต่ละแผนก

ค) ชั้น ZEBRA

- 1) มีระดับการป้องกัน โดยเฉพาะในเรื่องการผิมน้ำสูงที่สุด
- 2) กำหนดชั้นก่อนที่เรือจะออกปฏิบัติการทางทะเล หรือกลับเข้าท่าเรือในยามสงคราม
- 3) กำหนดชั้นทันที โดยไม่ต้องรอคำสั่ง เมื่อประจำสถานีรบ
- 4) ถ้าไม่มีการประจำสถานีรบ ก็อาจกำหนดชั้นได้เมื่อต้องการควบคุมการลุกลามของไฟและน้ำเข้าเรือ

5) เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมาย X , Y , Z และ

X

Y

Z

Z

จะต้องถูกปิด

6) การเปิด - ปิด และการตรวจสอบดูแล เป็นหน้าที่ของแต่ละหน่วยซ่อม

2. เมื่อได้กำหนดชั้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุขึ้นแล้ว เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมาย X, Y, Z จะต้องถูกปิดอยู่ตลอดเวลา นอกจากจะได้รับอนุญาตจาก ผบ.เรือ จึงจะเปิดได้

ยกเว้น X , Y สามารถเปิดใช้งานได้โดยไม่ต้องขออนุญาตจากผู้บังคับการเรือ แต่หลังจากใช้งานแล้วจะต้องปิดให้สนิทและเรียบร้อย

การควบคุมการปิด - เปิดประตูกั้นน้ำ, ฝักกั้นน้ำ และลิ้นต่าง ๆ กระทำโดย

ก. ผ่านนายทหารป้องกันความเสียหายของเรือ , หน.ศูนย์ป้องกันความเสียหาย (ผู้ช่วยนายทหารป้องกันความเสียหายของเรือ = DCA.) หรือ นายทหารยามประจำวัน

ข. หัวหน้าหน่วยซ่อมเป็นผู้ควบคุมการเปิด - ปิด เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ในเขตรับผิดชอบของตน เมื่อประจำสถานีรบ

3. การกำหนดตัวอักษรสำหรับแบ่งชั้นเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ

ก. ตัวอักษร X สีดำ กำหนดให้กับ

1) เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมายนี้ จะต้องถูกปิดเมื่อ กำหนดขั้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุ X - RAY , YOKE และ ZEBRA

2) ส่วนใหญ่จะกำหนดให้กับ

ก) ประตูและช่องทางลงใต้คาคฟ้าของห้องเก็บของต่าง ๆ รวมทั้งระวางเก็บอัมกัณฑ์
ข) ช่องทางลงใต้คาคฟ้า ไปยังห้องคลังเก็บกระสุนและห้องที่เดินเครื่อง
ควบคุมด้วยมือ ซึ่งช่องทางลงนั้นมีฝา SCUTTLES ประกอบอยู่ด้วย โดยช่องทางลง กำหนดเป็น X

SCUTTLES กำหนดเป็น ,

ค) ท่อทางที่ใช้เชื่อมต่อท่อได้หลาย ๆ ท่อ (MANIFOLDS) ซึ่งเป็นแบบมีฝาปิดและ
กวดด้วยเกลียวและนัต

ง) SCUTTLES ที่ใช้เป็นทางหนีอันตรายที่ไม่ได้กำหนดเป็นอย่างอื่น

จ) ประตูและช่องทางลงใต้คาคฟ้า ที่อยู่บนและใต้คาคฟ้าเปิด เพื่อลงไปยังห้องเก็บ
ของและห้องเก็บอัมกัณฑ์

ฉ) บริเวณช่องทางหรือลิ้นที่ใช้เป็นที่เติมน้ำมันเครื่องบิน

ช) ประตูไปยังช่องทางหนีอันตรายของห้องเครื่องจักรใหญ่, ห้องเครื่องไฟฟ้าต่าง ๆ
ห้องเครื่องสูบน้ำ EDUCTOR ห้องกวนสมอ ห้องควบคุมเครื่องจักรสำหรับส่งเครื่องบินขึ้น
ห้องพัลลม ลิฟท์ขนของต่าง ๆ

ข. ตัวอักษร X สีดำ ในวงกลมสีดำ  กำหนดให้กับ

1. เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมายนี้ จะต้องถูกปิด เมื่อ
กำหนดขั้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุชั้น X - RAY, YOKE และ ZEBRA

2. อาจจะสามารถเปิดได้โดยไม่ต้องได้รับอนุญาต จากผู้บังคับการเรือ เมื่อ

ก) จะผ่านไปเพื่อเข้าประจำหรือเลิกประจำสถานีรบ

ข) ขนถ่ายอัมกัณฑ์

ค) ต้องการเดินระบบที่สำคัญของเรือ ขณะประจำสถานีรบ

3. เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ จะต้องถูกปิดเสมอ ไม่มีการใช้ ปกติ
จะกำหนดให้กับ

ก) ประตูไปยังห้องคลังอาวุธ และห้องเดินเครื่องหรือควบคุมด้วยมือ

ข) ช่องทางลงใต้คาคฟ้าที่ไม่มี SCUTTLES ไปยังห้องคลังอาวุธและห้องเครื่อง
หรือควบคุมด้วยมือ

ค) ห้องเดินเครื่อง หรือควบคุมจรวด

ง) SCUTTLES ตามช่องทางลงใต้คาคฟ้าไปยังห้องเพลลา ห้องสูบน้ำ ห้องคลัง
อาวุธและห้องเครื่อง หรือควบคุมด้วยมือ

จ) บริเวณที่เติมแก๊ส หรือน้ำมัน และห้องเครื่องกรอง

ฉ) ห้องเครื่อง ผลิตออกซิเจน ในโตรเจน

ช) ลิฟท์สำหรับขนอมภัณฑ์

ซ) ห้องเครื่องวัดระยะทางด้วยล้อค

ฅ) SCUTTLES สำหรับขนถ่ายอมภัณฑ์

ญ) ห้องเก็บของปราบเรือดำน้ำ

ฎ) ห้องเครื่องมือต่าง ๆ ที่ไม่มีคนประจำ

ค. ตัวอักษร Y สีดำ กำหนดให้กับ

1. เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ เครื่องหมายนี้ จะต้องถูกปิด เมื่อกำหนดขึ้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุชั้น YOKE และ ZEBRA

2. กำหนดให้กับ

ก) ช่องทางลงใต้คาคฟ้าที่มี SCUTTLES ไปยังห้องเพลลาและห้องเครื่องสูบน้ำ

โดย SCUTTLES ที่มีอยู่นั้น กำหนดเป็น  —

ข) ทางเข้าที่ไม่ใช่ทางเข้าหลักของห้องเครื่องจักรกลต่าง ๆ

ค) ช่องทางลงใต้คาคฟ้าบนคาคฟ้าเปิด ซึ่งไม่ได้กำหนดเป็น X

ง) ทางเข้าที่มีทางเข้าอื่นอีกหลายทางบนคาคฟ้าป้องกันความเสียหายและคาคฟ้าชั้นสูงกว่า ประตูกั้นน้ำ หรือฝากั้นน้ำของ ห้องเครื่องไฟฟ้า ห้องเครื่องปรับอากาศ ห้องเครื่องอัดอากาศ ห้องเครื่องทำความเย็น ห้องเครื่องลิฟท์ ห้องเครื่องควบคุมจรวด ยุงโซ่

ง. ตัวอักษร Y สีดำ ในวงกลมสีดำ  กำหนดให้กับ

1. เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมายนี้ จะต้องถูกปิด เมื่อกำหนดขึ้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุชั้น YOKE และ ZEBRA

2. อาจเปิดได้โดยไม่ต้องได้รับอนุญาตจากผู้บังคับการเรือ เมื่อ

ก) ทำการขนถ่ายอมภัณฑ์

ข) เดินเครื่องในระบบที่สำคัญระหว่างประจำสถานีรบ

3. จะต้องถูกเปิดไว้เสมอถ้าไม่มีการใช้

4. ปกติกำหนดให้กับ

ก) ช่องทางลงใต้คาคฟ้าที่ไม่มี SCUTTLES ไปยังห้องเพลลา,ห้องสูบน้ำ

ข) SCUTTLES บนพื้นคาคฟ้าชั้นที่ลงไปสู่ห้องเพลลาและห้องเครื่องสูบน้ำ

จ. ตัวอักษร Z สีแดง กำหนดให้กับ

1. เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมายนี้ จะต้องถูกปิด เมื่อกำหนดขึ้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุชั้น ZEBRA

2. ปกติกำหนดให้กับ

ก) ประตูและช่องทางลงใต้คาคฟ้าที่เหลือทั้งหมด

ข) ห้องโรงงาน ห้องทดลอง ห้องเครื่องอำนวยความสะดวก และห้องพยาบาล
ต่าง ๆ ห้องทำงานต่าง ๆ ห้องเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีคนประจำ ห้องเครื่องหางเสือ ห้องเก็บสิ่งของที่ไม
ใช่แล้ว เตรียมทิ้ง รวมทั้งขยะมูลฝอย

ค) ทางเข้าหลักไปยังห้องเครื่องจักรกลต่าง ๆ

ง) ที่ควบคุมคาดฟ้าบิน และคาดฟ้าเก็บเครื่องบิน

ฉ. ตัวอักษร Z สีแดง ในวงกลมสีแดง (Z) กำหนดให้กับ

1. เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมายนี้ จะต้องถูก
ปิดเมื่อกำหนดขึ้นการเตรียมพร้อมขึ้น ZEBRA

2. อาจจะได้ระหว่างการประจำสถานีรบนาน ๆ โดยไม่ต้องได้รับอนุญาต
จากผู้บังคับการเรือ เมื่อจะปฏิบัติงานดังนี้

ก) เตรียมและแจกจ่ายอาหารขณะประจำสถานีรบ

ข) ปฏิบัติกิจส่วนตัวในห้องน้ำ

ค) ให้มีการระบายอากาศตามสถานที่ต่าง ๆ

ง) เปิดทางผ่านระหว่างห้องพักนักบินกับคาดฟ้าบิน

3. เมื่อเปิดจะต้องจัดยามเฝ้า เพื่อให้ปิดได้ทันทีเมื่อไม่ใช้งาน โดยปกติ
เครื่องปิดกั้น ที่มีเครื่องหมายนี้ จะเป็นแบบเปิด - ปิดเร็ว

4. ปกติกำหนดให้กับ

ก) ประตู และ SCUTTLES จากคาดฟ้าเปิดสู่ห้องเมสทหาร

ข) ประตูจากห้องพักนักบินไปสู่คาดฟ้าบิน

ช. ตัวอักษร Z สีแดง ในรูปตัว D สีดำ กำหนดให้กับ

1. เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ที่มีเครื่องหมายนี้ จะต้องถูก
ปิดเมื่อกำหนดขึ้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุขึ้น ZEBRA

2. ปกติกำหนดให้กับทางเข้าบนคาดฟ้า ซึ่งไม่ได้ประกอบสวิตช์ควบคุมแสง
สว่าง หรือการควบคุมการพลางไฟมีด

3. อาจจะถูกปิดได้เพื่อการพลางไฟมีด โดยไม่ต้องมีการประจำ
สถานีรบ

ซ. ตัวอักษร W สีดำ กำหนดให้กับ

1. สำหรับเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ยกเว้นที่กล่าวมา
ส่วนใหญ่เป็นช่องระบายอากาศเสียออกภายนอกตัวเรือ และลิ้นต่าง ๆ

2. จะต้องถูกเปิดตลอดเวลาทุกขึ้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุ

ก) การปิดลิ้นที่สำคัญบางตัวที่มีอักษรนี้ อาจจะทำให้หยุดการเคลื่อนที่
ของเรือ หรือไม่สามารถป้องกันไฟได้

ข) ลื่นที่สำคัญจะปิดได้ เมื่อจำเป็นเท่านั้น เพื่อควบคุมความเสียหาย หรือการซ่อมทำส่วนที่สำคัญของเรือ

3. ปกติกำหนดให้กับ

ก) ลื่นทางคูดน้ำทะเลที่สำคัญไปยังเครื่องดับความร้อน

(CONDENSER) หลักและรอง

ข) ห้องต่าง ๆ ที่มีคนประจำทุกชั้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุ

ฉ. อักษร W สีดำ ในวงกลมสีดำ (W) กำหนดให้กับ

1. เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ยกเว้นที่กล่าวมา ส่วนใหญ่เป็นช่องระบายอากาศเข้าสู่ตัวเรือ และลื่นต่าง ๆ

2. จะต้องเปิดอยู่ตลอดเวลาทุกชั้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุ

3. จะปิดเฉพาะเมื่อถูกโจมตีด้วย NBC.

4. กำหนดให้กับการระบายอากาศเป็นสำคัญ

5. กำหนดให้กับลื่นทางคูดน้ำทะเล ที่ไม่สำคัญเป็นอันดับรอง

ก) สามารถปิดได้โดยไม่ทำให้เรือต้องหยุดการเคลื่อนที่

ข) สามารถปิดได้โดยไม่ทำให้การป้องกันไฟเสีย

6. นอกจากนั้น ยังกำหนดให้กับ

ก) ห้องนำเรือบนสะพานเดินเรือ

ข) ประตูต่าง ๆ บนสะพานเดินเรือและคาคฟ้าสัญญาณ

ญ. ปุ่มการ เปิด - ปิด สำหรับเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ

(CLOSURE LOG)

1. เพื่อบันทึกการเปิดและปิดเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ ในขณะที่กำหนดชั้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุ

2. สถานที่เก็บปุ่ม

ก) เรือเล็ก

1) ขณะเรือจอด เก็บไว้ที่โต๊ะนายยาม

2) ขณะเรือเดิน เก็บไว้บนสะพานเดินเรือ

3) ขณะประจำสถานีรบ เก็บไว้ที่ศูนย์ป้องกันความเสียหาย

ข) เรือใหญ่ จะเก็บไว้ที่ศูนย์ป้องกันความเสียหายตลอดเวลา

3. ความสำคัญของปุ่ม เพื่อช่วยให้นายทหารป้องกันความเสียหายของเรือ หัวหน้าศูนย์ป้องกันความเสียหาย (DCA.) จะได้ทราบถึงสถานะการเปิด - ปิด เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ และระบบต่าง ๆ ได้ตลอดเวลา

4. รายละเอียดที่ต้องเขียนลงในปุ่ม

ก) ชื่อ, ยศ, แผนก ของผู้ขออนุญาตเปิดเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ

ข) หมายเลข, ชนิด และอักษรการแบ่งชั้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุของ
เครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบตัวเรืออื่น ๆ

ค) วันที่, เวลาที่ทำการเปิดและปิดเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบ
ตัวเรืออื่น ๆ

ง) ลายเซ็น และยศ ผู้อนุญาตให้เปิดเครื่องปิดกั้นและเครื่องประกอบ
ตัวเรืออื่น ๆ

6. รายการตรวจสอบ (Compartment Check-Off List)

ก. ทั่วไป

กองแผนกรมอู่ ทร. มีหน้าที่เป็นผู้ผลิต (Master Compartment Check-Off List) สำหรับเรือทุกลำในราชนาวีโดยไม่คำนึงถึงขนาดและจะต้องแจกจ่ายสำเนาไปยังเรือต่าง ๆ แต่ละแบบนั้นอย่างน้อยลำละ 6 ตัวอย่าง

ข. การคิดบัญชีและข้อความที่บรรจ

ตามห้องต่าง ๆ รวมทั้งบนคาคฟ้าชั้นบนที่มีเครื่องมือในการป้องกันความเสียหายติดตั้งอยู่นั้น จะต้องมีการ Compartment Check-Off List ติดอยู่ในบัญชีนี้ จะต้องแสดงรายการสิ่งของทางการป้องกันความเสียหาย ตลอดจนสิ่งของทางการป้องกันความเสียหาย ตลอดจนสิ่งของที่จะใช้เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการนี้ได้

1. ถ้าห้องใดมีทางเข้า-ออกสองหรือมากกว่าสองช่องทางแล้ว จะต้องคิดแผนบัญชีที่แสดงรายการเหมือนกันทุกประการที่บริเวณช่องทางประตูผ่านนั้น (Duplicate) แต่หากว่าในห้องเดียวกันนี้มีสิ่งของทางการป้องกันความเสียหายวางหลบมุมอยู่ หรือไม่ได้ติดตั้งร่วมกับเครื่องมืออื่น ๆ ของเครื่องมือการป้องกันความเสียหายแล้ว ก็จะต้องจัดทำรายการตรวจสอบเป็นบางส่วนที่คัดลอกออกมาจากฉบับที่สมบูรณ์ (A Partial Check-Off List) และหมายเลขของสิ่งของใน Partial Check-Off List นี้ จะต้องตรงกับหมายเลขของในรายการตรวจสอบ Check-Off List ฉบับสมบูรณ์

ค. หน้าที่รับผิดชอบต่าง ๆ

1. นายทหารป้องกันความเสียหาย (DCA.) มีหน้าที่รับผิดชอบสำหรับการคิดแผนรายการตรวจสอบ (Posting) และแก้ไขให้ทันสมัย ถูกต้องอยู่เสมอ (Correct And Alternate)
2. หัวหน้าแผนกอื่น ๆ มีหน้าที่รับผิดชอบที่จะต้องรักษาแผนรายการตรวจสอบให้อยู่ในสภาพที่ดี (Good Physical Condition) และไม่ให้อายุหาย แต่ไม่มีหน้าที่ไปแก้ไขใด ๆ ทั้งสิ้น
3. ผู้บังคับการเรือ มีหน้าที่รับผิดชอบในการเติมข้อความลงในคอลัมน์สุดท้ายของรายการตรวจสอบ ที่เขียนหัวข้อไว้ว่า "Division Responsibility"
4. นอกจากนั้นหัวหน้าแผนก ๆ มีหน้าที่รับผิดชอบปิด-เปิดประตู ล็อกกันน้ำต่าง ๆ ที่อยู่เขตรับผิดชอบของตนในชั้นการเตรียมพร้อมขึ้น X-Ray Yoke แต่สำหรับชั้นการเตรียมพร้อมทางวัตถุชั้น Zebra นั้น เป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ในหน่วยซ่อม จะต้องปิด-เปิดและตรวจตรา

7. หนังสือป้องกันความเสียหายและแบบแปลน (DC.Book & Diagram)

ก. หนังสือป้องกันความเสียหาย

1. ที่มา (Source)

- ก. เรือที่มีความยาวเกิน 220 ฟุต เป็นผู้จัดทำ
- ข. เรือที่มีความยาวต่ำกว่า 220 ฟุตอาจจะไม่จัดทำขึ้น แต่ทางเรือควรจะทำขึ้นเอง
- ค. เรือช่วยรบที่มีความยาวเกิน 220 ฟุต จะต้องทำแบบแปลน (Diagram) เป็น 2 สี คือ สีดำและสีเทา

2. แบบ (Format)

- ก. หนังสือป้องกันความเสียหายที่ Buship เป็นผู้จัดทำขึ้นแบ่งออกเป็น 4 ส่วน (Parts)
- ข. หนังสือป้องกันความเสียหายสำหรับเรือช่วยรบ และเรือพิฆาตรุ่นเก่าเป็นจำนวนมาก

1. รูปเล่มมีขนาด 10 ½" x 16"

2. แบบแปลนอยู่ในเล่มเดียวกัน

- ค. หนังสือป้องกันความเสียหาย สำหรับเรือรบขนาดใหญ่และเรือที่ต่อใหม่

1. รูปเล่มมีขนาด 8 x 10 ½"

2. แบบแปลนแยกต่างหาก

3. เมื่อมีน้ำหนักเกิน 800 หน้า ต้องทำเป็น 2 เล่ม หรือมากกว่า ก็ได้

3. สารบัญ (Contents) หนังสือป้องกันความเสียหายแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

- ก. ส่วนที่ 1 (Part I) กล่าวโดยทั่ว ๆ ไป ลักษณะของเรือโดยทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้ยังรวมถึง

1. การค้าจูน

2. เครื่องถือท้าย

3. การฟ่งจุง

4. การดำเนินการเกี่ยวกับลูกกระสุนและวัตถุระเบิด

5. สิ่งอำนวยความสะดวกในทางการแพทย์

6. การป้องกันส่วนบุคคล

7. การดำเนินการเกี่ยวกับเครื่องบิน

- ข. ส่วนที่ 2 (Part II) ระบบป้องกันความเสียหาย

1. ส่วนที่ 2 (ก) Part II (a) การทรงตัวและการบรรทุก

ก. การทรงตัวและความคงทนทะเล

ข. Function Of Form

ค. Cross-Curve

ง. Flooding Effect Diagram

จ. Liquid Loading Diagram

2. ส่วนที่ 2 (ข) Part II (b) การแบ่งห้องย่อยและทางผ่าน
 - ก. แปลนสำหรับการแบ่งห้องย่อยทั้งหมด
 - ข. แปลนทางผ่าน
 - ค. รายการตรวจทางผ่านและการทำเครื่องหมายแบ่งชั้นของทางผ่าน
3. ส่วนที่ 2 (ค) Part II (c) ระบบระบายน้ำและถ่วงเรือ
 - ก. ระบบระบายน้ำต่าง ๆ
 - ข. ความสามารถสูบน้ำต่าง ๆ และอุปกรณ์
 - ค. รายการตรวจและทำเครื่องหมายแบ่งชั้นของลิ้นต่าง ๆ และส่วนประกอบของระบบ
4. ส่วนที่ 2 (ง) Part II (d) ระบบน้ำดับไฟและหยาดคลั่งกระสุน
 - ก. ระบบระบายน้ำดับไฟ
 - ข. เครื่องสูบน้ำและการติดตั้ง
 - ค. รายการตรวจ (Check Off List) ของลิ้นและส่วนประกอบตลอดจนเครื่องหมายบนระบบ
5. ส่วนที่ 2 (จ) Part II (e) ระบบการเติมและถ่ายน้ำมัน
 - ก. ระบบและอุปกรณ์ที่มีในระบบ
 - ข. ตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องสูบน้ำ
 - ค. รายการรายละเอียดของลิ้นทุกตัวในระบบ ตลอดจนการให้เครื่องหมาย ฯลฯ
6. ส่วนที่ 2 (ฉ) Part II (f) ระบบระบายอากาศ
 - ก. รายการย่อยระบบ
 - ข. รายการต่าง ๆ เกี่ยวกับต้นกำเนิดของการควบคุมระบบ
 - ค. รายการเกี่ยวกับเครื่องปิดกั้นต่าง ๆ ตลอดจนการใช้เครื่องหมาย
7. ส่วนที่ 2 (ช) Part II (g) ระบบอากาศอัด
- ค. ส่วนที่ 3 (Part III) ระบบเบ็ดเตล็ด
 1. ระบบระบายน้ำส้วม
 2. ระบบน้ำจืด
 3. ระบบน้ำหล่อ ฯลฯ
 4. แบบแปลนพร้อม
- ง. ส่วนที่ 4 (Part IV) ระบบไฟฟ้า
 1. ระบบไฟฟ้าอุบัติเหตุ
 2. ระบบการจ่ายไฟกำลัง
 3. ระบบการจ่ายไฟแสงสว่าง
 4. ระบบการสื่อสารภายในและการควบคุมการยิง
 5. แบบแปลน

4. การแก้ไข หนังสือป้องกันความเสียหาย
 - ก. ผบ.เรือ จะต้องดูแลให้หนังสือป้องกันความเสียหายทุกเล่ม ให้ทันสมัยอยู่เสมอ
 1. การเปลี่ยนแปลงตัวเรือ ควรจะลงไว้ในแบบแปลนทุกครั้ง ที่การซ่อมทำเสร็จลง
 - ข. ต้นฉบับหนังสือป้องกันความเสียหายและแบบแปลน 1 ชุด จะต้องเก็บเอาไว้เป็นต้นฉบับ (Master Copy)
 1. แก้ไขให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา
 2. ตำแหน่งที่แก้ไขจะต้องทำเครื่องหมายให้เห็นอย่างชัดเจน เพื่อสะดวกที่หนังสือป้องกันความเสียหายเล่มอื่น ๆ จะได้แก้ไขตามชุดต้นฉบับได้
 - ค. ทุกครั้งที่เรือซ่อมใหญ่หรือทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวเรือ โดยอยู่ของ ทร.เป็นผู้ซ่อมทำ
 1. ผบ.เรือ จะต้องส่งต้นฉบับของหนังสือป้องกันความเสียหายและแบบแปลน ไปให้อู่พร้อมกับรายงานให้อู่ทำการแก้ไขแบบแปลนให้ทันสมัย
 2. การแก้ไขนี้รวมทั้ง การแก้ไขที่อู่ ทำรวมทั้งงานอื่นที่กองเรือเป็นผู้ทำในระหว่างการซ่อมทำ
 3. ผบ.เรือ ติดตามเรื่องเพื่อให้การแก้ไขเป็นไปอย่างถูกต้องเรียบร้อย
 4. การแก้ไขควรจะทำเสร็จก่อนเรือออกทะเล
 5. การซ่อมทำจะไม่พิจารณาว่าเสร็จ จนกว่าจะทำการแก้ไขแบบแปลนแล้ว
- ข. รายการตรวจเครื่องปิดกั้นประจำห้อง (Compartment Check off List)
 1. กล่าวทั่วไป ต้นฉบับรายการตรวจเครื่องปิดกั้นประจำห้องของเรือ ควรมีในเรือทุกลำไม่ว่าเรือลำนั้น จะมีหนังสือป้องกันความเสียหายหรือไม่ก็ตาม
 - ก. อู่ที่ต่อเรือเป็นผู้จัดทำขึ้น
 - ข. ทำอย่างน้อย 5 ชุด
 2. การปิดรายการตรวจเครื่องปิดกั้น
 - ก. ทุกห้องและคาคฟ้าเปิด (Weather Deck)
 - ข. ห้องที่มีทางเข้าออก 2 ทาง หรือมากกว่าต้องสำเนาขึ้นให้เท่ากับทางเข้าออกของห้องนั้นแล้วปิดไว้
 - ค. ห้องที่มีห้องว่างอยู่ในห้องนั้นจะต้องปิดรายการนี้ในห้องว่างนั้นด้วย
 3. ความรับผิดชอบ
 - ก. นายทหารป้องกันความเสียหายมีหน้าที่รับผิดชอบ ในการปิดและแก้ไขรายการตรวจเครื่องปิดกั้นประจำห้อง รวมทั้งการตัดแปลงตัวเรือซึ่งจะมีผลในรายการนั้น
 - ข. นายทหารประจำภาคต้องรับผิดชอบในการให้รายการคงอยู่ในสภาพเรียบร้อย
 - ค. การปิดกั้นประตูและเครื่องประกอบที่มีเครื่องหมาย X-Ray และ Yoke นายภาคมีหน้าที่รับผิดชอบ ส่วน Zebra นั้น หน่วยซ่อมมีหน้าที่รับผิดชอบ

8. การสื่อสารในการป้องกันความเสียหาย (Damage Control Communication)

การติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับการป้องกันความเสียหาย ภายในเรือ (Damage Control Communication) ทั่ว ๆ ไป จะมีระบบของการติดต่อสื่อสาร ดังนี้

1. ระบบวงจรโทรศัพท์กำลังเสียง (Sound - powered Battle Telephone Circuit)
2. ระบบข่ายการสื่อสารภายใน (Interstation Two - way Intercoms) ในหน่วยงานปกติใช้สัญลักษณ์ของวงจร คือ 4 MC
3. ระบบโทรศัพท์ของเรือ (Ship service telephones)
4. ระบบประกาศในเรือ (Ship sound speaker or general announcing system)
5. ท่อพูด (Voice tubes)
6. ท่อลม
7. พลนำสาร (Messengers)
8. โทรทัศน์วงจรปิด

เรือบางลำอาจมีทุกระบบหรือบางลำอาจมีเพียงระบบเดียว ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเรือ โดยทั่วไปแล้ว เรือรบจะมีระบบโทรศัพท์กำลังเสียงที่ใช้ควบคู่กับการรบ และเป็นระบบที่นำพามาซึ่งงานของการป้องกันความเสียหายด้วย

ระบบโทรศัพท์กำลังเสียง (Sound - powered battle telephone circuit) เป็นวงจรสื่อสารหลัก (Primary Circuit) ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารภายในสถานีป้องกันความเสียหาย จำนวนวงจรมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของเรือ

ข้อดีของวงจรโทรศัพท์กำลังเสียง ไม่ต้องอาศัยพลังงานใด ๆ จากภายนอกเลย

- เครื่องส่ง (กระบอกพูด) จะเปลี่ยนคลื่นเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า
- เครื่องรับ (หูฟัง) จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นคลื่นเสียง
- ในยามฉุกเฉิน เครื่องรับ (หูฟัง) สามารถใช้เป็นเครื่องส่งได้

การให้สัญลักษณ์ของวงจร โดยทั่วไปวงจรโทรศัพท์กำลังเสียงที่ใช้หน่วยงานป้องกันความเสียหายทั้งหมด ใช้สัญลักษณ์ของวงจร คือ JZ และมีตัวเลขใส่ไว้ข้างหน้าของตัวอักษรทั้งหมด ตัวเลขจะแสดงให้ทราบว่า เป็นสถานีหรือหน่วยข้อมใด

1. กำหนดให้วงจร 2JZ เป็นวงจรทั่วไปที่ใช้ติดต่อจากศูนย์ป้องกันความเสียหาย (DC. Central) ไปยังหน่วยข้อมต่าง ๆ ห้องเครื่อง ห้องพยาบาล และศูนย์ควบคุมอาวุธทุกชนิด
2. กำหนดให้วงจร 3JZ เป็นวงจรที่ออกจากหน่วยข้อม 1 ไปยังศูนย์ป้องกันความเสียหาย นอกจากนั้นยังติดต่อไปยังห้องพยาบาลหรือหน่วยข้อมย่อยที่แยกออกไปจากหน่วยข้อม 1
3. กำหนดให้วงจร 4JZ เป็นวงจรที่ออกจากหน่วยข้อม 2 ไปยังศูนย์ป้องกันความเสียหาย และติดต่อไปยังห้องพยาบาล หรือหน่วยข้อมย่อยที่แยกออกไปจากหน่วยข้อม 2 เช่นเดียวกัน

4. เรือบางลำอาจจะมีหน่วยซ่อมมากกว่านี้ที่กำหนดให้ 5JZ เป็นวงจรของหน่วยซ่อม 3 , 6JZ เป็นวงจรหน่วยซ่อม 4 ฯลฯ

5. นอกจากนี้ยังมีวงจรอื่น ๆ ที่ควรทราบ คือ

5.1 วงจร JA เป็นวงจรที่ ผบ.เรือใช้ติดต่อกับสะพานเดินเรือไปยังห้องนำเรือ,ห้องพล็อต,ห้อง IC, การป็น,ศูนย์ป้องกันความเสียหายหลัก และศูนย์ป้องกันความเสียหายรอง

5.2 วงจร 1 JV เป็นวงจรที่ใช้เกี่ยวกับการแปรขบวน และการนำเรือเข้าสู่วงจรมีใช้ติดต่อกับสะพานเดินเรือ,ห้องเครื่อง,ศูนย์ป้องกันความเสียหายหลัก, ห้องหางเสือ,ห้องไฮโร, ศูนย์ป้องกันความเสียหายรอง และพล็อตต่อประจำเชือกทุกเส้นในการรับส่งสิ่งของกลางทะเล

5.3 วงจร 2 JV เป็นวงจรที่ใช้สำหรับเครื่องจักรใหญ่กับศูนย์ป้องกันความเสียหายหลัก,ห้องเครื่องจักรช่วย,ห้องเครื่องทำความเย็น,ห้องเพลลา,และหน่วยซ่อมที่ 5

5.4 วงจร 3 JV เป็นวงจรที่ติดต่อกับห้องหม้อน้ำ,ห้องสูบน้ำเลี้ยง,ศูนย์ป้องกันความเสียหายหลัก,ห้องควบคุมเครื่องจักร และหน่วยซ่อมที่ 5

5.5 วงจร JL เป็นวงจรที่ใช้สำหรับยามตรวจการณ์ทั้งทางผิวน้ำ และบนดาดฟ้าติดต่อกับ ผบ.เรือ,ต้นป็น,และห้อง IC และเนื่องจากตำแหน่งของยามตรวจการณ์อยู่เหนือดาดฟ้าใหญ่จึงช่วยในการหาตำแหน่งที่เกิดความเสียหายขึ้นอันเนื่องจากลูกปืน,ลูกระเบิดได้ง่าย

วงจรช่วย (Auxiliary Circuits)

ในเรือรบขนาดใหญ่ที่มีวงจรมาก ๆ ส่วนมากจะมีวงจรช่วยติดตั้งไว้ด้วย เพื่อที่จะใช้แทนวงจรหลัก ในขณะที่วงจรหลักได้รับความเสียหาย วงจรช่วยมีลักษณะเหมือนวงจรหลักทุกประการนับตั้งแต่การเดินสาย และการติดตั้งวงจร แต่การติดตั้งวงจรช่วยจะต้องติดตั้งให้ห่างจากวงจรหลักให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อว่า วงจรทั้งสองจะได้ไม่เกิดความเสียหายขึ้นพร้อม ๆ กันในเวลารบ,และการใช้สัญลักษณ์ของวงจรถือเป็นเช่นเดียวกันกับวงจรหลักเพียงแต่มีอักษร “X” 2 JZ นำอยู่ข้างหน้าเท่านั้น เช่น X 2 JZ หรือ X 1 JV

วงจรฉุกเฉิน (Emergency Circuits)

วงจรฉุกเฉินที่ใช้เกี่ยวข้องกับหน่วยป้องกันความเสียหายมีเพียงวงจรเดียวภายในเรือใช้สัญลักษณ์ของวงจรคือ X 40 J

- ส่วนมากใช้ติดต่อกับสถานีใหญ่ ๆ เช่น ศูนย์ป้องกันความเสียหายหลัก,ห้องหม้อ,ห้องเครื่อง,ห้องถือท้าย,และสะพานเดินเรือ ลักษณะเป็นสายลวดอ่อนตัวได้มีปลั๊กเสียบที่หัวและท้าย

- วงจรฉุกเฉินนี้จะใช้ในกรณีที่เกิดความเสียหายใหญ่ ได้ดาดฟ้า และทำให้วงจรช่วยและวงจรหลักเกิดการขัดข้องขึ้น

วิธีใช้โทรศัพท์กำลังเสียง

- เมื่อจะใช้โทรศัพท์กำลังเสียง ต้องทำการเสียบปลั๊กสวมหูฟัง ถึอกระบอกพูดให้ห่างจากปากประมาณ ครึ่งนิ้ว

- ที่กระบอกพูดมีสวิทช์เปลี่ยนทางให้กดปุ่มสวิทช์ในเวลาพูดและปล่อยปุ่มสวิทช์เวลาต้องการฟัง

- ในเวลาฉุกเฉินหูฟังสามารถใช้เป็นเครื่องส่งได้

เครื่องมือสื่อสารอื่น ๆ

1. ระบบสื่อสารภายใน (Intercom Units)

- เป็นเครื่องมือสื่อสาร 2 ทาง (TWO-WAY Transmission) ส่วนมากใช้ติดต่อระหว่างศูนย์ป้องกันความเสียหายหลัก และหน่วยซ่อมต่าง ๆ ใช้สัญลักษณ์ของวงจรคือ 4 MC
- ในบางแห่งใช้ติดต่อทางเดียว (ONE-WAY Communication) เช่น จากหน่วยซ่อมไปยังหน่วยซ่อมย่อย ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ลำโพงไปติดตั้งไว้ตามที่ต่าง ๆ
- ข้อดี สามารถใช้ติดต่อได้รวดเร็วและโต้ตอบกันได้
- ข้อเสีย ต้องพึ่งกำลังงานไฟฟ้า และเสียง่ายเมื่อถูกกระทบกระเทือนแรง ๆ

2. โทรศัพท์ภายในเรือ (Ship's Service Telephone)

- ใช้ในการติดต่อสื่อสารได้ แต่มีข้อเสียคือ ให้ความไว้วางใจได้ไม่มากนักเพราะจะเกิดการขัดข้องขึ้นในระยะแรกที่เรือได้รับความเสียหาย

3. ระบบประกาศภายในเรือ (Ship's General Announcing System)

- ใช้สัญลักษณ์ของวงจรคือ 1MC ปกติใช้ในการประกาศข่าวสารของทางเรือ เช่น เตือนภัย เป็นต้น
- ไม่ควรใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารในการป้องกันความเสียหาย ถ้าหากว่ายังมีวิธีการสื่อสารอย่างอื่นใช้ได้อยู่ ให้ใช้เป็นกรณีสุดท้าย เท่านั้น
- มีข้อเสียหลายอย่าง เช่น เสียงดังไปทั่วลำ ฟังไม่ชัดเจน และข้อสำคัญก็คือ ไม่สามารถโต้ตอบได้ เพราะเป็นเครื่องมือสื่อสารทางเดียว

4. ท่อพูด (Voice Tubes)

- ส่วนมากใช้ติดต่อสื่อสารกับสถานที่ใกล้ ๆ เช่น สะพานเดินเรือ, ห้องถือท้าย, สะพานเดินเรือกับห้องเครื่อง, และห้องเครื่องกับห้องหม้อ เป็นต้น
- ข้อเสียคือ เป็นอันตรายต่อการผิมน้ำ, และควัน

5. พณนำสาร (Messenger Service)

- เป็นการส่งข่าวที่ช้า แต่ข่าวที่ได้รับถูกต้องแน่นอนกว่าวิธีการสื่อสารอื่น ๆ ที่กล่าวมา
- ควรฝึกให้เจ้าหน้าที่หน่วยซ่อมทุกคนสามารถเป็นพณนำสารที่ชำนาญเพื่อที่จะถ่ายทอดคำสั่งและข่าวสารได้ดี เพราะการส่งข่าวด้วยการเขียนมักจะเชื่อถือได้มากกว่าข่าวสารที่ได้จากการบอกกล่าว

การฝึกพนักงานพูดโทรศัพท์สำหรับการส่งข่าวสาร

- เจ้าหน้าที่ ที่มีหน้าที่ในหน่วยงานป้องกันความเสียหายทุกคน จะต้องสามารถใช้เครื่องมือสื่อสารที่มีอยู่ในเรือให้ได้ทุกชนิด เพื่อที่จะทำแทนกันได้แล้วเลือกเอาคนที่พูดดีที่สุด เป็นเจ้าหน้าที่ติดต่อสื่อสาร ผู้ที่มีคุณสมบัติเหมาะที่จะเป็นเจ้าหน้าที่ติดต่อสื่อสารคือ คนพูดเสียงดังชัดเจน พูดไม่ช้าหรือเร็วจนเกินไป (ปกติควรพูดให้เร็วเท่ากับอัตราการเขียน)

- จงจำไว้ว่าคนพูดไม่ดี เลวร้ายเสียกว่าไม่มีเครื่องมือสื่อสารเสียอีก

- ขณะที่พูด หรือรับข่าวสารที่ดี จะต้องบันทึกไว้เป็นหลักฐานในสมุดจดคำสั่งด้วยทุกครั้ง โดยเฉพาะในเวลาทำการรับข่าวสารจะต้องจดข่าวสารที่ได้รับจากศูนย์ป้องกันความเสียหายหลัก ลงในสมุดจดคำสั่งด้วยทุกครั้ง ถึงแม้ว่าข่าวสารนั้นจะไม่เกี่ยวข้องกับหน่วยซ่อมของตัวเองหรือไม่ เพราะถ้ามีละนั้นหากศูนย์ ป้องกันความ

เสียหายหลัก เกิดได้รับความเสียหายแล้ว หน่วยซ่อมที่ได้รับหน้าที่แทนแล้ว หน่วยซ่อมที่ได้รับหน้าที่แทนศูนย์ ป้องกันความเสียหายหลัก จะไม่ทราบเลยว่าหน่วยซ่อมอื่น ๆ เขากำลังทำอะไรอยู่

- โดยทั่วไป ข่าวดสารจะแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ ชื่อสถานีที่เราต้องการติดต่อ , ชื่อสถานีเรา และ ข่าวดสาร
- การส่งข่าวดสารให้อ่านข่าวดสารทั้ง 3 ส่วนรวดเดียวเลย ไม่ต้องหยุดรอว่าสถานีที่เราเรียกจะรับรู้ว่าใครเรียกเขา เมื่อเขาได้รับข่าวจนจบแล้วเขาก็จะทราบเอง
- ผู้รับข่าวดสาร เมื่อได้รับข่าวและบันทึกข่าวดสารลงในคำสั่งแล้ว จะต้องอ่านทวนข่าวดสารที่ได้รับทราบนั้นให้ผู้ส่งข่าวทราบอีกครั้งหนึ่งว่าถูกต้องหรือไม่
- ตัวอย่างวิธีการส่งข่าว และรับข่าวดสาร

ก. ส่ง ศูนย์ป้องกันความเสียหาย หน่วยซ่อม 1 ขณะนี้ประตูลิ้นก้นน้ำหมายเลข 2-130-2 ร้อนและเปิดยาก

ข. รับ หน่วยซ่อม 1 ศูนย์ป้องกันความเสียหายทราบ ขณะนี้ประตูลิ้นก้นน้ำหมายเลข 2-130-2 ร้อนและเปิดยาก

การรักษาการติดต่อสื่อสารให้ครบไว้ไม่ขาดตอน


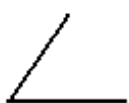




- ในบางกรณีที่ศูนย์ป้องกันความเสียหาย อาจจะได้รับ ความเสียหายจนไม่สามารถจะควบคุมบังคับบัญชาหน่วยซ่อมต่อไปได้ เพื่อไม่ให้เกิดการติดต่อสื่อสารต้องขาดตอนลง จึงจำเป็นจะต้องมีหน่วยซ่อมอาวุโสรองลงไป ขึ้นมารับหน้าที่แทนศูนย์ป้องกันความเสียหาย ฉะนั้นด้วยเหตุนี้การจัดสถานีหน่วยซ่อมสายการควบคุมและสายการบังคับบัญชาจะต้องมีความสัมพันธ์กันตลอดเวลา

- ทำได้โดยกำหนดไว้ในแผนล่วงหน้าว่าเมื่อศูนย์ป้องกันความเสียหาย ได้รับความเสียหายแล้ว หน่วยซ่อมใดจะเป็นผู้ควบคุมแทน

- วิธีนี้ต้องกระทำอยู่เสมอ ๆ ในเวลาฝึก เพื่อให้เกิดความชำนาญ ทำได้โดยให้ ศูนย์ ป้องกันความเสียหาย ทำเจ็บบเสียงเสียแสดงว่าได้รับความเสียหายแล้ว หน่วยซ่อมที่มีอาวุโสถัดไปจะต้องทำหน้าที่แทน ศูนย์ ป้องกันความเสียหายทันที แต่ต้องแจ้งให้หน่วยซ่อมอื่น ๆ รวมทั้งห้องเครื่องจักร , สะพานเดินเรือ และ ผบ. เรือทราบก่อนเสมอ

วิธีการส่งข่าวดสาร

- โดยทั่วไป วิธีการส่งข่าวไม่ถูกต้องแล้ว การป้องกันความเสียหายก็จะไม่เกิดผล
- การรายงานครั้งแรก ณ ที่ความเสียหายเกิดขึ้น ควรเริ่มด้วย ตำบลที่ ๆ เกิดความเสียหาย (Location Damage) และลักษณะของความเสียหาย (Mature Of Damage)
- การรายงานอันดับต่อไปคือ ขนาดของความเสียหาย และวิธีแก้ไขรวมทั้งการขอความช่วยเหลือ
- การรายงานฉบับต่อไปก็คือ ผลของการแก้ไขและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอีกดังนี้
- ซึ่งการรายงานข่าวดสาร หรือการรับข่าวดสาร ของที่ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นที่ศูนย์ป้องกันความเสียหาย หน่วยซ่อม หรือแม้กระทั่งที่เกิดเหตุ รวมทั้งพจนานุกรมก็จะต้องบันทึกข่าวดสารลงในกระดาษเขียนข่าว (Message Blank) โดยรูปแบบหน้าตาของกระดาษเขียนข่าวเป็นดังนี้

	TIME : _____ MSG.NO. _____ FROM _____ TO _____ _____ SCENE LEADER _____ _____ DCC _____ _____ REP.2 _____ _____ REP.5 _____ _____ REP.3 _____ _____ BRIDGE _____ _____ INVESTIGATOR _____ COMP. NO. _____ FRAME NO. _____ REMARKS: _____
	
	
	
	
	
	
	OVHD <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); border: 1px solid black; padding: 5px;">P O R T</div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 80px; margin: 0 20px;"></div> <div style="writing-mode: vertical-rl; border: 1px solid black; padding: 5px;">S T B D</div> </div> DECK

9. การซ่อมตัวเรือใต้แนวน้ำ (Under Water Damage Repair)

1. สิ่งที่ต้องการใช้ประดาน้ำขึ้น เกี่ยวกับการป้องกันความเสียหาย

1.1 ใช้เครื่องมือดำน้ำแบบธรรมดาที่มีใช้ทั่วไปในปัจจุบัน สะดวกสำหรับความเสียหายที่เกิดไม่รุนแรงมากนัก และสภาพการณ์พอนักดำจะทำงานได้คล่อง ไม่จำกัด และเข้าถึงที่ ๆ ที่จะซ่อมทำได้ง่าย เช่น

1.1.1 ตรวจสอบความเสียหาย เมื่อได้รับความเสียหายขึ้น

1.1.2 เพื่อหยุดการลุกลามของน้ำจากการที่น้ำเข้าเรือหรือจากการลุกลามของน้ำภายในระหว่างห้อง

1.1.3 ซ่อมทำเล็กน้อย เพื่อทุ่นเวลาที่จะต้องเอาเรือเข้าอู่แห้ง

1.1.4 ค้นหาสมอที่ขาดหาย

1.1.5 แก้เชือกหรือลวดเข้าใบจักร หรือปลดของออกจากที่ติดขุมใบจักรออก

1.1.6 ตรวจสอบตัวเรือใต้แนวน้ำก่อนเข้าอู่แห้ง

1. เครื่องมือที่ใช้สำหรับการดำน้ำขึ้น

2.1 ชุดประดาน้ำเบา

2.1.1 หน้ากากแบบเต็มหน้า

2.1.1.1 ลีนแต่งอากาศ

2.1.1.2 ลีนกันกลับ

2.1.1.3 ลีนอากาศเสียออก

2.1.1.4 แผ่นหน้า (พลาสติก) และฝนิกยาง

2.1.2 เสื้อดำน้ำชุดเบา แบบคนดำไม่เป็ยกน้ำ

2.1.2.1 เป็นชุดติดกัน

2.1.2.2 ลีนอากาศเสียออกติดอยู่กับชุด ถ้าอากาศมากไปก็ระบายออกจากเสื้อได้

2.1.3 เข็มขัดถ่วง

2.1.3.1 ใช้ตะกั่วมาตรฐาน ใส่ช่องตามเข็มขัด

2.1.3.2 เข็มขัดถ่วงแบบหนัก น้ำหนักเพิ่มได้ถึง 45 ปอนด์

2.2 อากาศ

2.2.1 เครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก

2.2.1.1 เครื่องน้ำมันใส่ ขนาด 80 - 90 Psi

2.2.1.2 ตรวจสอบทุก 30 ชม. ที่ใช้งาน

2.2.1.3 ใช้ด้าล็กได้มากที่สุด 60 ฟุต

2.2.2 ขวดอากาศ

2.2.2.1 ปริมาตร 1 ลูกบาศก์ฟุต

2.2.2.2 ต้องมีขวดอะไหล่ไว้ 1 ขวด

2.2.3 ระบบอากาศของเรือ

2.2.3.1 ต้องมีกรองอย่างดี

หมายเหตุ

1. ถ้าจะดำน้ำลึกกว่า 120 ฟุต จะต้องใช้ความดันอากาศมากกว่าความกดที่พื้นท้องน้ำ 50 Psi – 1 ฟุต ความกดเปลี่ยน 0.44 Psi
2. ผู้ที่ไม่ใช่นักดำ (Non Qualified Man) อนุญาตให้ดำได้แค่ 36 ฟุต เท่านั้น
3. สำหรับชุดประดาน้ำแบบนี้ สำหรับนักดำอนุญาตอย่างมากเพียง 60 ฟุต (ใช้ความกด $60 \times 0.44 = 26$ Psi และเอา 50 Psi บวกจะเป็นความกดที่ใช้ราว ๆ 77 Psi)

2.3 เชือกชีวิตและสายท่ออากาศ

2.3.1 ใช้เชือกมะนิลา ขนาด 1 1/4 นิ้ว

2.3.2 ต้องผูกครอบอกและผูกติดกับเชือกชีวิต โดยเอาปมไว้ทางด้านหน้า

2.3.3 สายท่ออากาศมาตรฐาน ขนาด 5/16 นิ้ว

2.4 การบำรุงรักษาและตรวจสภาพ

2.4.1 การบำรุงรักษา

2.4.1.1 หนัง โลหะ ยาง และผ้า

2.4.2 การตรวจสภาพ

2.4.2.1 ทุกสัปดาห์

- ความสะอาด
- ความครบถ้วน (ส่วนประกอบ)

2.4.2.2 ทุกเดือน

- ทดลองใช้
- การเก็บ

3. อันตรายที่อาจเกิดขึ้น

3.1 อากาศขยายตัวในปอด (Air Embolism) ทำให้ผนังปอดฉีก เป็นเหตุให้อากาศเข้าสู่ร่างกายและกระแสเลือดได้ เนื่องจากอากาศในปอดขยายตัว เมื่อความกดผิวน้ำน้อยลงตอนลอยขึ้น

3.1.1 สาเหตุ

3.1.1.1 ขึ้นจากดำเร็วไปแล้วกลับหายใจไว้ด้วย

3.1.2 ผล

3.1.2.1 เลือดออก ปวดตามข้อ

3.1.3 การป้องกัน

3.1.3.1 หายใจออกตอนขึ้น

3.1.3.2 ขึ้นด้วยอัตรา 60 ฟุตต่อนาที

3.2 Asphyxia (อาการเพ็ลยจัด)

3.2.1 สาเหตุ (มักเป็นสาเหตุเสมอ ๆ กับนักดำ)

3.2.1.1 อากาศหายใจไม่บริสุทธิ์

- หน้ากากที่สวมมีการระบายถ่ายเทอากาศไม่ดี
- อากาศเข้าน้อยไป
- เครื่องอัดอากาศขัดข้อง

3.2.2 ผล

3.2.2.1 ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ

3.2.2.2 รู้สึกคลื่นเหียน

3.2.2.3 เหงื่อออกมากกว่าปกติ

3.2.3 การป้องกัน

3.2.3.1 ระวังให้น้ำมันและที่กรองอากาศสะอาดอยู่เสมอ

3.2.3.2 คำลี้กแค่กำหนดที่เครื่องอัดอากาศทำงานให้

3.3 เลือดออกทาง รุหู จมูก และปาก

3.3.1 สาเหตุ

3.3.1.1 ไม่รักษาสมดุลย์ให้ดี

3.3.1.2 ไม่กลั่นลมดันเชือหูออก

3.3.2 ผล

3.3.2.1 รู้สึกปวดที่หูและโพรงจมูก

3.3.3 การป้องกัน

3.3.3.1 ขึ้นจากการดำซ้ำ ๆ

3.3.3.2 เป่าลมออกเรื่อย ๆ ใส่หน้ากาก

4. ปัจจัยแห่งความปลอดภัย และความรับผิดชอบในการดำน้ำ

4.1 สัญญาณสำหรับนักดำ

4.2 ตรวจสอบสภาพของนักดำ

4.2.1 ได้รับการพักผ่อนพอเพียง

4.2.2 ไม่เป็นหวัด

4.2.3 ไม่ดื่มสุราก่อนหน้าทำการดำ 24 ชม.

4.3 ตรวจสอบเครื่องมือเครื่องใช้

4.3.1 เดินเครื่องอัดอากาศ

4.3.2 ตรวจสอบลีนกันกลับ

4.3.3 หน้ากาก สายท่ออากาศ ฯลฯ

- 4.4 ลง และ ขึ้น ในการดำซ้ำ ๆ
 - 4.4.1 ลงด้วยอัตราที่ไม่เร็วกว่า 70 ฟุตต่อนาที
 - 4.4.2 ขึ้นด้วยอัตรา 60 ฟุตต่อนาที
- 4.5 ความลึกสูงสุดสำหรับประดาน้ำตื้น
 - 4.5.1 นักดำประจำการ 60 ฟุต สำหรับปฏิบัติงานตามปกติและอนุญาตอย่างมากเพียง 130 ฟุต
 - 4.5.2 ผู้ไม่ใช่ นักดำ ให้แก่ 36 ฟุต
- 4.6 ต้องแจ้งผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ ก่อนทำการดำ
 - 4.6.1 ผบ.เรือ
 - 4.6.2 นายยาม
 - 4.6.3 ตันกล
 - 4.6.4 ตันเรือ
 - 4.6.5 ชักธงหมายเลข 4
- 4.7 พิจารณา สภาพการณ์
 - 4.7.1 ลมฟ้าอากาศ
 - 4.7.2 ท้องน้ำ
 - 4.7.3 เวลาที่จะเลิกอึดอากาศ
 - 4.7.4 สุขภาพของนักดำ
 - 4.7.5 ระยะเวลาที่จะใช้ดำ

10. ความแข็งแรงของตัวเรือ (Hull Strength)

ก. ทฤษฎีของท่อนเหล็กธรรมดา และการพัฒนาท่อนเหล็กรูปตัว I

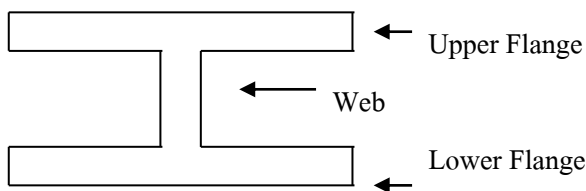
1. เมื่อมีหมอนค้ำอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างของท่อนเหล็ก แล้วมีน้ำหนักวางทับอยู่ตรงส่วนกลาง

ก. ครึ่งท่อนบนจะอยู่ในภาวะของอาการกด (Compression)

ข. ณ ที่หนึ่งในท่อนเหล็ก จะเกิดแกนที่เป็นกลางขึ้น (Neutral Axis) คือ ไม่มีทั้งอาการกดหรืออาการยืด (Tensile) เราเรียกว่า Web

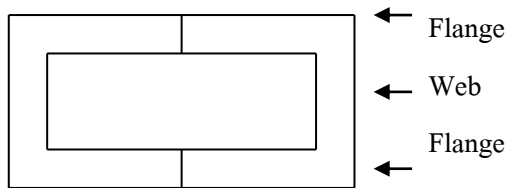
ค. ส่วนสัดของท่อนเหล็กที่มีเหลี่ยมและด้านตรงกัน (Symmetrical) แกนนี้จะผ่านจุดศูนย์กลางทางเลขาคณิตของท่อนเหล็ก

2. ท่อนเหล็กรูปตัว I ออกแบบมาให้มีเนื้อที่หน้าแปลน (Flange) มากที่สุด ทางตอนบนและล่าง เพื่อต้านทานต่ออาการกดและอาการยืดอย่างสูงสุดไว้

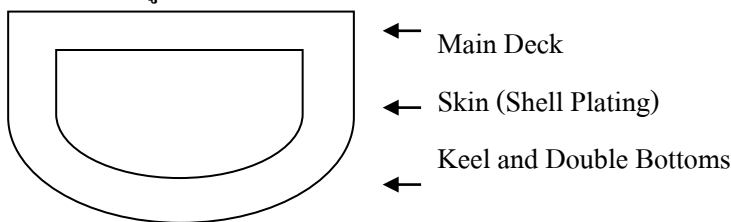


ข. เหล็กรูปหีบและเหล็กเปลือกตัวเรือ (Box Girder and Hull Girder)

1. เหล็กรูปหีบบมีคุณสมบัติในความแข็งแรง (Strength) เช่นเดียวกับท่อนเหล็กรูปตัว I



2. ส่วนโครงสร้างเรือ (Ships Structure) เราเรียกกันว่า เหล็กตัวเรือ (Ship girder) หรือเหล็กเปลือกตัวเรือ (Hull girder) ก็เทียบได้กับเหล็กรูปหีบ



ก. คาดฟ้าใหญ่และกระดูกงูเรือ ก็เปรียบเสมือนหน้าแปลนตัวบน และตอนล่างของท่อนเหล็กรูปตัว I และเหล็กรูปหีบนั่นเอง โดยมีหน้าที่ต้านทานต่ออาการกดและอาการยืดอันสูงสุดไว้

ข. เหล็กค้ำข้างก็เปรียบเสมือน wed ซึ่งกระทำหน้าที่ต้านทานแรงที่มากระทำให้ย้ายหรือขาด (Shear Stress) กระทำไปตลอดแนวแกนกลาง และเป็นขอบเขตการผิวน้ำด้วย

ค. ฝาผนังที่วางตามขวาง (Transverse Bulkhead) กง (Frame) ฯลฯ มีหน้าที่ต้านทานต่อแรงบิด (Torsion Stress) ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ค. ชื่อส่วนต่าง ๆ ที่เป็นส่วนกำลังแข็งแรงของเรือ (Strength Members)

1. ภายในเหล็กเปลือกตัวเรือตลอดไปตามแนวยาวของลำเรือได้มีโลหะรูปร่างต่าง ๆ เป็นท่อน เป็นแผ่น ฯลฯ สร้างขึ้นไว้เพื่อให้เรือมี

ก. รูปร่าง (Form)

ข. เนื้อที่สำหรับใช้ประโยชน์

ค. ส่วนสำคัญของการป้องกันความเสียหาย

ง. ความแข็งแรงที่จะต่อต้านความเค้นต่าง ๆ

จ. อื่น ๆ

2. เปลือกเหล็กตัวเรือส่วนใหญ่ ๆ ประกอบด้วย

ก. Keel, Flat and Center Vertical

ข. Longitudinal

ค. Floors

ง. Frames

จ. Strakes, Transverse Blind, Decks, Deck Beams ฯลฯ

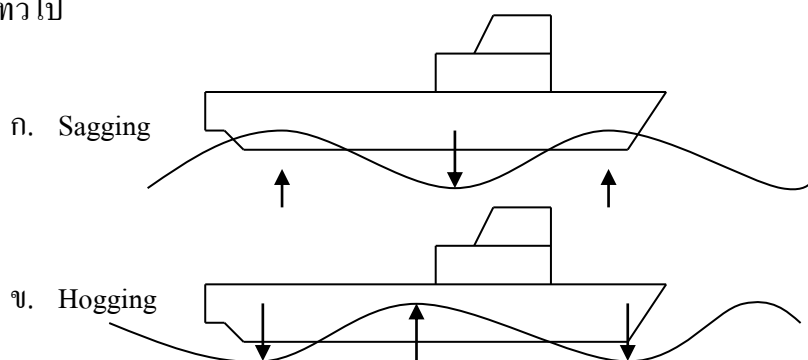
3. แกนที่เป็นกลางของเรือ การพิจารณาใช้ความหนาของแผ่นเหล็ก แรงยึดของวัสดุ ฯลฯ

ก. เมื่อแผ่นเหล็กเปลือกตัวเรือ ได้รับความเสียหาย แทนที่เป็นกลางจะเลื่อนที่ออกไปจากบริเวณที่เสียหาย ดังนั้นพื้นที่บริเวณที่ได้รับความเสียหายจะเกิดความเค้นเพิ่มขึ้น

ข. แผ่นเหล็กข้างเรือตรงบริเวณพื้นที่ของแกนที่เป็นกลางจะต้องมีความหนากว่าที่อื่น ทั้งนี้เพื่อต้านทานต่อแรงที่จะทำให้ย้ายหรือขาดด้วย

ง. แรงเค้นที่เรือได้รับ

1. โดยทั่วไป



2. แรงเค้นที่เหล็กเปลือกตัวเรือได้รับ

ก. แรงเค้นที่หัวและท้าย

1. สาเหตุที่เป็นไปได้

ก. ค่าบดที่บรรทุกสินค้า กระชับ กระสุนดิน ฯลฯ

ข. อาการกระทำของคลื่น

2. ใช้อัฒตัวยืด (Expansion Joint) เพื่อบรรเทาแรงเค้นกับส่วน โคลงสร้าง เหนือคาค้ำ

ใหญ่ (Superstructure)

ข. แรงเค้นที่จะมาเปลี่ยนรูปร่างทางขวางของเรือ (แรงบิด)

1. สาเหตุที่เป็นไปได้

ก. เรือโคลงมาก

ข. เข้าอู่แห้ง

2. ปกติด้านทานโดยฝาผนังภายในเรือ กง ฯลฯ

ค. แรงเค้น ณ ค่าบดที่

1. อาการ โป่ง อาการยุบ คือการทำงานที่ภายในหรือภายนอกแผ่นเหล็กเปลือกเรือตรงนั้น

2. มีน้ำหนักจำนวนมาก วางประจำอยู่ที่นั้น

ง. แรงกดดันของ ๆ เหลว เมื่อเรือจมอยู่ในน้ำ กระทำ

1. ให้เรือแข็งแรงขึ้น

2. ต่อฝาผนังภายในเรือและฟ้า

จ. แรงเค้นจร

1. เกิดโดย

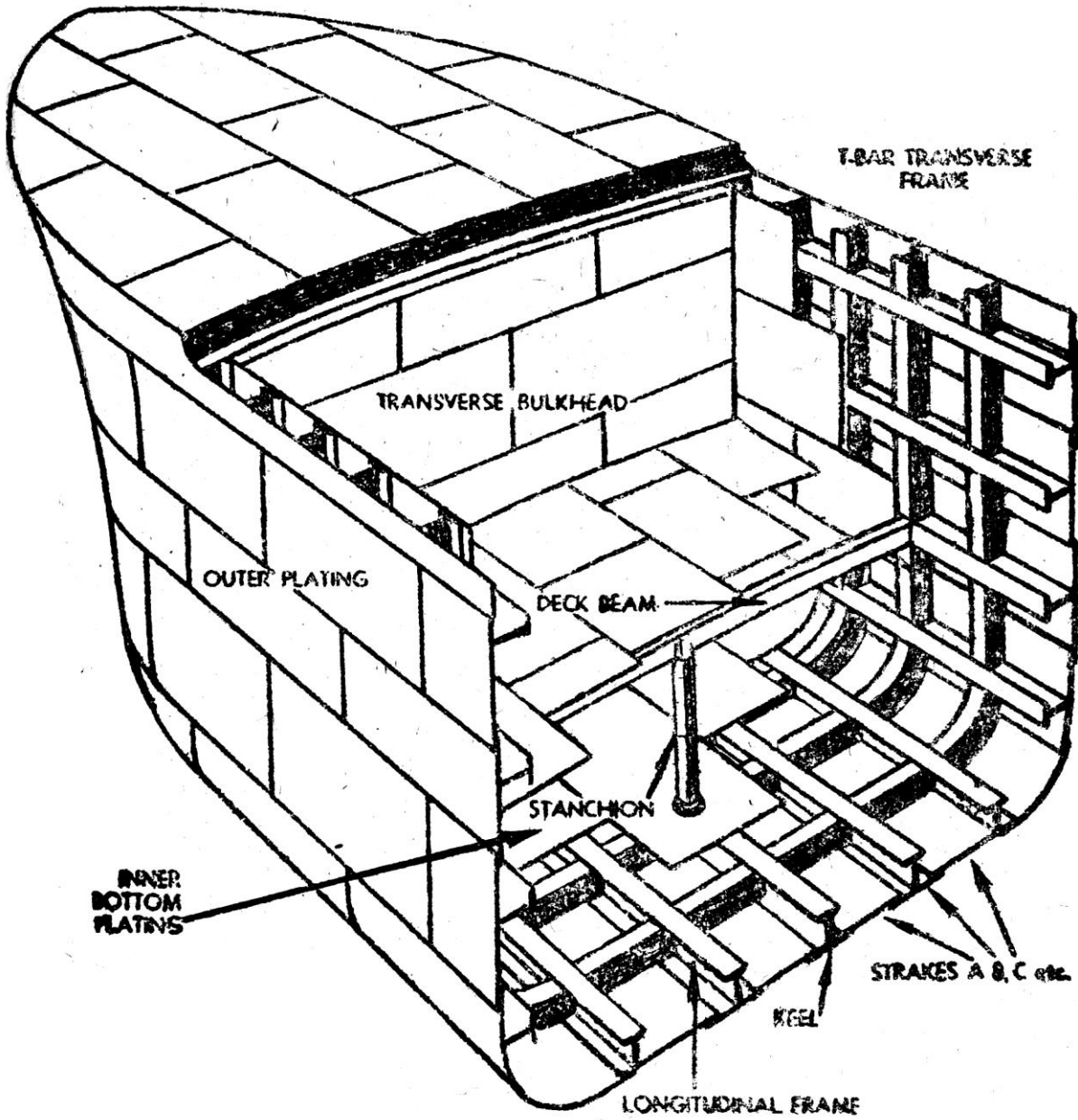
ก. ลม

ข. คลื่นปะทะ

ค. อาการสั่นสะเทือนเมื่อยิงปืน และการระเบิดใกล้เรือ

ง. การหันเลี้ยว ฯลฯ

UNCLASSIFIED

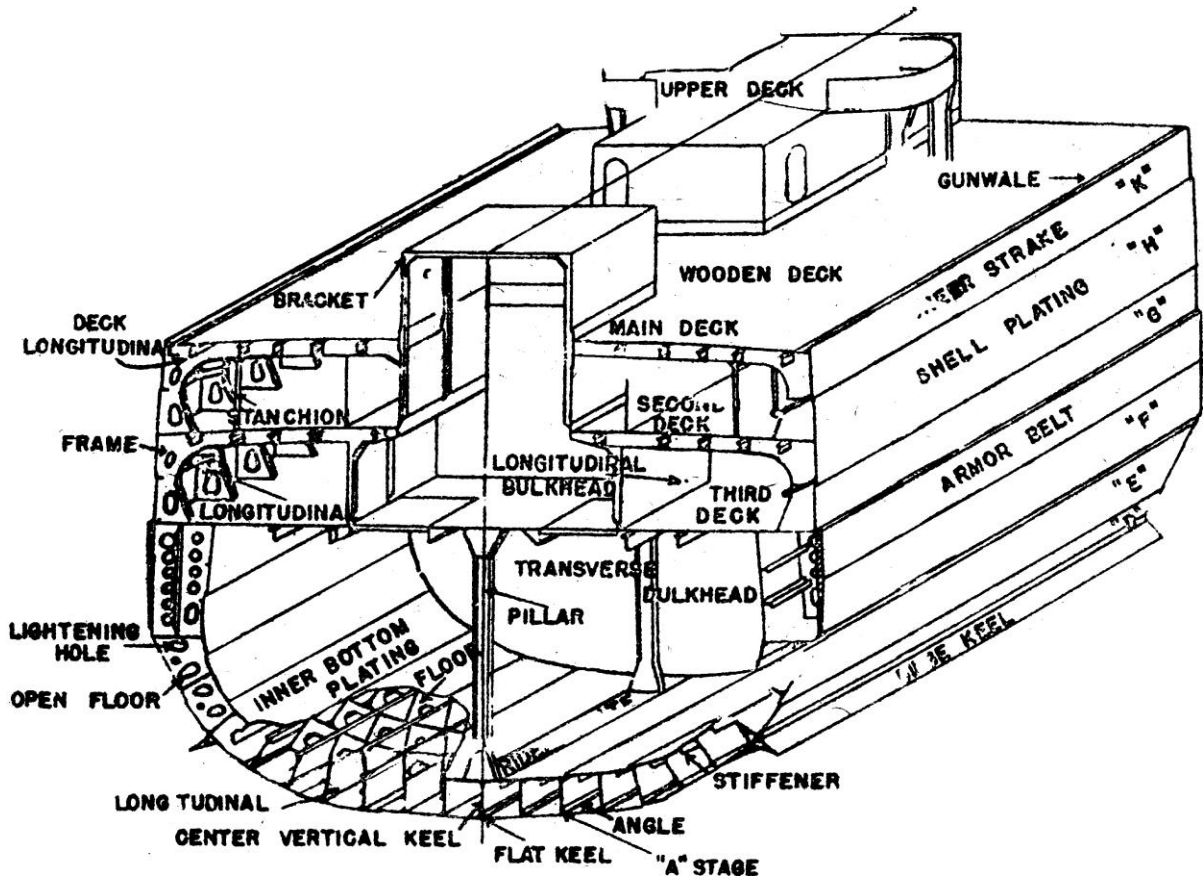


Construction of hull

UNCLASSIFIED

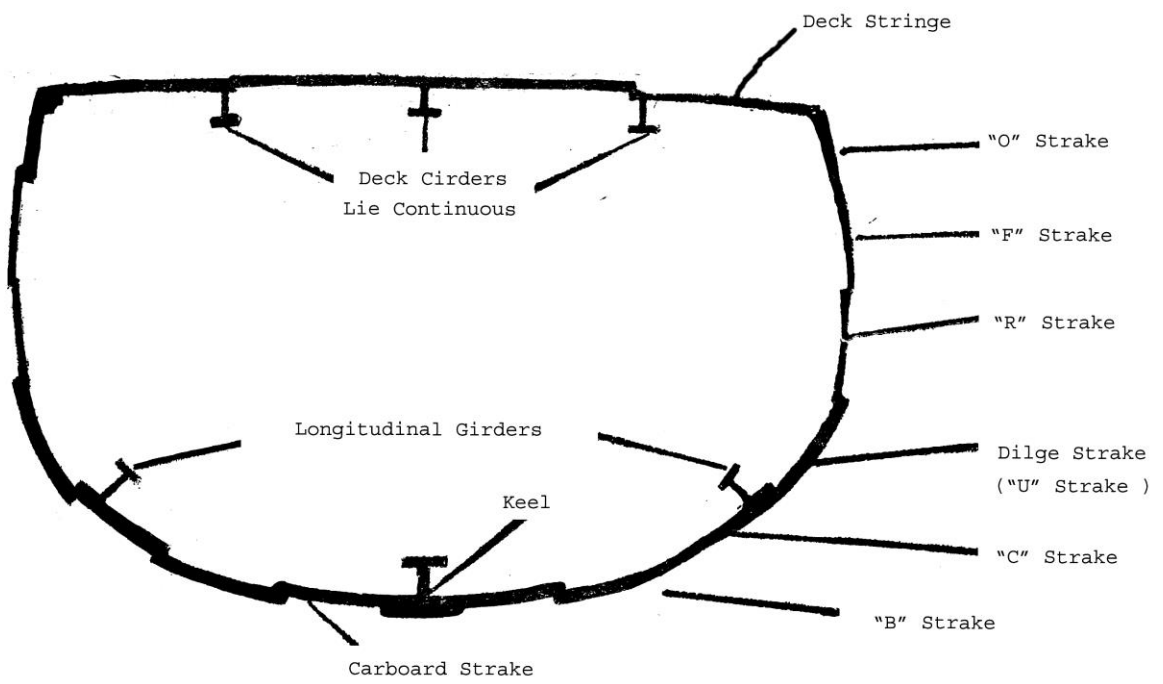
13-9110 IT 1

ภาพแสดงการสร้างตัวเรือ



STRUCTURE OF A CRUISER

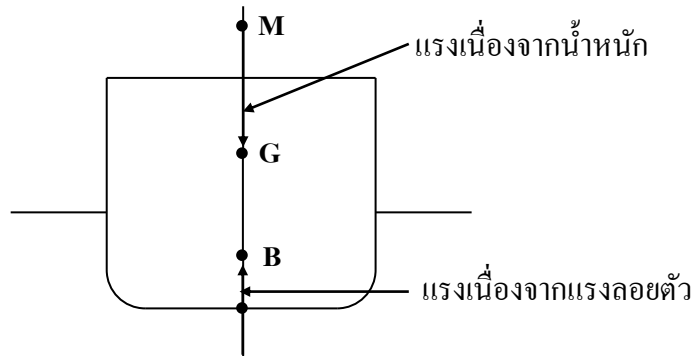
ภาพแสดงการประกอบตัวเรือของเรือลาดตระเวน



11. คุณลักษณะการทรงตัว (Stability Characteristic)

1 สถานะการทรงตัวแบบต่างๆ

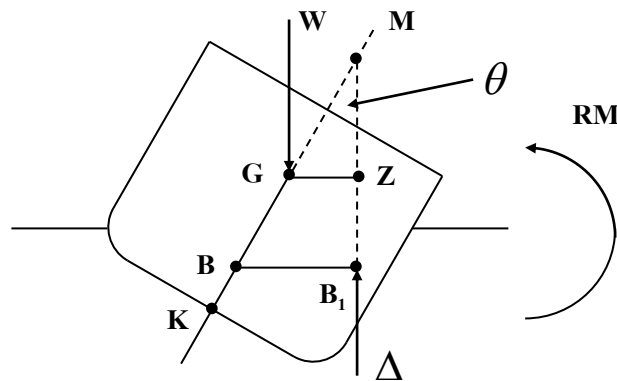
1.1 Equilibrium คือ การลอยแบบสมดุลในลักษณะที่แรงลอยตัวมีขนาดเท่ากับแรงเนื่องจากน้ำหนักพอดี และกระทำสวนทางกันในแนวเส้นศูนย์กลางเรือทางขวาง (ดูรูปที่ 10)



รูปที่ 10

เรือที่ทรงตัวในลักษณะนี้มักจะไม่วิ่งเพราะความสมมาตรกันของเรือ ดังนั้นถ้าเพิ่มน้ำหนักหรือเอาน้ำหนักออกจากเรือในแนวเส้นศูนย์กลางเรือแล้วเรือจะจมลงหรือลอยขึ้นแบบขนาน (Parallel Sinkage)

1.2 Stable Equilibrium คือ การทรงตัวในช่วงที่เมื่อเรือเอียงไปแล้วจะสามารถกลับมาตั้งตรงในสถานะแบบ Equilibrium ได้เหมือนเดิม การเอียงในช่วงสถานะเช่นนี้ถือว่าเรือมีการทรงตัวเป็นบวก (Positive Stability) เพราะโมเมนต์แรงคู่ควบระหว่างแรงลอยตัวและแรงเนื่องจากน้ำหนัก มีค่าเป็นบวก หรือเป็นโมเมนต์ตั้งตรง (Righting Moment)



รูปที่ 11

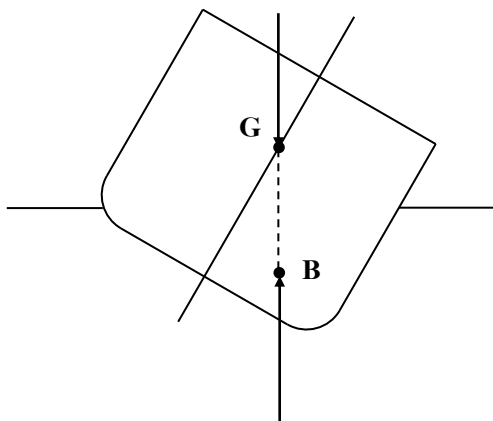
การทรงตัวในสถานะนี้ (ดูรูปที่ 11) เกิดขึ้นเนื่องจากเมื่อเรือเอียงจุดศูนย์กลางการลอย (Center of Buoyancy) จะเลื่อนไปตามการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางถ่วงของปริมาตรระวางขับน้ำ (ไปทางด้านปริมาตรส่วนใหญ่) จากจุด B ไปยังจุด B_1 ดังนั้น แรงลัพธ์ของแรงลอยตัวจะกระทำผ่านจุด B_1 ไปตัดกับเส้นต่อของแนวเส้นกึ่งกลางทางขวาง (ตรงจุด M) ถ้าน้ำหนักเรือยังคงที่และไม่มีส่วนใดเคลื่อนย้ายแรงจากน้ำหนักจะยังคงกระทำผ่านจุด G เกิดเป็นแรงคู่ควบที่มีแขนยาวเท่ากับ GZ และมีทิศทางการเอียงของเรือ เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{โมเมนต์ตั้งตรง} &= \text{ระวางขับน้ำ} \times \text{แขนโมเมนต์ตั้งตรง} \\ \text{(Righting Moment ; R.M.)} &= (\Delta \times GZ) \end{aligned} \quad (5)$$

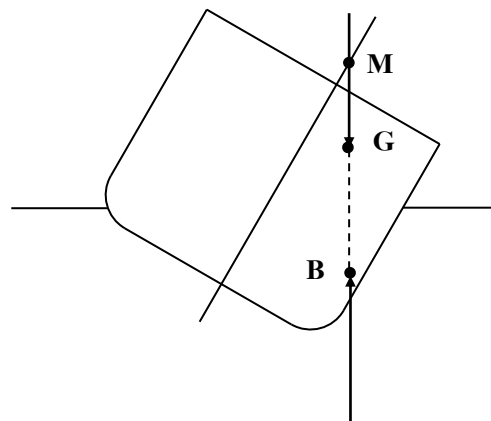
$$\begin{aligned} \text{โดย } \Delta &= \text{ระวางขับน้ำหรือน้ำหนักเรือ} \\ GZ &= \text{แขนโมเมนต์ตั้งตรง (Righting Arm)} \\ &= GM \sin \theta \quad (GM = \text{ความสูงจุดเปลี่ยนศูนย์เสถียร}) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{R.M.} = \Delta \times GZ = \Delta \times GM \sin \theta \quad (7)$$

1.3 Neutral Equilibrium คือ การทรงตัวที่เมื่อเรือเอียงไปแล้วจะไม่กลับมาตั้งตรงได้เองแต่จะเอียงอยู่ถาวร ในลักษณะสมดุล คล้ายกับการทรงตัวแบบ Equilibrium



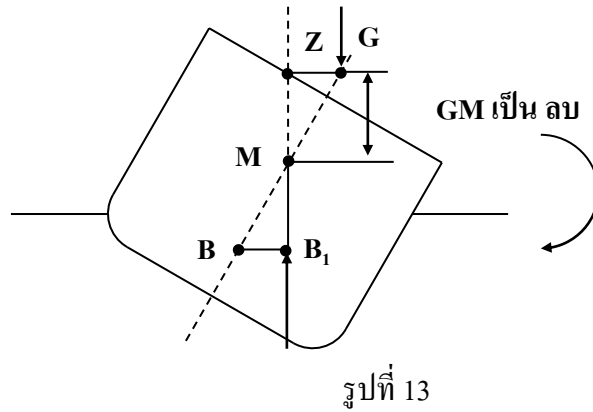
รูปที่ 12 ก



รูปที่ 12 ข

Equilibrium แต่เป็นสมดุลแบบเรือเอียง ถ้าจุด G ยังคงอยู่ในแนวเส้นศูนย์กลางทางขวาง จุด M จะทับกับจุด G พอดี (รูปที่ 12 ก) แต่ถ้าจุด G เลื่อนตามการเอียงของเรือดังในรูป 12 ข จุด M จะอยู่สูงกว่าจุด G ทั้ง 2 กรณีแขนโมเมนต์ตั้งตรงจะมีค่าเป็นศูนย์ ($GZ = 0$) ต่อไปถ้ามีแรงจากภายนอกมากระทำเรืออาจกลับไปมีสถานะการทรงตัวแบบ Stable Equilibrium หรืออาจเอียงต่อไปจนล่มก็เป็นได้

1.4 Unstable Equilibrium เป็นการทรงตัวในลักษณะกลับกับสถานะ Stable Equilibrium คือ เมื่อเรือเอียงไปแล้วจะไม่กลับไปตั้งตรงได้อีก แต่จะเอียงต่อไปเรื่อย ๆ ด้วยโมเมนต์คว่ำเรือ (Heeling Moment) ที่มีทิศทางเสริมการเอียงของเรือ ในลักษณะนี้จะถือว่าโมเมนต์เป็นลบ (Negative Moment) และความสูงจุดเปลี่ยนศูนย์เสถียร (GM) มีค่าเป็นลบ กรณีนี้เกิดขึ้นเมื่อจุด G อยู่สูงกว่าจุด M (ดูรูปที่ 13)



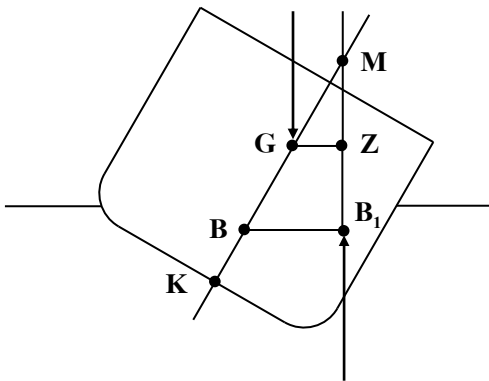
รูปที่ 13

2 คุณลักษณะและคุณสมบัติของเส้นโค้งการทรงตัว

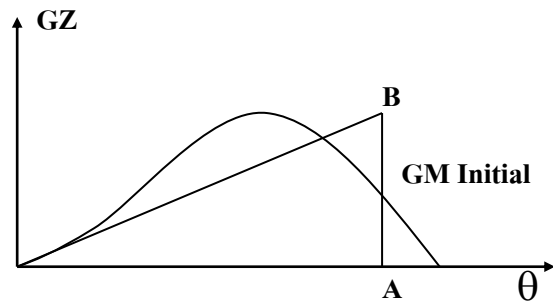
เส้นโค้งการทรงตัวมีคุณสมบัติที่อาจหาได้รวม 5 ประการ ที่เรียกรวมว่า ความทรงตัว โดยรวม (Overall Stability) คือ

2.1 ให้ค่า Initial Stability

เมื่อเรือเอียงเล็กน้อย (ประมาณไม่เกิน 10°) ตำแหน่ง จุดเปลี่ยนศูนย์เสถียร (M) จะยังคงไม่เปลี่ยน ซึ่งจะใช้ความสูงจุดเปลี่ยนศูนย์เสถียร (\overline{GM}) ในช่วงนี้เป็นตัววัดความสามารถในการทรงตัวแรกเริ่มของเรือ หรือเรียกว่าเป็น “Initial Stability” ของเรือที่สถานะบรรทุทุกขณะนั้น (ระยะ AB ในรูป 14 ข) ดังนั้นเมื่อเรือเอียงไปอีกเล็กน้อย (มุมเล็ก ๆ) ความสัมพันธ์ระหว่างแกนโมเมนต์ตั้งตรง



รูปที่ 14 ก



รูปที่ 14 ข

กับมุมเอียง คือ $\overline{GZ} = \overline{GM} \sin \theta \approx \overline{GM} \theta$ (มุม θ เล็ก) (8)

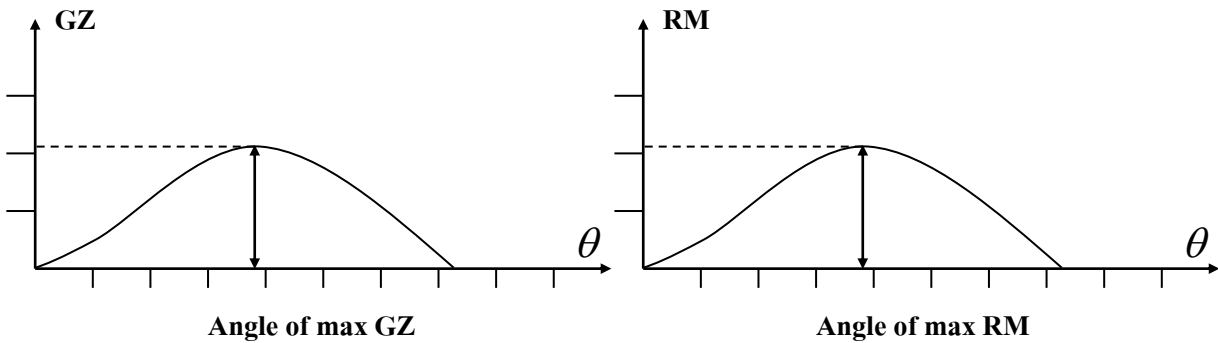
และ $\overline{GZ} = GM \sin \theta$ (มุม θ มากกว่าประมาณ 10°) (9)

จากสมการที่ (8) พบว่า $\overline{GM} = \frac{\overline{GZ}}{\theta}$ (10)

หมายถึงเมื่อมุม θ เล็ก จะสามารถคำนวณหา GM ได้จากความชันของเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแกนโมเมนต์ตั้งตรง (GZ) และมุมเอียง (θ) การหาค่า Initial Stability หรือ Initial \overline{GM} ด้วยวิธี กราฟฟิกันนิยมกำหนดให้มุมเอียงมีค่าเท่ากับ 1 radian (57.3°) ดังนั้นจึงสามารถหาค่า Initial GM ได้โดยลากเส้นสัมผัสกับเส้นโค้งการทรงตัวในช่วงมุมเอียงไม่เกินประมาณ 10° ต่อเส้นสัมผัสนี้ ออกไปจนกระทั่งตัดกับเส้นทางดิ่งที่ตรงมุมเอียง 1 radian (57.3°) คือ

ตรงจุด A ในรูปที่ 14 ข ความยาวของเส้น AB ที่อ่านได้บนสเกล GZ คือ Initial GM ของเรือที่สถานะการบรรทุกขณะนั้น

2.2 ให้ขนาดมากที่สุดของแขนโมเมนต์ตั้งตรง หรือขนาดสูงสุดของโมเมนต์ตั้งตรง (Maximum Righting Arm or Maximum Righting Moment)



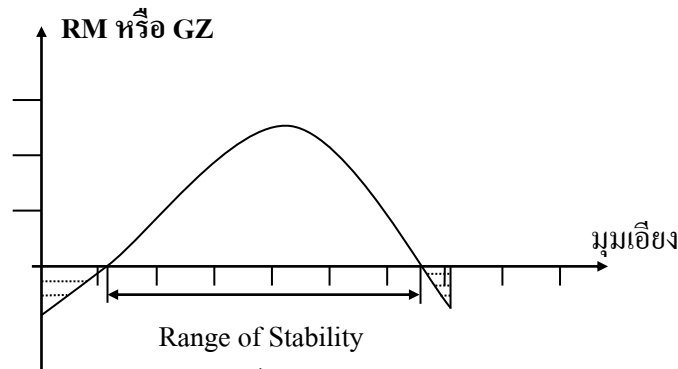
รูปที่ 15 ก

รูปที่ 15 ข

ซึ่งก็คือจุดสูงสุดของเส้นโค้งการทรงตัวในรูปที่ 15 ก และ 15 ข ตามลำดับ

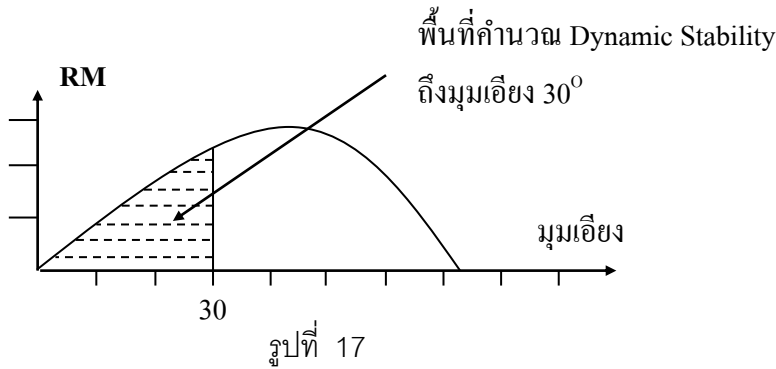
2.3 ให้ค่ามุมเอียงที่เกิดแขนโมเมนต์ตั้งตรงหรือมุมเอียงที่เกิดโมเมนต์ตั้งตรงสูงสุด (Angle of Maximum Righting Arm or Angle of Maximum Righting Moment) ซึ่งก็คือมุมตรงจุดสูงสุดของเส้นโค้งการทรงตัวดังในรูปที่ 15 ก และ 15 ข ตามลำดับ

2.4 บอกค่าช่วงการทรงตัว (Range of Stability) หมายถึง ช่วงมุมเอียงที่เรือมีสถานะการทรงตัวแบบ Stable Equilibrium (โมเมนต์ตั้งตรง และระยะ GM เป็นบวก) นอกเหนือช่วงมุมเอียงนี้เรือจะมีการทรงตัวไม่เสถียร (โมเมนต์ค่าเรือและค่า GM เป็นลบ)



รูปที่ 16

2.5 เป็นข้อมูลสำหรับคำนวณหา Dynamic Stability ถึงมุมเอียงที่กำหนด Dynamic Stability คือ งาน (work) ที่ต้องใช้เพื่อเอียงเรือไปถึงมุมที่กำหนด หรือในทางกลับกันคืองานที่ต้องการใช้ในการเอียงเรือจากมุมที่กำหนดให้กลับไปตั้งตรงดั้งเดิม



ซึ่งมีค่าเท่ากับขนาดพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งการทรงตัวถึงมุมที่กำหนดคูณกับขนาดระวางขับน้ำขณะนั้น คือ

$$\text{Dynamic Stability} = \Delta \cdot \int_{\theta}^{\theta+\Delta\theta} \overline{GZ} \cdot d\theta \quad (11)$$

$$= \Delta \cdot \int_0^{\theta} \overline{GZ} \cdot d\theta \quad (12)$$

หน่วยของ Dynamic Stability คือ โมเมนต์ - มุม (radian) คือ

$$\text{Moment} \times \text{Radian} \quad (13)$$

หรือ

$$\text{Moment} \times \frac{\text{Degree} \times \pi}{180} \quad (14)$$

ตัวอย่าง เรือขนาด 10,000 tonnes มีข้อมูล Stability ตามมุมเอียงต่าง ๆ ดังในตาราง จงคำนวณหา Dynamic Stability ของเรือลำนี้ เมื่อเรือเอียงเป็นมุม 60°

มุมเอียง	GZ	S.M.	f (M _{GZ})
0	0	1	0
15	0.275	4	1.10
30	0.515	2	1.03
45	0.495	4	1.98
60	0.33	1	0.33
75	0.12	-	-
90	-0.1	-	-
$\sum f(M_{GZ})$			4.44

ใช้ Simpson's 1st Rule คำนวณ Dynamic Stability ในช่วงมุมเอียง 0 ถึง 60° ได้ดังนี้

$$\text{Dynamic} = \Delta \times \frac{h}{3} \times \sum f(M_{GZ})$$

$$\text{Stability} = 10^4 \times \frac{15\pi}{3 \times 180} \times 4.44$$

$$= 3874.63 \text{ tonnes - m-radian}$$

2.6 Dynamic Stability ทั้งหมด (Total Dynamic Stability)

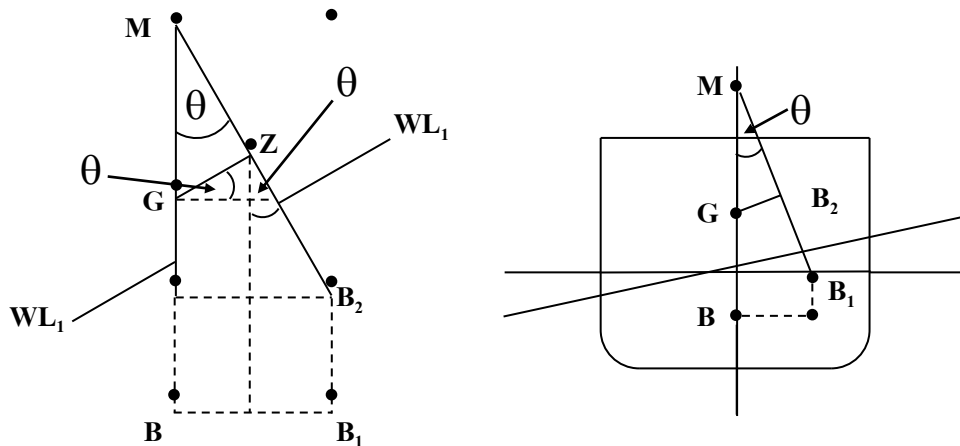
คืองานทั้งหมดที่ใช้ในการเอียงหรือต้านการเอียงของเรือในช่วงการทรงตัวตามข้อ 2.2.4

3 Overall Stability คือคุณสมบัติการทรงตัวของเรือทั้ง 5 ประการในข้อ 2.2.1 ถึง 2.2.5 ซึ่งอธิบายความสามารถในการทรงตัวของเรือโดยรวม ซึ่งประกอบด้วย

- Initial Stability
- ขนาดมากที่สุดของแกนโมเมนต์ตั้งตรง หรือ โมเมนต์ตั้งตรง
- มุมเอียงที่เกิดแกนโมเมนต์ตั้งตรง (หรือ โมเมนต์ตั้งตรง) สูงสุด
- ช่วงการทรงตัวเป็นบวก
- Dynamic Stability ถึงมุมเอียงที่กำหนด

4 กรณีมุมเอียงมาก (Large Angle Stability)

เมื่อเรือเอียงมาก (ประมาณ 10° ขึ้นไป) ความสัมพันธ์ระหว่าง \overline{GM} และ \overline{GZ} จะไม่เป็นไปตามสมการที่ (8) หรือ (9) ทั้งนี้มีสาเหตุหลักมาจากการที่เส้นแนวน้ำใหม่ตัดกับเส้นแนวน้ำที่เดิมอยู่ในทางระดับไม่ตรงเส้นกึ่งกลางทางขวางพอดี ที่เป็นเช่นนี้เพราะรูปร่างของปริมาตรส่วนที่จมอยู่ในน้ำทั้งแนวกราบซ้ายและขวาไม่สมมาตรกัน (ด้านที่เรือเอียงมักมีปริมาตรมากกว่า) ทำให้จุดศูนย์กลางการลอยอยู่สูงกว่าในกรณีเมื่อเทียบกับเมื่อเรือเอียงเป็นมุมน้อยๆ (รูปที่ 18)



รูปที่ 18

ในกรณีที่รูปร่างด้านข้างเรือทั้ง 2 ข้างส่วนที่เปลี่ยนแปลงการจมนั้นลักษณะเป็นแนวตรง (เปรียบเสมือนผนังตรงๆ) จะคำนวณหาขนาดแกนโมเมนต์ตั้งตรงได้จากสูตร “Wall – sided Formular” ดังนี้

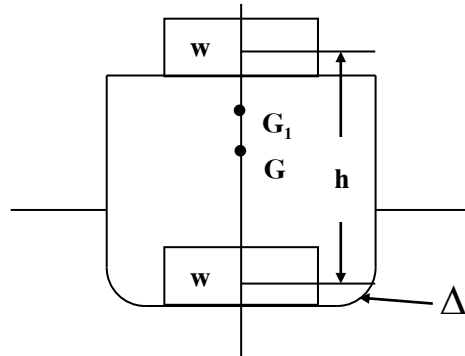
$$\overline{GZ} = \sin \theta \left[\overline{GM} + \frac{\overline{BM}}{2} \tan^2 \theta \right] \quad (15)$$

เห็นได้ว่า ถ้ามุม θ เล็ก เทอม $\tan^2 \theta$ จะยังมีค่าน้อย ทำให้สมการที่ (15) มีค่าประมาณเท่ากับสมการที่ (9) สอดคล้องกับกับกรณีเมื่อเรือเอียงเป็นมุมเล็ก

5 การเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่งและผลต่อ Overall Stability

การเคลื่อนย้ายน้ำหนักในทางดิ่ง แบ่งเป็น 2 กรณีใหญ่ ๆ คือ

- น้ำหนักรวมของเรือไม่เปลี่ยน
- น้ำหนักรวมของเรือเปลี่ยน



รูปที่ 19

จากรูป 19 น้ำหนัก w ถูกเคลื่อนย้ายทางดิ่งเป็นระยะทาง h (วัดจากจุดศูนย์กลางมวลของน้ำหนัก) จากห้องเรือผู้คาดฟ้าโดยน้ำหนักของเรือยังคงที่ย่อมเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงเรือ โดยจะเลื่อนไปอยู่ที่จุด G_1 เป็นระยะ $\overline{GG_1}$ คือ

$$\overline{GG_1} = \frac{w \times h}{\Delta} \quad (16)$$

โดย $\overline{GG_1}$ = การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางถ่วงเรือ
 w = น้ำหนักที่ถูกเคลื่อนย้าย
 h = ระยะที่เคลื่อนย้าย
 Δ = น้ำหนักรวมของเรือ

ถ้าเคลื่อนย้ายน้ำหนักหลายชั้น

$$\overline{GG_1} = \frac{\sum (w_i \times h_i)}{\Delta} \quad (17)$$

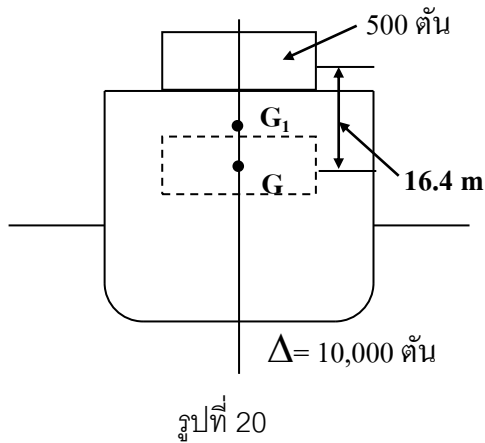
โดย w_i = น้ำหนักแต่ละชั้น
 h_i = ระยะเคลื่อนย้ายของน้ำหนักแต่ละชั้น
 $\sum (w_i \times h_i)$ = ผลรวมของโมเมนต์น้ำหนัก (Weight Moment)

ถ้าเป็นการเคลื่อนย้ายที่ทำให้น้ำหนักรวมของเรือเปลี่ยน จะคำนวณได้ดังนี้

$$\overline{GG_1} = \frac{\sum (w_i \times h_i)}{(\Delta \pm \sum w_i)} \quad (18)$$

โดย $\sum w_i$ = ผลรวมของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักในทางดิ่ง

ตัวอย่างของการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่งโดยที่น้ำหนักเรือไม่เปลี่ยนแปลง เช่น ย้ายน้ำหนักขนาด 500 ตันจากจุด CG. ของเรือขนาด 10,000 ตันขึ้นวางบนคาดฟ้า เป็นระยะ 16.4 m ตามรูปที่ 20 จุด CG. จะเลื่อนขึ้นไปอยู่ที่จุด G_1 คำนวณระยะการเคลื่อนที่ได้ดังนี้



$$GG_1 = \frac{w \times h}{\Delta} = \frac{500 \times 16.4}{10,000} = 0.82 \text{ m.}$$

4.1 ผลของการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่งต่อขนาดแขนโมเมนต์ตั้งตรง

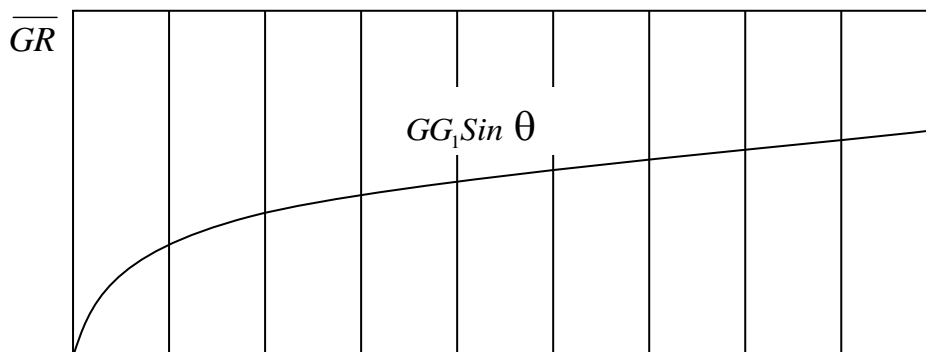
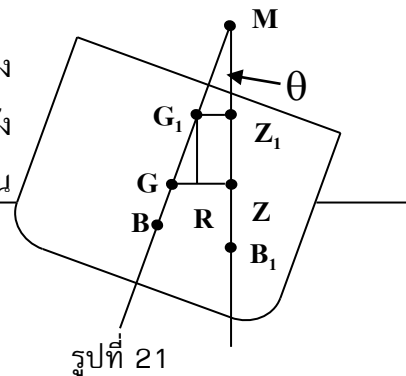
เมื่อจุดศูนย์กลางถ่วงของเรือเลื่อนไป ดังนั้นต่อไปหากเรือเอียงสมรรถนะการทรงตัวเรือย่อมเปลี่ยนแปลงไปหมายถึง Overall Stability ของเรือต้องเปลี่ยนแปลง เมื่อมองในเทอมของแขนโมเมนต์ตั้งตรง (Righting Arm) ในรูปที่ 21 พบว่าถ้าจุดศูนย์กลางถ่วงเลื่อนขึ้นมาอยู่ที่จุด G_1 แขนโมเมนต์คู่ควบที่เดิมยาว \overline{GZ} ได้ลดความยาวลงเป็น $\overline{G_1Z_1}$ ระยะที่ลดไปนี้เรียกว่า “การสูญเสียความยาวแขนโมเมนต์ตั้งตรง (Loss of Righting Arm)” ซึ่งตามรูปคือระยะ \overline{GR} คำนวณได้ดังนี้

$$\overline{GR} = \overline{GG_1} \sin \theta \tag{19}$$

โดย GG_1 = ระยะการเคลื่อนที่ตามแนวตั้งเดิมของจุด G

θ = มุมเอียงของเรือ

เมื่อพล็อตระยะ Loss of Righting Arm ที่เกิดขึ้นแต่ละมุมเอียง จะได้เส้นโค้งที่เรียกว่า “เส้นโค้งความสูญเสียแขนโมเมนต์ตั้งตรง (Loss of Righting Arm Curve)” รูปที่ 22 เป็นตัวอย่างเส้นโค้งดังกล่าว

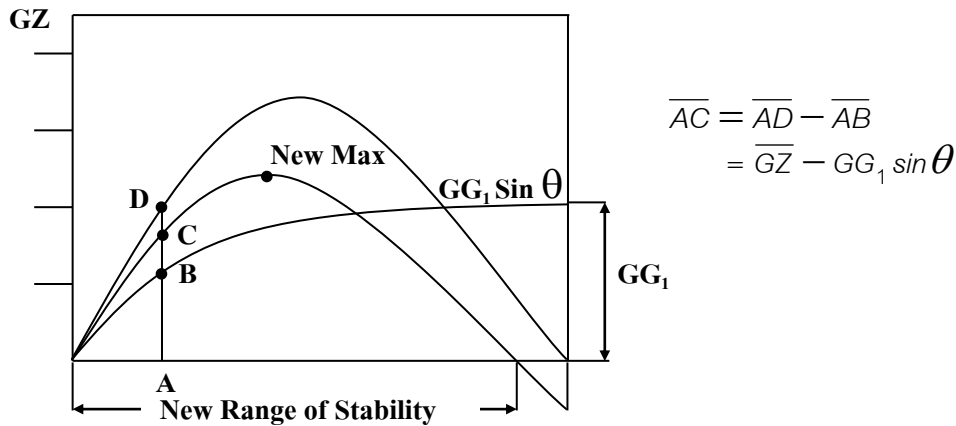


ความเปลี่ยนแปลงต่อ Overall Stability หาได้โดยพล็อตเส้นโค้งความสูญเสียแขนโมเมนต์ตั้งตรงลงบนเส้นโค้งการทรงตัวแล้วหาผลรวมทางพีชคณิตของแขนโมเมนต์ตั้งตรงที่เหลือ ดังนี้ (ดูรูปที่ 23)

ถ้า Loss of Righting Arm ลดค่า Righting Arm ลง ให้ นำไปลบกัน

ถ้า Loss of Righting Arm เพิ่มค่า Righting Arm ขึ้น ให้ นำไปบวกเข้า

หมายเหตุ ขอให้สังเกตว่าไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มขนาดหรือลดขนาดของแขนโมเมนต์ตั้งตรง จะยังคงเรียกว่าเป็น “Loss of Righting Arm” เสมอ เพียงแต่กรณีแรกเรือสูญเสียการทรงตัว ในขณะที่กรณีหลังเรือมีการทรงตัวเพิ่มขึ้น



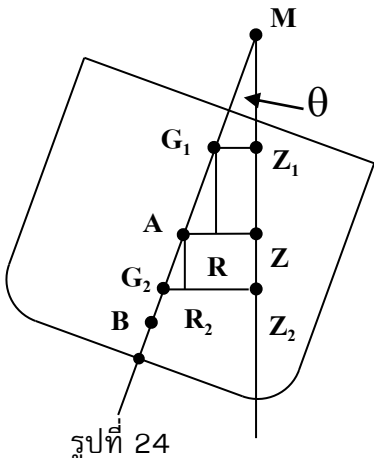
รูปที่ 23

4.2 การนำผลของการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางคิงไปประกอบการอ่าน Cross Curve

Cross Curve of Stability มักถูกสร้างขึ้นโดยสมมติความสูงของจุด G ไว้ที่หนึ่ง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการคำนวณขนาดแขนโมเมนต์ตั้งเรือ ความสูงของจุด G ดังกล่าวถือว่าเป็น ระยะ “ \overline{KG} อ้างอิง (Reference \overline{KG})”

เมื่อสร้างเรือเสร็จจุด G ที่แท้จริงมักอยู่ที่ระยะความสูงอื่นอาจต่ำกว่าหรือสูงกว่าจุด G อ้างอิงก็ได้ ประกอบกับเมื่อบรรทุกน้ำหนักลงเรือในลักษณะต่าง ๆ ตำแหน่งจุด G ที่แท้จริงย่อมเปลี่ยนไป เมื่อเป็นเช่นนั้น เส้นโค้งการทรงตัวที่มีประจำอยู่บนเรือจึงเป็นเพียง Cross Curve ที่พล็อตเทียบกับจุด G สมมติเท่านั้น มิใช่จุด G ที่แท้จริงขณะนั้น จึงจำเป็นต้องปรับแก้ผลการอ่านระยะแขนโมเมนต์ตั้งตรง

จาก Cross Curve ให้เป็นขนาดแขนโมเมนต์ตั้งตรงที่สอดคล้องกับความสูงจุด G ที่แท้จริงต่อไปจากรูปที่ 24



รูปที่ 24

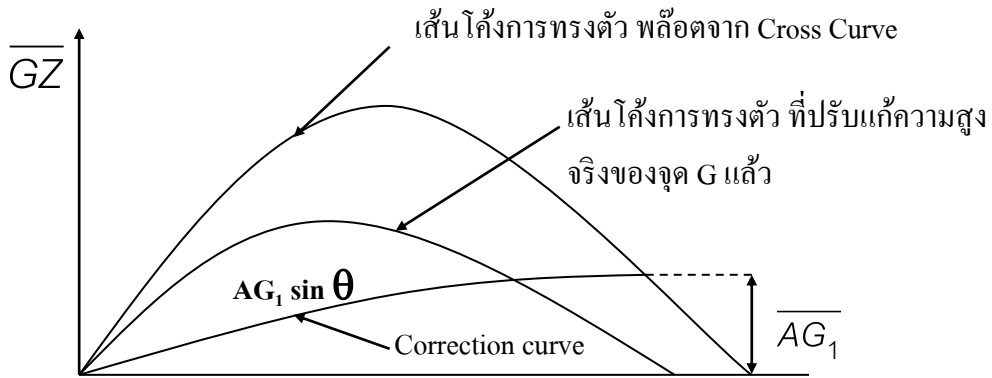
สมมติว่า A เป็นจุดอ้างอิงในการคำนวณสร้าง Cross Curve of Stability ระยะ \overline{KG} สมมติในที่นี้คือ \overline{KA} ดังนั้น \overline{AZ} จึงเป็นขนาดแขนโมเมนต์ตั้งตรงที่อ่านได้ทันที จาก Cross Curve แต่ถ้าจุด G ของเรืออยู่สูงกว่าจุด G สมมติ เช่น อยู่ที่จุด G_1 จะทำให้ขนาดแขนโมเมนต์ตั้งตรงที่อ่านได้จาก Cross Curve ยาวกว่าความเป็นจริงอยู่เป็นระยะเท่ากับ \overline{AR} ในทางกลับกัน ถ้าจุด G อยู่ต่ำกว่าจุด G สมมติ เช่น อยู่ที่จุด G_2 ค่าที่อ่านได้จะสั้นกว่าความเป็นจริงอยู่เป็นระยะ $\overline{G_2R_2}$ เห็นได้ว่า \overline{AR} หรือ $\overline{G_2R_2}$ เป็นค่าแก้ (Correction) ที่

จะต้องนำไปประกอบการคำนวณเมื่ออ่านขนาดแกนโมเมนต์ตั้งตรงจาก Cross Curve ที่มีอยู่ในเรือเสมอ

โดยที่ ระยะการสูญเสียแกนโมเมนต์ $\overline{AR} = \overline{AG}_1 \sin \theta$ (20)

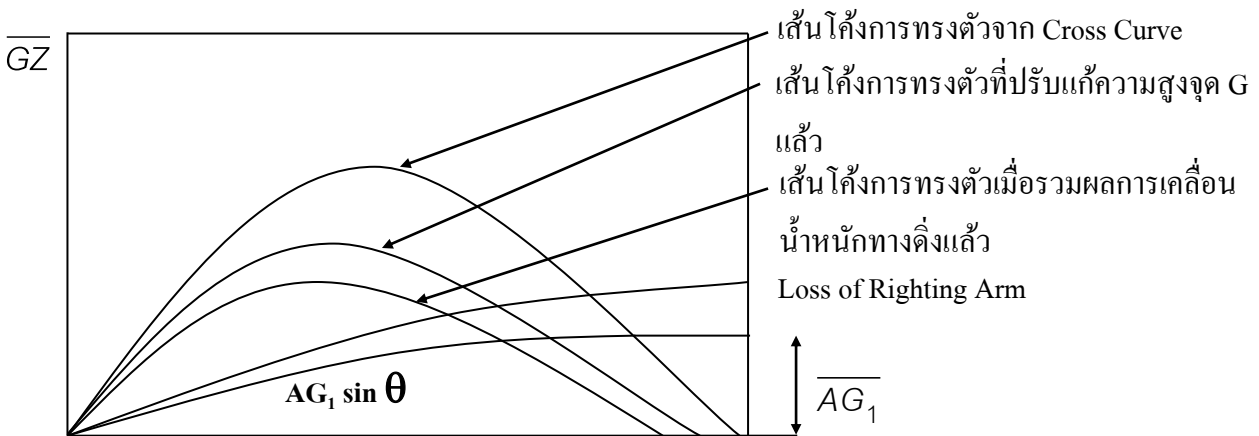
และ ระยะการเพิ่มแกนโมเมนต์ $\overline{G}_2R_2 = \overline{AG}_2 \sin \theta$ (21)

การปรับแก้ขนาดแกนโมเมนต์ตั้งตรงดังในสมการที่ (20) และ (21) คือวิธีการเช่นเดียวกับการดำเนินการในกรณีของการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่ง ดังนั้นการพล็อตเส้นโค้งการทรงตัวที่ปรับแก้แล้ว (พร้อมนำไปใช้) จึงมีลักษณะดังนี้ (กรณี จุด G อยู่สูงกว่า จุดอ้างอิง A)



รูปที่ 25

เมื่อรวมผลของการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่งที่อาจเกิดขึ้นภายหลังเข้ากับผลการแก้ดังกล่าว (สมมติว่า ย้ายน้ำหนักจนจุด G เลื่อนสูงขึ้นอีก) จะพล็อตเส้นโค้งการทรงตัวสุดท้ายได้ดังนี้

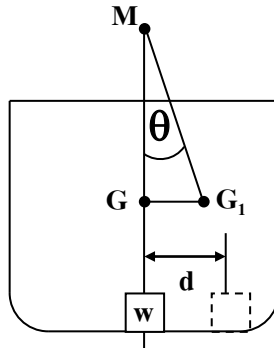


รูปที่ 26

6 การเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางขวางและผลต่อ Overall Stability

การเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางขวาง แบ่งเป็น 2 กรณีใหญ่ ๆ คือ

- น้ำหนักรวมของเรือไม่เปลี่ยน
- น้ำหนักรวมของเรือเปลี่ยน



รูปที่ 27

ถ้าน้ำหนัก W ในรูปที่ 27 ถูกเคลื่อนย้ายทางขวางเรือเป็นระยะ d โดยน้ำหนักโดยรวมของเรือคงที่ จุดศูนย์กลางถ่วงเรือจะเคลื่อนไปไปอยู่ที่จุด G_1 เป็นระยะ $\overline{GG_1}$ คือ

$$\overline{GG_1} = \frac{w \times d}{\Delta} \quad (22)$$

โดย $\overline{GG_1}$ = ระยะการเคลื่อนที่ของจุด CG.

W = น้ำหนักที่ถูกเคลื่อนย้าย

d = ระยะที่เคลื่อนย้าย (วัดระหว่างจุดศูนย์กลางมวล)

Δ = น้ำหนักรวมของเรือ

ถ้าเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางขวางหลายชิ้น

$$\overline{GG_1} = \frac{\sum (w_i \times d_i)}{\Delta} \quad (23)$$

โดย w_i = น้ำหนักแต่ละชิ้น

d_i = ระยะเคลื่อนย้ายของน้ำหนักแต่ละชิ้น

$\sum (w_i \times d_i)$ = ผลรวมของโมเมนต์น้ำหนัก (Weight Moment)

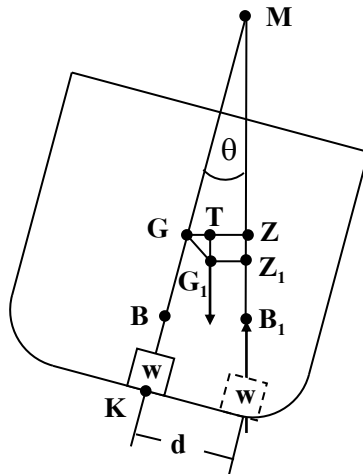
ถ้าเป็นการเคลื่อนย้ายที่ทำให้น้ำหนักรวมของเรือเปลี่ยน จะคำนวณได้ดังนี้

$$\overline{GG_1} = \frac{\sum (w_i \times d_i)}{(\Delta \pm \sum w_i)} \quad (24)$$

โดย $\sum w_i$ = ผลรวมของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักในทางขวาง

6.1 ผลของการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางขวางต่อขนาดแกนโมเมนต์ตั้งตรง

การเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางขวางส่งผลกระทบต่อ Overall Stability ของเรือในลักษณะเช่นเดียวกับการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางตั้ง พิจารณาได้จากรูปที่ 28



รูปที่ 28

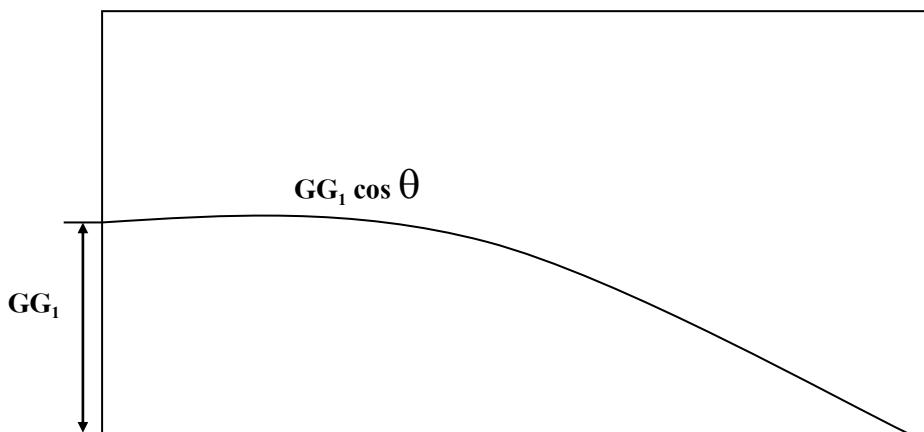
เมื่อน้ำหนัก w ถูกเคลื่อนย้ายในทางขวาง ทำให้จุด G ของเรือเลื่อนมาอยู่ที่จุด G_1 ทำให้แขนโมเมนต์ตั้งตรงที่เดิมยาวเท่ากับ GZ มีความยาวลดลงเป็น G_1Z_1 คือลดลงเป็นปริมาณเท่ากับ GT ดังนั้นในแต่ละมุมเอียงแขนโมเมนต์ตั้งตรงจะลดลงเป็นปริมาณเท่ากับ

$$\overline{GT} = GG_1 \cos \theta \quad (25)$$

โดย GG_1 = ระยะการเคลื่อนที่ของจุด G
 θ = มุมเอียงของเรือ

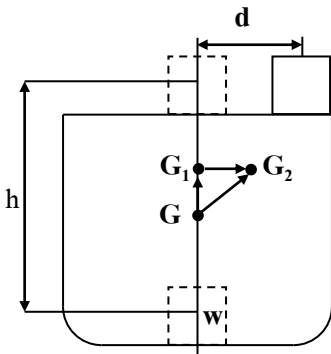
เมื่อพล็อตระยะ Loss of Righting Arm ที่เกิดขึ้นแต่ละมุมเอียงจะได้เส้นโค้ง “ความสูญเสียแขนโมเมนต์ตั้งตรง (Loss of Righting Arm Curve)” คล้ายกับที่เกิดในกรณีเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่ง (รูปที่ 29) เช่นกัน ดังนี้

- ถ้า Loss of Righting Arm ลดค่า Righting Arm ลง ให้นำไปลบกัน
- ถ้า Loss of Righting Arm เพิ่มค่า Righting Arm ขึ้น ให้นำไปบวกเข้า

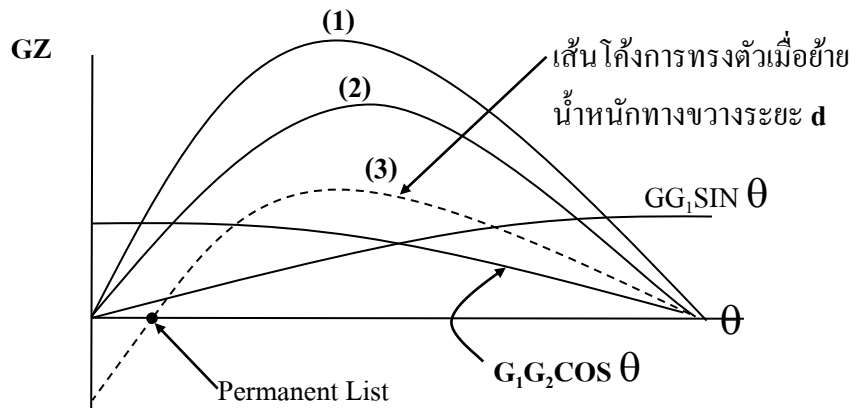


รูปที่ 29

ความเปลี่ยนแปลงที่มีต่อ Overall Stability หาได้โดยพล็อตเส้นโค้งความสูญเสียแขนโมเมนต์ตั้งตรงอันเนื่องจากการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางขวางลงบนเส้นโค้งการทรงตัวเดิม (อาจเป็นภายหลังจากการแก้เส้นโค้งการทรงตัวในหัวข้อที่ 4.2 แล้ว)



31 ก.



31 ข.

รูปที่ 31

เมื่อพิจารณารูปที่ 31 ก) ซึ่งน้ำหนัก w ถูกเคลื่อนย้ายทางตั้งจากคานฟ้าไต่ระวางขึ้นสู่คานฟ้าบนเป็นระยะทางตั้ง h และทางขวาง d ดังนั้น เริ่มแรกจุด CG จึงเลื่อนขึ้นเป็นระยะเท่ากับ $\overline{GG_1} = \frac{w \times h}{\Delta}$ เป็นผลให้ต้องสูญเสียความยาวแขนโมเมนต์ตั้งตรงที่แต่ละมุมเอียงไปเท่ากับ $\overline{GG_1} \sin \theta$ เมื่อพล็อตความสัมพันธ์ดังกล่าวกับเส้นโค้งการทรงตัวเดิม (เส้นโค้งหมายเลข 1) จะได้เส้นโค้งการทรงตัวใหม่เป็นเส้นโค้งหมายเลข 2 ต่อไปให้พิจารณาย้ายน้ำหนักทางขวาง ดังนั้น จุด CG จึงเคลื่อนที่ต่อไปอยู่ที่จุด G_2 เป็นระยะ $\overline{G_1G_2} = \frac{w \times d}{\Delta}$ ทำให้สูญเสียความยาวแขนโมเมนต์ตั้งตรงแต่ละมุมเอียงอีก $G_1G_2 \cos \theta$ เมื่อพล็อตความสัมพันธ์นี้กับเส้นโค้งการทรงตัวล่าสุด (เส้นโค้งหมายเลข 2) จะได้เส้นโค้งการทรงตัว สุดท้ายที่รวมผลของการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางตั้งและทางขวางเข้าด้วยกันเป็นเส้นโค้งการทรงตัวหมายเลข 3 เกิด Permanent List และมี Overall Stability เปลี่ยนไปจากเดิม

12. กำลังลอยและการทรงตัวของเรือ

(Stability and Bouyancy)

1 นิยาม

1.1 แรง (Forces) คือกำลังผลักหรือดึง ซึ่งสามารถชักจูงให้เกิดการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวได้

1.2 แรงของกำลังลอย (Force of Buoyancy) คือ แรงดันขึ้น หรือแรงยกที่มีขนาดเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ โดยกระทำผ่านจุด ๆ หนึ่ง เรียกว่า “ศูนย์กลางกำลังลอย (Center of Buoyancy) ซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์กลางเรขาคณิต (Geometric Center) ของปริมาตรส่วนที่น้ำถูกแทนที่ (Displaced Volume) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าเป็น “ปริมาตรระวางขับน้ำ”

1.3 แรงศูนย์กลางถ่วง (Force of Gravity) คือ แรงดึงดูดสู่ศูนย์กลางโลก อันเนื่องจากการที่โลกหมุนรอบตัวเอง แรงนี้มักเรียกตามหน่วยน้ำหนัก เช่น ออนซ์, ปอนด์ และตัน โดยจะกระทำตรงจุด ศูนย์ถ่วงของวัตถุ (จุดศูนย์กลางของน้ำหนักต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นวัตถุนั้น ๆ) ($g = 9.80665 \text{ m/s}^2$)

1.4 ระวางขับน้ำ (Displacement) คือ น้ำหนักของปริมาตรน้ำที่ถูกเรือแทนที่

1.5 ปริมาตรกำลังลอยสำรอง (Reserve Buoyant Volume) คือ ปริมาตรของเรือส่วนที่ผิวน้ำได้ (Watertight) เหนือแนวน้ำ ซึ่งถือว่าเป็นแฟกเตอร์เพื่อสำหรับความปลอดภัย (Safety Factor) ปริมาตรกำลังสำรองจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงลอยตัวสำรอง เรือที่มีปริมาตรกำลังสำรองมากย่อมมีแรงลอยตัวสำรอง (Reserve Buoyancy) มากด้วย

1.6 กำลังลอยสำรอง (Reserve Buoyancy) คือ แรงลอยที่เรือยังสามารถมีได้ถึงแม้จะบรรทุกน้ำหนักเพิ่มจากปัจจุบัน หรืออีกนัยหนึ่งคือ ความสามารถในการบรรทุกเพิ่มขึ้นของเรือ เรือที่มีปริมาตรกำลังสำรองมากย่อมมีแรงลอยตัวสำรองมากด้วย

1.7 Freeboard เป็นมาตรวัด กำลังลอยสำรองอย่างคร่าว ๆ Freeboard คือ ระยะวัดจากแนวน้ำบรรทุกเต็ม (Loaded Displacement) ถึงคาคฟ้าชั้น Freeboard Deck หรือ คาคฟ้าผิวน้ำได้ชั้นที่สมบูรณ์ที่สุด หรือตามที่แต่ละสมาคมจัดชั้นเรือกำหนด เรือที่มีระยะ Freeboard มากย่อมมีกำลังลอยสำรองมาก

2 แรงลอยตัว (Buoyancy Force)

เรือจะลอยถ้าแรงของกำลังลอย (Force Buoyancy) มีขนาดอย่างน้อยเท่ากับน้ำหนักของเรือ หรือหมายถึงจะต้องมีปริมาตรกำลังลอยมากพอซึ่งอาจกำหนดได้จากขนาดพื้นที่แนวน้ำ (Waterplane Area) และความสามารถในการผิวน้ำ (Watertight) ที่ดี ถ้าเรือมีปริมาตรกำลังลอยสำรองมาก (มี Freeboard มาก) ก็จะมีความสามารถในการลอยมาก ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับประสิทธิภาพในการ ทรงตัวโดยรวมของเรือ

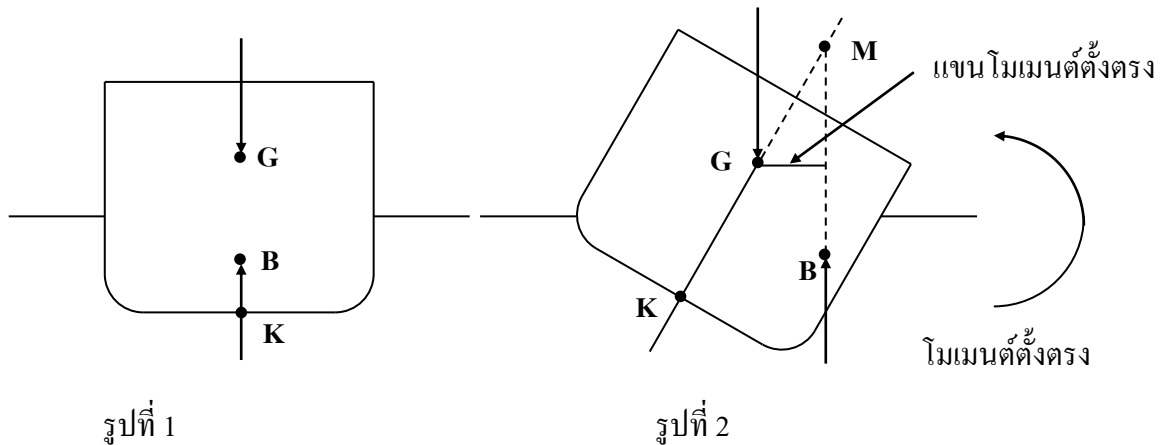
3 การทรงตัวอย่างปลอดภัย (Intact Stability)

คือ สถานะการทรงตัวสถิตย์ของเรือในน้ำนิ่ง (Static Condition in Clam Water) อย่าง ปลอดภัยพิจารณาได้จากขนาดโมเมนต์แรงคู่ควบระหว่างแรงลอยตัว (ทิศทางขึ้นข้างบน) กับน้ำหนักเรือ (ทิศทางกระทำลงล่าง) หรือที่เรียกว่าเป็น “โมเมนต์ตั้งตรง” (Righting Moment) ระยะระหว่างแรง ลอยตัวกับแรงเนื่องจากน้ำหนัก คือ แขน

ของโมเมนต์ตั้งตรง (Righting Arm) ซึ่งโมเมนต์ตั้งตรงและแกนของโมเมนต์ตั้งตรงจะเป็นตัวแปรสำคัญในการพิจารณาการทรงตัวของเรือต่อไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการกระทำของแรงลอยตัวและแรงเนื่องจากน้ำหนักเรือ ทรานโดที่ตำแหน่งทั้งสองก่อให้เกิดโมเมนต์ช่วยพยุงเรือกลับตั้งตรง เรือจะยังคงสามารถทรงตัวได้อย่างปลอดภัย

3.1 นิยามที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาการทรงตัว

3.1.1 โมเมนต์ตั้งตรง (Righting Moment; RM) เมื่อเรือลอยตั้งตรงแรงลอยตัวของเรือจะกระทำในทิศพุ่งขึ้นข้างบน ผ่านจุดศูนย์กลางการลอย (Center of Buoyancy จุด B) ส่วนทางพอดีกับแรงเนื่องจากน้ำหนักที่กระทำตรงจุด G (จุด B และ G อยู่ในแนวเดียวกัน) (ดูรูปที่ 1) เมื่อเรือเอียง (โดยไม่มีน้ำหนักใดเคลื่อนย้ายไป)



แรงเนื่องจากน้ำหนักจะยังคงกระทำที่จุด G เช่นเดิม ในขณะที่ปริมาตรระวางจับน้ำย่อมต้องเปลี่ยนไปตามลักษณะการเอียงทำให้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางการลอย (B) เคลื่อนที่ไปยังด้านที่เอียง ดังนั้นจุด B และ G จะไม่อยู่ในแนวเดียวกันอีกต่อไป ทำให้เกิดโมเมนต์แรงคู่ควบระหว่างแรงลอยตัวและแรงเนื่องจากน้ำหนัก (ดูรูปที่ 2) ในทิศทางต้านการเอียงหรือกล่าวได้ว่าเป็นโมเมนต์ตั้งตรงเรือ ขนาดของโมเมนต์ตั้งตรงใช้วัดความสามารถในการทรงตัวที่แต่ละมุมเอียงของเรือ

3.1.2 แกนโมเมนต์ตั้งตรง (Righting Arm; RA) แกนของโมเมนต์แรงคู่ควบในรูปที่ 2 (ระยะ GZ) เรียกว่าเป็น “แกนโมเมนต์ตั้งตรง” การคำนวณขนาดของโมเมนต์ตั้งตรงจะนำขนาดของแกนโมเมนต์ตั้งตรงคูณกับน้ำหนักเรือดังนี้

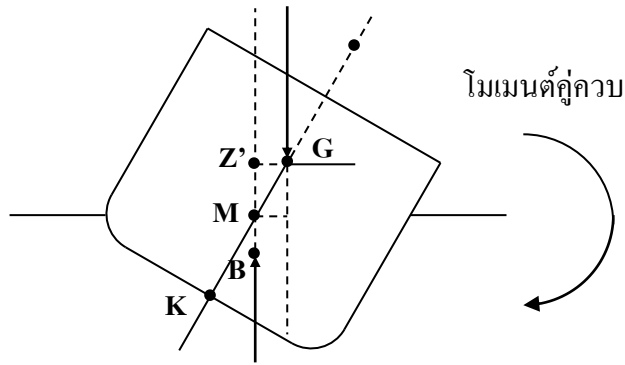
$$\text{โมเมนต์ตั้งตรง} = \text{แกนโมเมนต์ตั้งตรง} \times \text{น้ำหนักเรือ} \quad (1)$$

$$(\text{Righting Moment}) = (\text{Righting Arm} \times \text{Displacement})$$

$$(\text{RM}) = (\text{R.A.} \times \Delta)$$

ถ้าน้ำหนักเรือไม่เปลี่ยนแปลงอาจใช้แกนโมเมนต์ตั้งตรงเป็นตัววัดความสามารถในการทรงตัว ที่แต่ละมุมเอียงของเรือได้

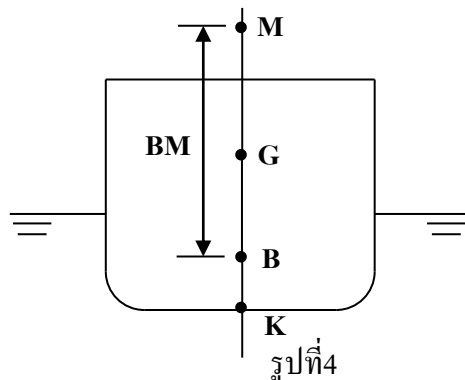
3.1.3 จุดเปลี่ยนศูนย์เสถียร (Metacenter) คือ จุด M ในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นจุดตัดของเส้นต่อแนวแรงกำลังลอยกับเส้นต่อของแนวเส้นกึ่งกลางทางขวาง (Center Line) ของเรือ ที่ เรียกว่าเป็นจุดเปลี่ยนศูนย์เสถียร เพราะว่าถ้าจุดนี้อยู่ต่ำกว่า จุด G โมเมนต์จะเปลี่ยนเป็นโมเมนต์คว่ำเรือ (Heeling Moment) ดังนั้น ตำแหน่งของจุด M (เทียบกับจุด G) จะเป็นตัวกำหนดชนิดของโมเมนต์แรงคู่ควบที่เกิดขึ้น (ดูรูปที่ 3)



รูปที่ 3

3.1.4 ความสูงจุดเปลี่ยนศูนย์กลางเสถียร (Metacentric Height) คือ ระยะวัดในแนวเส้นกึ่งกลางทางขวางจากจุด G ถึงจุด M (ระยะ GM ในรูปที่ 2) ถ้าจุด M อยู่สูงกว่าจุด G ระยะ GM จะเป็นบวก ก่อให้เกิดโมเมนต์ตั้งตรง (Righting Moment) เรียกว่าเป็น โมเมนต์บวก (Positive Moment) ในทางกลับกันถ้าจุด M อยู่ต่ำกว่าจุด G ระยะ GM จะเป็นลบ ก่อให้เกิดโมเมนต์คว่ำเรือ (Heeling Moment) หรือ โมเมนต์ลบ (Negative Moment) ระยะ GM จึงใช้วัดค่าความสามารถในการทรงตัวของเรือแทน โมเมนต์ตั้งตรงและแขน โมเมนต์ตั้งตรงได้

3.1.5 รัศมีเปลี่ยนศูนย์กลางเสถียรทางขวาง (Metacentric Radius, BM) คือระยะในแนวเส้นกึ่งกลางทางขวางจากจุด B ถึงจุด M



ถ้า K เป็นจุดอ้างอิงตรงแนวกระดูกงู

$$\text{ดังนั้นระยะ } BM = KM - KB \quad (2)$$

$$= KB + BG \quad (3)$$

หรือคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$BM = \frac{I_T}{\nabla} \quad (4)$$

โดย I_T = โมเมนต์อินเนอร์เซียทางขวาง (Transverse Moment of Inertia) ของพื้นที่แนวน้ำ (Waterplane Area) ขณะนั้นของเรือ

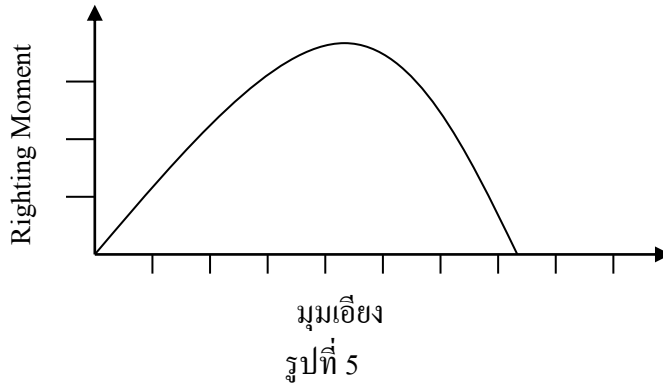
∇ = ปริมาตรระวางขับน้ำ (Volume of Displacement)

ตัวอย่าง เรือลำหนึ่งมีขนาดโมเมนต์อินเนอร์เซียทางขวางเท่ากับ $1.5978 \times 10^6 \text{ m}^4$ และมีปริมาตรระวางขับน้ำเท่ากับ $7.2535 \times 10^5 \text{ m}^3$ จะคำนวณขนาดรัศมีเปลี่ยนศูนย์กลางเสถียรทางขวาง (BM) ได้ดังนี้

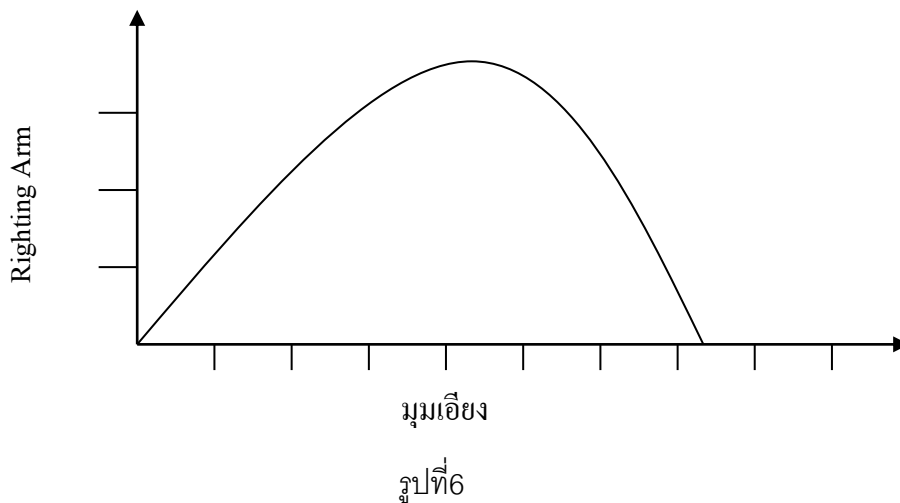
$$BM = \frac{1.5978 \times 10^6}{7.253 \times 10^5} = 2.203 \text{ m}$$

3.1.6 เส้นโค้งการทรงตัว (Stability Curve) คือเส้นโค้งแสดงความสามารถในการทรงตัวของเรือที่มักแสดงใน 4 ลักษณะดังนี้

3.1.6.1 เส้นโค้งโมเมนต์ตั้งตรง – มุมเอียง คือ เส้นโค้งการทรงตัวที่อธิบาย ความสามารถในการทรงตัวของเรือในรูปของโมเมนต์ตั้งตรงที่มุมเอียงเรือต่าง ๆ (ดูรูปที่ 5)



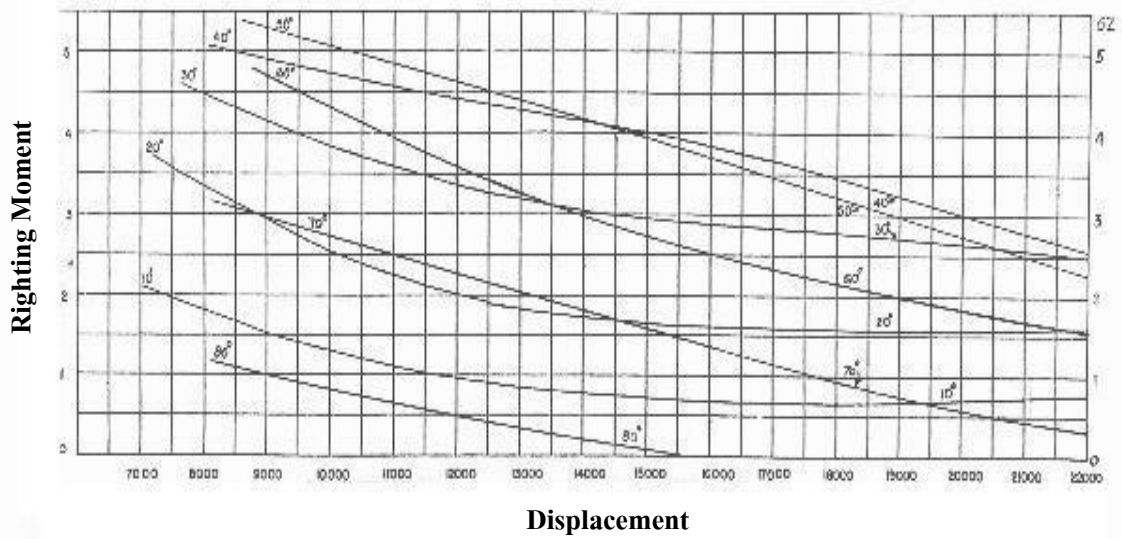
3.1.6.2 เส้นโค้งแขนโมเมนต์ตั้งตรง – มุมเอียง คือ เส้นโค้งการทรงตัวที่อธิบาย ความสามารถในการทรงตัวของเรือในรูปของขนาดแขน โมเมนต์ตั้งตรงที่มุมเอียงเรือต่าง ๆ (ดูรูปที่ 6)



เส้นโค้งการทรงตัวในรูปที่ 5 และ 6 จะมีรูปร่างเหมือนกันจะต่างกันก็ตรงหน่วยและขนาดของตัวแปรที่ปรากฏบนแกน Ordinate (แกนตั้ง) เท่านั้น

การนำเสนอเส้นโค้งการทรงตัว ดังในรูปที่ 5 มักจะต้องบอกค่าระวางขับน้ำกำกับไว้ด้วยเสมอ ทั้งนี้เพราะถ้าระวางขับน้ำเปลี่ยนขนาดโมเมนต์ตั้งตรงย่อมเปลี่ยนแปลงด้วย ($R.M. = GZ \times \Delta$)

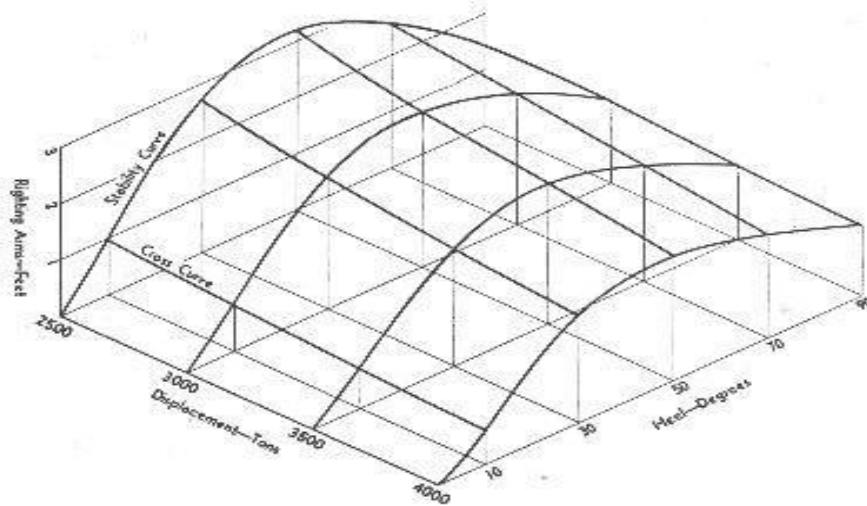
3.1.6.3 เส้นโค้งการทรงตัวแบบ “Cross Curve” หรือ Cross Curve of Stability คือ เส้นโค้งการทรงตัวแบบในหัวข้อ 3.1.6.1 หรือ 3.1.6.2 ที่ขนาดระวางขับน้ำต่าง ๆ ของเรือ



Displacement

รูปที่ 7

รูปที่ 7 เป็นตัวอย่าง Cross Curve of Stability แบบ 2 มิติ ที่พล็อตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแกน โมเมนต์ ตั้งตรงมุมเอียง และระวางขับน้ำต่าง ๆ ส่วนรูปที่ 8 เป็นตัวอย่าง Cross Curve of Stability แบบ 3 มิติ แสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง โมเมนต์ตั้งตรงมุมเอียง และระวางขับน้ำต่าง ๆ เช่นกัน

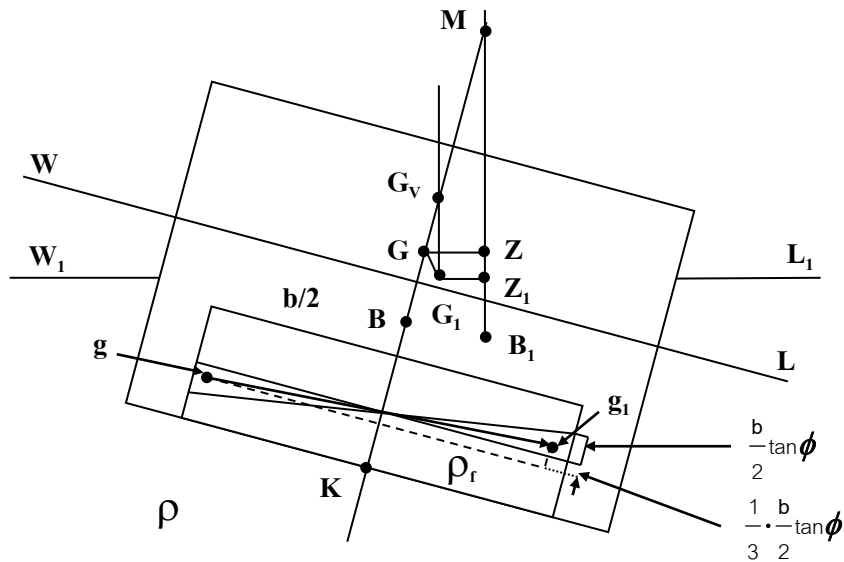


รูปที่ 8

3.1.6.4 ข้อมูลการทรงตัวที่นำเสนอในแบบตารางตัวเลข คือ การนำเสนอข้อมูลการทรงตัวดังเช่นในหัวข้อ 3.1.6 ในรูปแบบตารางตัวเลข ซึ่งสามารถนำไป พล็อตเป็นเส้นโค้งการทรงตัวได้เช่นเดียวกัน (ดูรูปที่ 1.9) วิธีการเช่นนี้ให้ความสะดวกในการอ่านค่าจากตารางข้อมูล แต่ขาดความต่อเนื่อง (Continuous) ไม่เหมือนการนำเสนอข้อมูลการทรงตัวแบบกราฟที่ให้ข้อมูลการทรงตัวแบบต่อเนื่อง

ระวางชั้นน้ำ \ มุมเอียง	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0										
500										
1000			(ขนาดแกนโมเมนต์ หรือ โมเมนต์ตั้งตรง)							
1500										
2000										
2500										

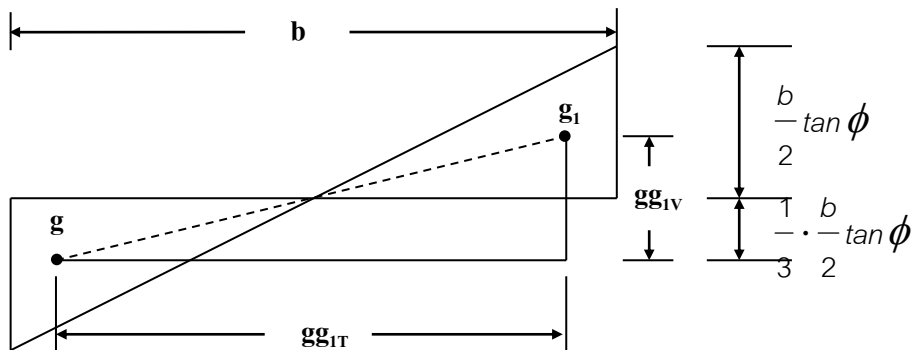
รูปที่ 9



รูปที่ 33 การเคลื่อนที่ของจุด CG เนื่องจากผิวหน้าอิสระ

กำหนดให้ถังกว้าง b ยาว l ความหนาแน่นมวลของน้ำในถังและที่เรือลอยอยู่มีค่าเท่ากับ ρ_f และ ρ มีน้ำหนักจำเพาะเป็น w และ W ตามลำดับ จากรูปที่ 34 ถ้ากำหนดให้ gg_{IT} เป็นระยะการเคลื่อนที่ในแนวระดับของจุดศูนย์กลางถ่วงลิม ดังนั้น เมื่อเรือเอียง ϕ

$$gg_{IT} = \frac{2}{3} b \quad (26)$$



รูปที่ 34 การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางถ่วงลิมของเพลลาในรูปที่ 2

และให้ gg_{IV} เป็นระยะการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของจุดศูนย์กลางถ่วงลิม ดังนั้นเมื่อเรือเอียง ϕ

$$gg_{IV} = \frac{2}{3} \frac{b}{2} \tan \phi = \frac{b}{3} \tan \phi \quad (27)$$

จากสมการที่ (26) ดังนั้น

$$gg_{IV} = \frac{1}{2} gg_{IT} \tan \phi \quad (28)$$

โดยลิมมีน้ำหนักเป็น

$$w = \rho_f g \left(\frac{1}{2} \frac{b}{2} \frac{b}{2} \tan \phi \right) \cdot l \quad (29)$$

หรือ

$$w = \rho_f g \frac{b^2 l}{8} \tan \phi \quad (30)$$

ดังนั้น โมเมนต์ของแรงเนื่องจากลิมน้ำ w เคลื่อนที่จึงทำให้จุด CG. รวมของเรือเคลื่อนที่ดังนี้

การเคลื่อนที่ในทางระดับ (GG_{1T})

$$\begin{aligned} GG_{1T} &= \frac{w \times gg_{1T}}{\Delta} = \frac{\left[\rho_f g \frac{b^2 l}{8} \tan \phi \right] \begin{bmatrix} 2 \\ - \\ 3 \end{bmatrix}}{\rho \cdot g \cdot \nabla} \\ &= \frac{\rho_f b^3 l \tan \phi}{\rho 12 \nabla} \end{aligned} \quad (31)$$

$$= \frac{\gamma_f i}{\gamma \nabla} \tan \phi \quad (32)$$

โดย $i = \frac{b^3 l}{12} =$ Transverse Moment of Inertia ของถัง

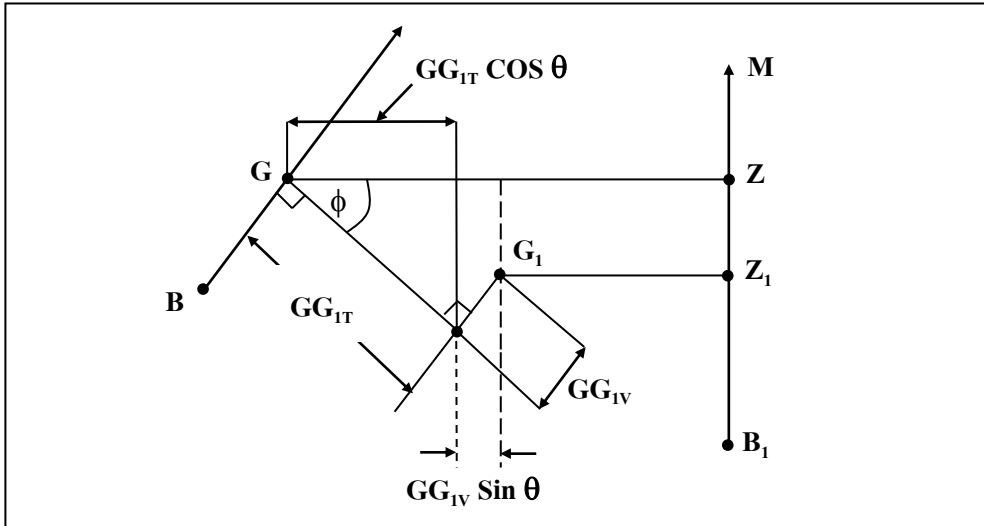
การเคลื่อนที่ในทางค้ำ (GG_{1V})

$$\begin{aligned} GG_{1V} &= \frac{w \times gg_{1V}}{\Delta} = \frac{\left[\rho_f g \frac{b^2 l}{8} \tan \phi \right] \begin{bmatrix} b \tan \phi \\ 3 \end{bmatrix}}{\rho \cdot g \cdot \nabla} \\ &= \frac{\rho_f b^3 l \tan^2 \phi}{\rho 12 2 \nabla} \end{aligned} \quad (33)$$

$$= \frac{\gamma_f i \tan^2 \phi}{\gamma \nabla 2} \quad (34)$$

จากสมการที่ (32) และ (34) ดังนั้น $GG_{1V} = GG_{1T} \frac{\tan \phi}{2}$ (35)

นำผลการวิเคราะห์ดังในสมการที่ (32) และ (34) มาพิจารณาการเปลี่ยนแปลงขนาด Righting Arm ของเรือ ได้ดังในรูปที่ 35



รูปที่ 35 การเปลี่ยนแปลงขนาดของ Righting Arm เนื่องจากผลของผิวหน้าอิสระ

โดย Righting Arm ใหม่มีขนาดลดลงเหลือเท่ากับ G_1Z_1 ดังนี้

$$G_1Z_1 = GZ - GG_{1T} \cos \phi - GG_{1V} \sin \phi \quad (36)$$

$$\begin{aligned} &= GM \sin \phi - \left(\frac{\gamma_f i}{\gamma \nabla} \tan \phi \right) \cos \phi - \left(\frac{\gamma_f i}{\gamma \nabla} \frac{\tan^2 \phi}{2} \right) \sin \phi \\ &= \sin \phi \left[GM - \frac{\gamma_f i}{\gamma \nabla} \left(1 + \frac{\tan^2 \phi}{2} \right) \right] \end{aligned} \quad (37)$$

เทอมทางขวาของสมการที่ (37) แสดงการเปลี่ยนแปลงความสูงศูนย์เสถียร (Metacentric Height) อันเนื่องมาจากผลของผิวหน้าอิสระที่มุมเอียงต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามการแทนค่า $GZ = GM \sin \phi$ ในสมการที่ (36) ใช้ได้จำกัดเฉพาะเมื่อเรือเอียงเป็นมุมน้อย ๆ ไม่เกินกว่าประมาณ 7° ถึง 10° (ขึ้นอยู่กับรูปร่างของเรือ) ดังนั้นด้วยมุมเอียงขนาดนี้ย่อมทำให้

เทอม $\frac{\tan^2 \phi}{2}$ ในสมการที่ (37) มีค่าน้อยมาก การคำนวณขนาด Righting Arm ของเรือที่ได้รับผลกระทบจากผิวหน้าอิสระแต่เอียงเป็นมุมเล็ก ๆ จึงสามารถลดรูปสมการได้เป็น

$$G_1Z_1 = \left(GM - \frac{\gamma_f i}{\gamma \nabla} \right) \sin \phi \quad (38)$$

เทอม $\frac{\gamma_f i}{\gamma \nabla}$ จึงเปรียบเสมือนระยะความสูงศูนย์เสถียร (GM) ที่ลดลงเนื่องจากผลของผิวหน้าอิสระ หากมองในลักษณะจุด M คงที่ (มุมเอียงน้อย ๆ เท่านั้น) บางครั้งจึงเรียกการสูญเสียความสูงศูนย์เสถียรนี้ว่าเป็น “Virtual Rise ของจุดศูนย์ถ่วงเรืออันเกิดจากผิวหน้าอิสระ” เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$GG_{Virtual} = \frac{\gamma_f i}{\gamma \nabla} = \frac{\rho_f i}{\rho \nabla} = FSC \quad (39)$$

ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับผลจากผิวหน้าอิสระจะใช้สมการที่ (39) เป็น “ค่าแก้ผิวหน้าอิสระ (Free Surface Correction; FSC)” ในเทอมของการลดขนาดความสูงศูนย์เสถียร โดยที่สามารถใช้ได้กับถังรูปร่างหน้าตัดทุกชนิด ดังนั้นระยะความสูงศูนย์เสถียรประสิทธิผลที่รวมผลของการเกิดผิวหน้าอิสระเข้าไว้ด้วยจะมีค่าเป็น

$$GM_{Eff} = KM - KG - FSC \quad (40)$$

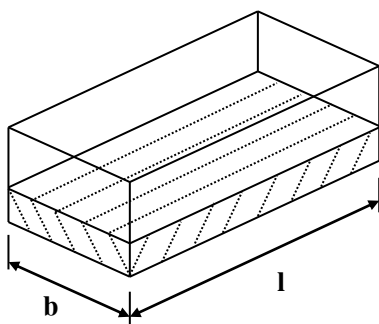
3.1 Virtual Rise of G

ระยะ GG_v ในรูปที่ 33 เรียกว่าเป็น “Virtual Rise of G” สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$GG_v = \frac{l}{\nabla} \quad (A)$$

โดย l = โมเมนต์อินเนอร์เซียของผิวหน้าอิสระรอบแกนทางยาว
 ∇ = ปริมาตรระวางขั้วน้ำเรือ

ในกรณีของถังหน้าตัดสี่เหลี่ยมจะคำนวณโมเมนต์อินเนอร์เซียของผิวหน้าอิสระได้

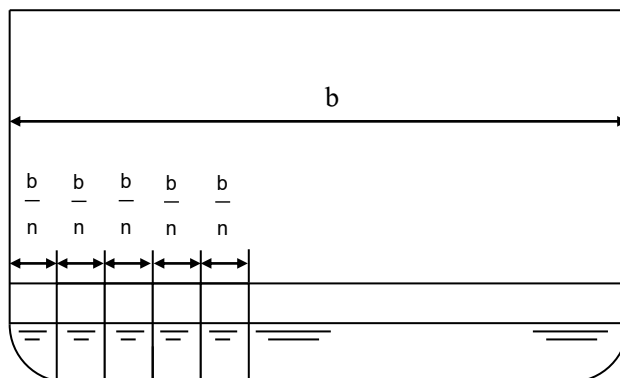


$$l = \frac{b^3 l}{12} \quad (B)$$

โดย b = ความกว้างของผิวหน้าอิสระ (ทางขวางเรือ)
 l = ความยาวของผิวหน้าอิสระ (ตามยาวเรือ)

รูปที่ 36

3.2 ผลจากผิวหน้าอิสระในถังที่แบ่งเป็นส่วนตามยาว (Effect of Longitudinal Subdivision)



รูปที่ 37 การแบ่งถังเป็นส่วนตามยาว Longitudinal Subdivision

ในกรณีที่ถังบรรจุของเหลวถูกแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ตามความยาว (Longitudinal Subdivision) จำนวน n ส่วนดัง
 ในรูปที่ 37 ถ้าถังนี้กว้าง b ถังแต่ละส่วนจึงมีความกว้างเท่ากับ $\frac{b}{n}$ ดังนั้นจากสมการที่ (39) FSC ของแต่ละส่วน

จะมีค่าเท่ากับ
$$FSC = \frac{\rho_f i}{\rho \nabla} \quad (C)$$

แทนค่า $i = \frac{1}{12} \left(\frac{b}{n}\right)^3$ เพราะฉะนั้นค่าแก้ผิวหน้าอิสระของถังที่แบ่งตามยาว n ส่วนเท่า ๆ กัน จะมีค่า FSC ของแต่ละ

ส่วนเท่ากับ
$$FSC = \frac{\rho_f}{\rho} \frac{1}{12} \frac{b^3}{\nabla} \frac{1}{n^3}$$

$$= \frac{\rho_f}{\rho} \frac{i}{\nabla} \frac{1}{n^3} \quad (41)$$

$$= \frac{\gamma_f}{\gamma} \frac{i}{\nabla} \frac{1}{n^3} \quad (42)$$

ดังนั้นจะคำนวณความสูงศูนย์เสถียรที่สูญเสียไปเนื่องจากผิวหน้าอิสระ (Virtual Loss of Metacentric Height) ของถังย่อยทั้งหมด จำนวน n ถัง ได้ดังนี้

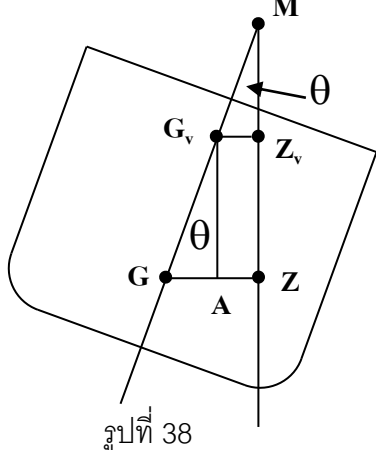
$$FSC_n = n \times \frac{\rho_f}{\rho} \frac{i}{\nabla} \frac{1}{n^3} \quad (43)$$

$$= \frac{\rho_f}{\rho} \frac{i}{\nabla} \frac{1}{n^2} \quad (44)$$

โดย n คือจำนวนถังย่อย เมื่อเปรียบเทียบกับสมการ (C) กับสมการที่ (44) พบว่าการแบ่งถังเป็นส่วนๆตามยาวจะช่วยลดผลจากผิวหน้าอิสระได้เป็นทวีคูณ

3.3 ผลของผิวหน้าอิสระต่อ Overall Stability

ผิวหน้าอิสระทำให้เกิด Virtual Rise of G เป็นผลให้ จุด CG ของเรือเคลื่อนที่สูงขึ้นกว่าที่ควรเป็น ดังนั้นขนาดแกนโมเมนต์ตั้งตรงจึงสั้นลงผลกระทบนี้สามารถพิจารณาได้ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่ง โดยที่ทุกๆมุมเอียงเรือจะสูญเสียแกนโมเมนต์ตั้งตรงไปเป็นขนาด $GG_v \sin \theta$ (ดูรูปที่ 38) หรือ



$$GA = GG_v \sin \theta \quad (D)$$

หรือ
$$GA = \frac{t}{\nabla} \sin \theta \quad (E)$$

ดังนั้นแกนโมเมนต์ตั้งตรงจึงลดขนาดลงเป็น

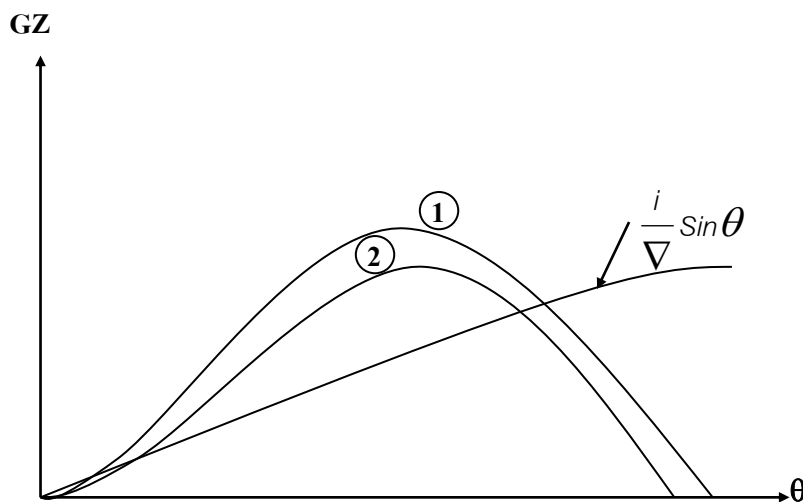
แกนโมเมนต์ตั้งตรงจากการเกิด Virtual Rise of G

$$G_V Z_V = GZ - GA \quad (F)$$

$$= GZ - GG_V \sin \theta \quad (G)$$

$$= GZ - \frac{i}{\nabla} \sin \theta \quad (H)$$

เมื่อพล็อตการสูญเสียเสียนขนาดแกนโมเมนต์ตั้งตรง(เทอมที่ 2 ทางขวาของสมการ (G)) ลงบนเส้นโค้งการทรงตัว และรวมค่าทางพีชคณิตเท่ากับเส้นโค้งการทรงตัวเช่นดังในวิธีการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่ง จะได้เส้นโค้งการทรงตัวใหม่ดังในรูป 39 (เส้นที่ 2)



รูปที่ 39

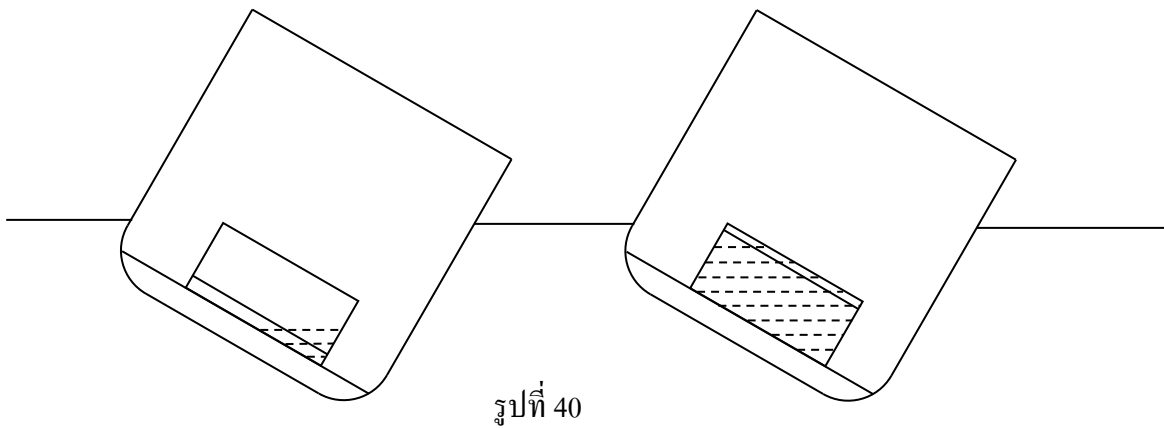
3.4 การพิจารณาผลจากผิวหน้าอิสระ

ในที่นี้จะพิจารณาผลจากผิวหน้าอิสระที่เกิดขึ้นในเรือในลักษณะของการสูญเสียแรงลอยตัวของเรือไปบางส่วน ทั้งนี้เนื่องจากจะครอบคลุมทั้งในกรณีของการเกิดผิวหน้าอิสระในถังต่างๆ และกรณีของเรือทะเลน้ำท่วมห้องทำให้ห้องที่น้ำท่วมเปิดสู่ผิวหน้าอิสระภายนอก(Free Communication)เกิดผิวหน้าอิสระเช่นเดียวกับผิวน้ำนอกเรือ ซึ่งก่อนอื่นจะต้องทำความเข้าใจและคุ้นเคยกับนิยามสำคัญดังต่อไปนี้

3.4.1 LOOSE WATER คือ ของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในถังหรือในห้องเพียงบางส่วน ทำให้เกิดผิวหน้าอิสระ มีผลกระทบ 2 ประการหลัก คือ 1. เกิด Free Surface Effect และ 2) เกิด Free Communication Effect

3.4.2 FREE SURFACE คือ ผิวหน้าของห้องที่บรรจุของเหลวเพียงบางส่วน และของเหลวนั้นไหลไปมาได้โดยอิสระ เพราะว่าผิวหน้าของของเหลวพยายามที่จะรักษาระดับขนานกับแนวระดับเสมอ ห้องที่เกิด Free Surface จะเรียกว่า”เป็นห้องที่มีผิวหน้าของเหลวเป็นอิสระ” กรณีนี้ก็เหมือนกรณีเดียวกับที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.3 องค์ประกอบที่ได้รับผลกระทบจากการเกิด Free Surface คือ: การทรงตัวของเรือ(Stability)

3.4.3 POCKETING คือ ของเหลวที่บรรจุเกือบเต็มหรือ 73% ใช้เกือบหมด

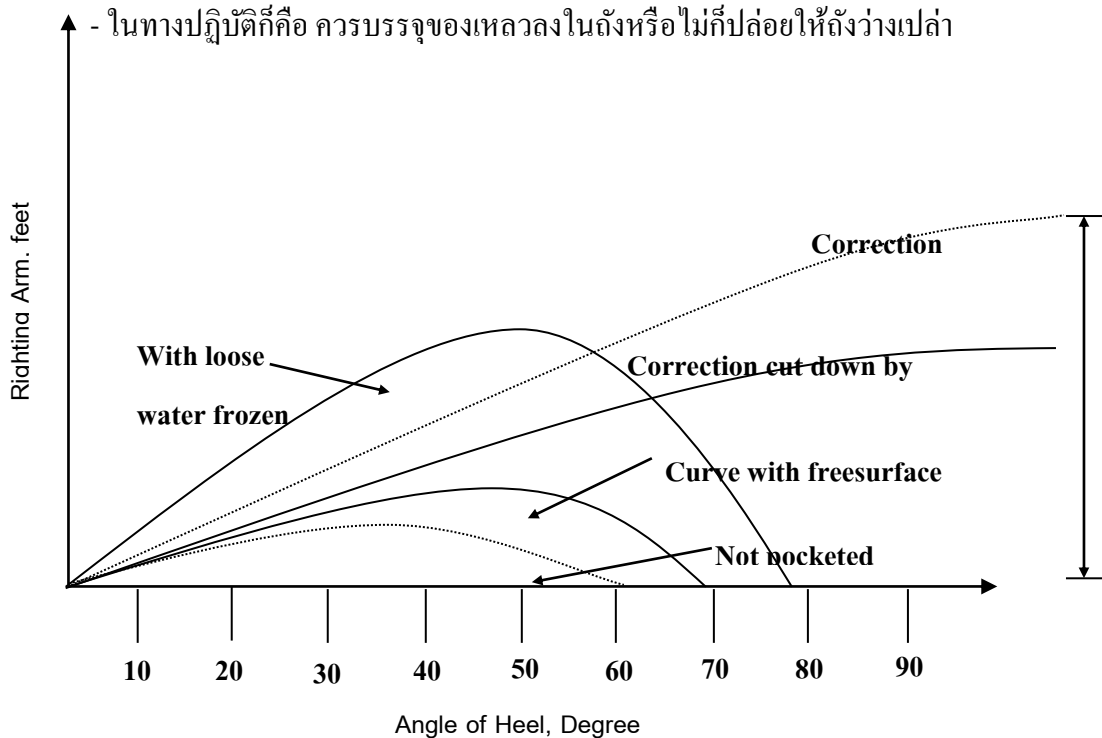


รูปที่ 40

- ลักษณะของผิวหน้าอิสระดังรูป 40 เราเรียกว่าผิวหน้าอิสระเป็น POCKETED ผลกระทบลักษณะนี้จะทำให้ความกว้าง (b) ของ F.S. ลดลงบางส่วนและช่วยให้จุด G เหมือนลดลงจึงทำให้จุด G รวมของเรือลดต่ำกว่าเมื่อเทียบกับไม่เกิดPocketingทำให้เส้นโค้งการทรงตัวที่เหลือนี้อาจขึ้นบ้างดังรูป 41

- ไม่มีการประเมินค่าในทางตัวเลขกับผลกระทบของ F.S. ในลักษณะ Pocketing ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย เพียงแต่แสดงให้เห็นว่าการเกิด Pocketing จะช่วยลดการสูญเสีย Over-all Stability

- ในทางปฏิบัติก็คือ ควรบรรจุของเหลวลงในถังหรือไม้ก็ปล่อยให้ว่างเปล่า



รูปที่ 41

3.4.5 Surface Permeability คือ ความสามารถในการดูดซับบนพื้นผิว – เป็นลักษณะของห้องที่มีส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ใด ๆ ติดตั้งอยู่ เช่น ห้องเก็บสินค้า ห้องเครื่องจักรต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้น ถ้าเกิดความเสียหาย เช่น น้ำท่วมบางส่วน ผิวของผิวหน้าอิสระจึงเกิดขึ้นไม่เต็มพื้นที่ ผลกระทบต่อการทรงตัวจึงลดลง การหาค่าผลกระทบจากผิวหน้าอิสระในกรณีที่ผิวหน้าไม่อิสระเต็มพื้นที่นั้นค่อนข้างยุ่งยาก บางครั้งอาจไม่ต้องคำนึงถึง โดยอาจจะทำในลักษณะลดค่าผลกระทบเป็นสัดส่วนลงมาจากกรณี ผิวหน้าอิสระเต็มพื้นที่ แต่อย่างไรก็ตามการละเลยไม่คิดถึงผลกระทบเช่นนี้อาจทำให้ผลการคำนวณการทรงตัวผิดพลาดได้บ้าง

3.4.5 Free Communication Effect คือ ผลกระทบที่เกิด จากน้ำท่วมห้องนอกศูนย์กลาง (Off Center Flood) อีกทั้ง

ข้างเรือเปิดติดต่อกับทะเล (Shell Open to Sea) ดังรูปที่ 42

- เมื่อเรือได้รับความเสียหายในลักษณะ Free Communication จุดศูนย์กลางน้ำหนักเดิมอยู่ที่ G_1 จะเคลื่อนไปที่ G_2 ในขณะที่น้ำไหลเข้าห้องจะเกิด Free Surface แต่เมื่อเรือเอียงต่อไปอีกทำให้น้ำจำนวนหนึ่งไหลเข้ามาอีกทำให้จุดศูนย์กลางน้ำหนักเคลื่อนจาก G_2 ไปยัง G_4 อีกครั้งหนึ่ง ในทำนองเดียวกัน เมื่อเรือเอียงไปในทิศตรงข้าม (ห้องที่น้ำท่วมยกตัวสูงขึ้น) จะเกิดผิวน้ำอิสระจำนวนหนึ่งและน้ำจำนวนหนึ่งไหลออกจึงเข้าลักษณะการถอดถอนน้ำหนักนอกเส้นศูนย์กลางลำทางขวาง การเคลื่อนของจุด G จึงเคลื่อนจาก $G_1 \rightarrow G_2 \rightarrow G_4$ ตามลำดับ

- จากเหตุนี้สามารถที่จะหา การเปลี่ยนแปลงของจุด G ได้โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับการคำนวณผลกระทบจากผิวน้ำอิสระ โดยลากเส้นแนวตั้งจาก G_4 ตัดแกนเส้นศูนย์กลางลำทางขวางที่ G_5 และลากเส้น G_5 ขนานกับแนวระนาบตัดเส้นต่อแนวแรงลอยตัว (Buoyancy Force) ที่จุด Z_5 ทำให้ระยะ $G_5Z_5 = G_4Z_4$ เป็นแกนโมเมนต์ตั้งตรงเมื่อเรือเสียหายในลักษณะนี้

- ผลกระทบต่อ Initial Stability คือเกิดการสูญเสียความสูงศูนย์กลางเสถียรเพิ่มขึ้นกว่าการเกิด ผิวน้ำอิสระตามปกติ เพราะจุด G เพิ่มขึ้นอีกดังนี้

$$G_3G_5 = \frac{a \cdot y^2}{\nabla}$$

โดย a = พื้นที่ของห้องที่เกิด F.C. = $b \times l$ (A^2)
 y = ระยะจากศูนย์กลางห้องที่เกิด FC เทียบกับแนว CL ของเรือ (ft.)
 ∇ = ปริมาตรระวางขับน้ำปัจจุบัน

- ผลกระทบต่อ Over-all Stability คือจะเกิดการสูญเสียแกน โมเมนต์ตั้งตรงใน 2 ลักษณะ คือ(ดูรูปที่ 43)

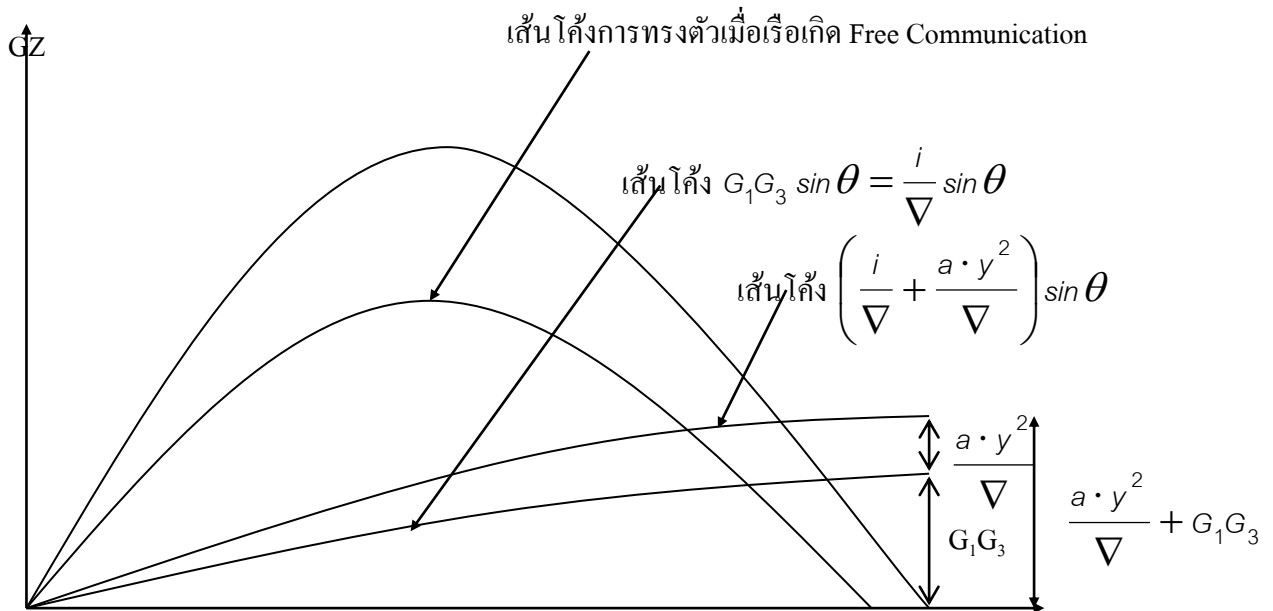
3.4.5.1 การเกิดผิวน้ำอิสระ ทำให้จุด G เคลื่อนที่จาก G_1 ไปยัง G_3 จึงสูญเสียแกนโมเมนต์ตั้งตรงในแต่ละมุมเอียง ดังนี้

$$\text{ความสูญเสียแกนโมเมนต์ตั้งตรงจากผิวน้ำอิสระ} = G_1G_3 \sin \theta$$

$$= \left(\frac{i}{\nabla} \right) \sin \theta$$

3.4.5.2 ผลกระทบของ Free Communication ทำให้จุด G เลื่อนจาก G_3 ต่ไปยัง G_5 จึงสูญเสียแกนโมเมนต์ที่ตั้งตรงในแต่ละมุมเอียง อีกดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความสูญเสียแกนโมเมนต์ที่ตั้งตรงจากผลของ Free Communication} &= G_3 G^5 \sin \theta \\ &= \left(\frac{a y^2}{\nabla} \right) \sin \theta \end{aligned}$$



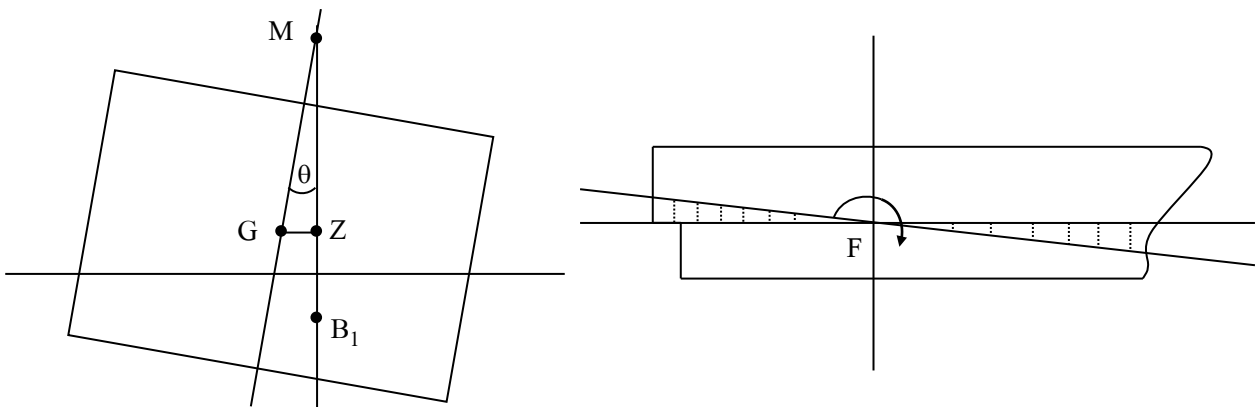
รูปที่ 43

14. ทริม

(TRIM)

1. กล่าวโดยทั่วไป

จากที่ทราบแล้วว่าการเอียงในทางขวางของเรือ(List)เกิดขึ้นเนื่องจากแรงจากน้ำหนัก (Weight) กระทำในทิศตรงข้ามและเอียงศูนย์กลางกับแรงลอยตัว (Buoyancy) ทำให้เกิดโมเมนต์คู่ควบเอียงเรือ ไปกราบใดกราบหนึ่ง กระบวนการนี้จะสัมพันธ์กับตำแหน่งจุดศูนย์กลางการลอยในทางขวางของเรือ (Vertical Center of Buoyancy, VCB หรือระยะ KB) ในหัวข้อนี้จะอธิบายเกี่ยวกับความเอียงในทางยาวของเรือ (Longitudinal Inclination) หรือที่เรียกว่า “ทริม (Trim)” การเอียงในทางยาวจะมีลักษณะคล้ายกับการเอียงในทางขวางคือเกิดจากโมเมนต์ของแรงเอียงศูนย์กลาง โมเมนต์นี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า “Trimming Moment” ซึ่งจะสัมพันธ์กับตำแหน่งจุดศูนย์กลางการลอยทางยาวของเรือ (Longitudinal Center of Flotation, LCF) การเอียงในทางยาวสามารถแสดงได้ทั้งในลักษณะมุมเอียงที่เทียบกับแนวเส้นฐานอ้างอิง (Baseline) หรือเทียบกับระนาบพื้นที่แนวน้ำ หรือในลักษณะความแตกต่างระหว่างระดับกินน้ำลึกหัวเรือและท้ายเรือ การพิจารณาทริมเรือมีประโยชน์ในการควบคุมเรือให้มีประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนที่ดี มีความทนทะเล การหันเลี้ยว ความเร็ว และระยะจมของใบจักรหรือ Bulbous Bow ที่เหมาะสม รวมทั้งให้มีการกระจายการบรรทุกที่เอื้ออำนวยกับสิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมา ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานในเรือควรให้ความสำคัญต่อการควบคุมและปรับแต่งทริมของเรือเป็นอย่างมาก



รูปที่ 44 การเอียงทางขวางและทางยาวของเรือ

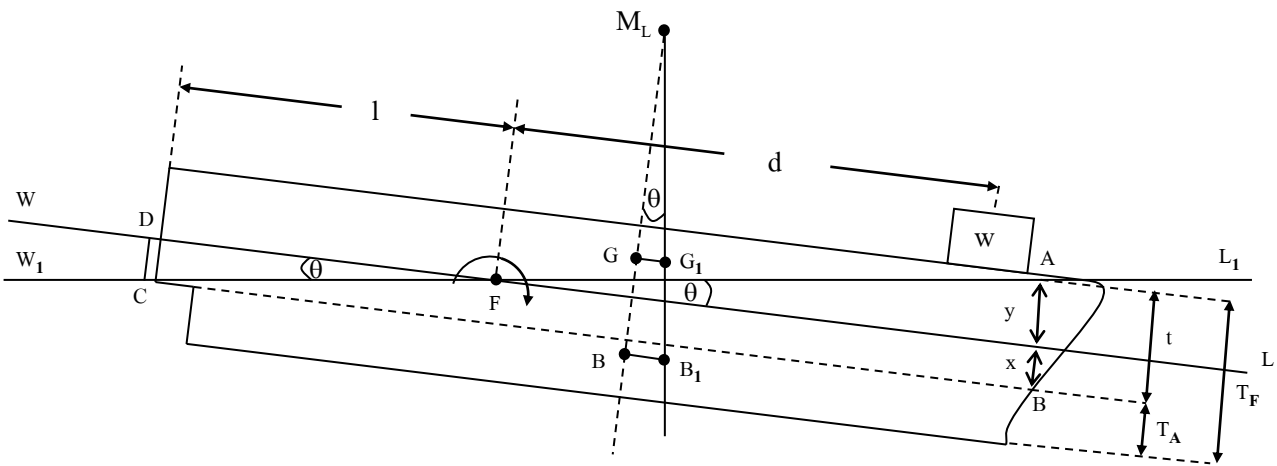
1.1 จุดศูนย์กลางการลอยในทางยาวของเรือ (Center of Flotation, LCF)

จุดศูนย์กลางการลอยทางยาวเป็นจุดศูนย์กลางการหมุนของพื้นที่แนวน้ำในขณะที่เรือเอียงในทางยาว นิยมเขียนด้วยสัญลักษณ์ “F” ซึ่งจุด F เป็นจุดเดียวกับ Centroid ของพื้นที่แนวน้ำขณะนั้น ด้วย เมื่อเป็นเช่นนี้ในกรณีที่เกิดทริมโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักภายในเรือ (เช่น เคลื่อนย้ายน้ำหนักในแนวทางยาวของเรือ) จุด F จะยังคงอยู่ที่ระดับกินน้ำลึกเท่าเดิม และถ้าเพิ่มน้ำหนักหรือเอาน้ำหนักออกจากจุด F ของเรือพอดีจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทริมเกิดขึ้นเพราะเป็นการทำให้เรือลอยขึ้นหรือจมลงขนานกับแนวระดับน้ำเดิม (Parallel Sinkage) แต่อย่างไรก็ตามถ้าน้ำหนักที่เพิ่มหรือเอาออก ดังกล่าวมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับระวางขับน้ำของเรือ (ประมาณ 5% ขึ้นไป) จะทำให้ระดับกินน้ำลึกและพื้นที่แนวน้ำของเรือเปลี่ยนแปลงไปมากส่งผลให้ทั้งจุด F ซึ่งเป็น Centroid ของพื้นที่แนวน้ำและจุดศูนย์กลางเสถียรทางยาว (Longitudinal Metacenter, M_L) ของเรือเลื่อนไป ตำแหน่งของจุด F ที่ระดับกินน้ำ

ลึกต่าง ๆ ของเรือสามารถดูได้จากเส้นโค้ง Hydrostatic ซึ่งมักเป็นข้อมูลที่เทียบกับแนวอ้างอิงใดๆ เช่น แนว Amidships ของเรือ

1.2 โมเมนต์ที่ทำให้ทรिमเรือเปลี่ยน (Moment to Change Trim, M.T.)

เมื่อมีการเคลื่อนย้ายน้ำหนักไปตามทางยาวของเรือจะทำให้จุดศูนย์กลางถ่วงในทางยาว (Longitudinal Center of Gravity, LCG) ของเรือเคลื่อนที่ไป และเรือจะเอียงตามทางยาวทำให้ระดับกินน้ำลึกที่หัวเรือและท้ายเรือเปลี่ยนแปลงไป ผลต่างของระดับกินน้ำลึกดังกล่าวเรียกว่า “ทรिम (Trim)” ถ้าระดับกินน้ำลึกที่ด้านใดมากกว่าจะเรียกว่าเกิดทริมที่ด้านนั้น หากกินน้ำลึกที่หัวเรือและท้ายเรือเท่ากันจะถือว่าขณะนั้นเรือไม่เกิดทริม ดังนั้นเรือที่กระดุกขนานกับเส้นแนวนอนจะเรียก สถานะการกินน้ำลึกขณะนั้นว่าเป็น “On an Even Keel” ดังที่กล่าวแล้วว่าการที่เรือเอียงในทางยาวได้ก็เพราะเกิดโมเมนต์ปริมาณหนึ่งกระทำรอบจุดศูนย์กลางการลอยทางยาวของเรือจึงเรียก โมเมนต์ชนิดนี้ว่าเป็น โมเมนต์ที่ทำให้ทรिमเรือเปลี่ยน ซึ่งนิยามวัดต่อหนึ่งหน่วยระยะทริมที่เปลี่ยน เช่น 1 cm. ดังนั้นจึงเรียกว่าเป็น “Moment to Change Trim 1 cm.;M.C.T.1cm.)” หรือวัดระยะเปลี่ยนเป็นนิ้วที่เรียกว่า “Moment to Change Trim 1 inch ;M.C.T.1inch)”



รูปที่ 45 โมเมนต์ทำให้เกิด Trim และการเคลื่อนที่ของจุด G, B

จากรูปที่ 45 เมื่อน้ำหนัก w ถูกเคลื่อนย้ายจากท้ายเรือไปยังหัวเรือเป็นระยะ d โมเมนต์รอบจุด F (ขนาด $w \times d$) จะทำให้หัวเรือจมน้ำเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสมดุลที่ระดับเส้นแนวนอน W_1L_1 ทำให้จุดศูนย์กลางถ่วงเรือและจุดศูนย์กลางการลอยของปริมาตรส่วนที่อยู่ใต้น้ำของเรือเคลื่อนที่ไปอยู่ที่ G_1 และ B_1 ตามลำดับ ถ้าเรือเอียงทางยาวเล็กน้อย (θ น้อยๆ) จุดตัดระหว่างเส้นตั้งฉากที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางการลอยเดิมกับจุดศูนย์กลางการลอยแห่งใหม่คือตำแหน่งของจุดศูนย์กลางเสถียรทางยาว (Longitudinal Metacenter) ซึ่งนิยามใช้สัญลักษณ์ M_L ในขณะที่ ระยะ GM_L คือความสูงศูนย์กลางเสถียรทางยาว (Longitudinal Metacentric Height) และ BM_L คือรัศมีศูนย์กลางเสถียรทางยาว (Longitudinal Metacentric Radius) ซึ่งสามารถคำนวณได้ด้วยความสัมพันธ์เช่นเดียวกับรัศมีศูนย์กลางเสถียรทางขวางของเรือ (BM_T) คือ

$$BM_L = \frac{I}{\nabla} \quad (45)$$

โดย $I_L =$ โมเมนต์อินเนอร์เซียทางยาว (Longitudinal Moment of Inertia)
 ขึ้นอยู่กับรูปร่างของพื้นที่แนวน้ำขณะนั้น มีหน่วยเป็น (หน่วย)⁴
 $\nabla =$ ปริมาตรส่วนแทนที่น้ำขณะนั้นของเรือ มีหน่วยเป็น (หน่วย)³

เนื่องจากเรือมีอัตราส่วนความยาวต่อกินน้ำลึก $\left(\frac{L}{T}\right)$ ค่อนข้างสูง ดังนั้น ระยะ BG จึงสั้นมากเมื่อเทียบกับระยะ BM_L ทำให้ $BM_L \approx GM_L$ ซึ่งความสัมพันธ์นี้เป็นเอกลักษณ์ที่สำคัญประการหนึ่งในการพิจารณาการทรงตัวทางยาวของเรือ จากความสัมพันธ์ของด้านในสามเหลี่ยมคล้าย M_LGG_1 และ ABC ดังนั้น

$$\frac{GG_1}{GM_L} = \frac{AB}{BC} \quad (46)$$

ถ้าให้เรือเปลี่ยนทริมเพียง 1 cm. ($AB = 1$ cm.) โดยที่เรือยาว $(100 \times L)$ cm. (L มีหน่วยเป็น m.)

ดังนั้น

$$GG_1 = GM_L \frac{AB}{BC}$$

$$= GM_L \frac{1}{100L}$$

โดย $GG_1 = \frac{w \times d}{\Delta}$ ดังนั้น โมเมนต์ขนาด $(w \times d)$ ที่ทำให้ทริมเรือเปลี่ยน 1 cm. (M.C.T.1cm.)

มีค่าเท่ากับ

$$M.C.T.1cm. = \frac{\Delta \cdot GM_L}{100L} \quad (47)$$

และเช่นเดียวกันถ้ากำหนดให้เรือยาว $(12 \times L)$ นิ้ว (L มีหน่วยเป็น ft.) จะคำนวณโมเมนต์ที่ทำให้ทริมเรือเปลี่ยน 1 inch ได้จากสมการ

$$M.C.T.1\text{ inch} = \frac{\Delta \cdot GM_L}{12L} \quad (48)$$

โมเมนต์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับทริมจะเรียกว่าเป็น “Trimming Moment” ซึ่งถ้าทราบขนาดของทริมและ M.C.T. ดังในสมการที่ (47) หรือ (48) จะสามารถคำนวณปริมาณโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ ดังนี้

$$\text{Trimming Moment} = M.C.T. \times t \quad (49)$$

โดย $M.C.T.$ = Moment to Change Trim ต่อ 1 cm. หรือ 1 inch
 t = ระยะทริมเปลี่ยนในหน่วยที่สอดคล้องกับ $M.C.T.$

2. การคำนวณเกี่ยวกับทริม

2.1 การคำนวณระดับกินน้ำลึกเมื่อทริมเปลี่ยน

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทริมเรือ ระดับกินน้ำลึกที่หัวเรือและท้ายเรือย่อมเปลี่ยนไป โดยเรือจะกินน้ำลึกเพิ่มขึ้นด้านหนึ่งในขณะที่อีกด้านจะกินน้ำลึกลดลง ระยะกินน้ำลึกที่เปลี่ยนไปดังกล่าวคำนวณได้โดยพิจารณาเรือที่กำลังเกิดทริมดังในรูปที่ 45 ซึ่งน้ำหนัก w ถูกเคลื่อนมาจากท้ายเรือเป็นระยะ d ทำให้ระดับกินน้ำลึกที่ท้ายเรือและหัวเรือเปลี่ยนไปเป็นระยะ x และ y ตามลำดับ ถ้ากำหนดให้จุดศูนย์กลางการลอยทางยาว (จุด F) อยู่ห่างจากท้ายเรือเป็นระยะ l ดังนั้นจากความสัมพันธ์ของด้านในสามเหลี่ยมคล้าย DCF และ ABC พบว่า

$$\frac{x}{l} = \frac{t}{L} \quad (50)$$

โดย x = การเปลี่ยนแปลงระยะกินน้ำลึกที่ท้ายเรือ

l = ระยะจุดศูนย์กลางการลอยทางยาว (จากท้ายเรือ)

t = ระยะทริมที่เปลี่ยนไป

L = ความยาวที่พื้นที่แนวน้ำของเรือ

2.2 การคำนวณเกี่ยวกับทริมเมื่อต้องการรักษาระดับกินน้ำลึกท้ายเรือไว้

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของน้ำหนักบนเรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงระดับกินน้ำลึกของเรือเกิดขึ้น ซึ่งในบางโอกาสมีความจำเป็นที่จะต้องรักษาระดับกินน้ำลึกของท้ายเรือไว้เท่าเดิม เช่น ต้องการให้เรือเกิดทริมทางท้ายเพื่อประสิทธิภาพการขับเคลื่อนตามที่ได้ออกแบบเอาไว้ หรือเพื่อการเดินในร่องน้ำจำกัดได้อย่างปลอดภัยในการนี้อาจใช้ประโยชน์จากการปฏิบัติการเกี่ยวกับน้ำหนักตรงตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อช่วยรักษาระดับกินน้ำลึกของท้ายเรือเอาไว้ ถ้ากำหนดให้วางน้ำหนักหรือเอาน้ำหนักออกห่างจากจุด F ไปทางหัวเรือเป็นระยะ d ดังนั้นจากความสัมพันธ์ของระยะดังในรูปที่ 45 พบว่าระยะกินน้ำลึกท้ายเรือจะเปลี่ยนแปลงด้วยความสัมพันธ์ $x = (l/L) \cdot t$ ถ้าสมมติให้น้ำหนักดังกล่าวมีปริมาณเท่ากับ w น้ำหนักนี้ถ้ากระทำตรงจุด F จะทำให้เรือลอยหรือจมแบบขนานเป็นระยะเท่ากับ $w/T.P.C.$ cm. ดังนั้นการคำนวณในลักษณะนี้จึงต้องกำหนดให้ท้ายเรือเปลี่ยนแปลงในทางตรงกันข้ามเท่ากับระยะดังกล่าว

ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงระยะกินน้ำลึกของเรือ (x) = Parallel Sinkage (เป็นการลอยหรือจมแบบขนาน)

หรือ
$$x = \frac{l}{L} \times t = \frac{w}{T.P.C.}$$

แต่
$$t = \frac{\text{Trimming Moment}}{M.C.T.1 \text{ cm.}} = \frac{w \times d}{M.C.T.1 \text{ cm.}}$$

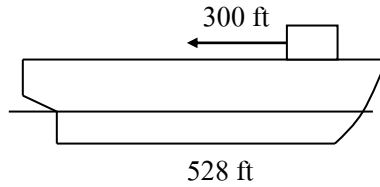
ทำให้
$$\frac{l \times w \times d}{L \times M.C.T.1 \text{ cm.}} = \frac{w}{T.P.C.}$$

ดังนั้น
$$d = \frac{L \times M.C.T.1 \text{ cm.}}{l \times T.P.C.} \quad (51)$$

โดย d = ระยะจากจุด F ไปถึงจุดที่ทำกรวางน้ำหนัก (วัดไปทางหัวเรือ)
 L = ความยาวที่แนวน้ำของเรือ
 l = ระยะจากท้ายเรือถึงจุด Center of Flotation (F)
 w = น้ำหนักที่กระทำ

ตัวอย่าง ถ้ำอมกัณฑ์ จำนวน 50 ตัน บนเรือขนาดยาว 528 ฟุต ดังในรูป ถูกเคลื่อนย้ายไปทางท้ายเรือเป็นระยะ 300 ฟุต จงคำนวณหาสถานการณ์การกินน้ำลึกใหม่ของเรือ

กำหนดให้ Δ = 11,800 ตัน
 T_F = 19 ฟุต 9 นิ้ว
 T_A = 20 ฟุต 3 นิ้ว



$BM_L \approx GM_L$ = 1150 ฟุต (อ่านจากเส้นโค้ง Hydrostatic ของเรือ ที่ระวางจมน้ำ 11,800 ตัน)

LCF อยู่ที่กึ่งกลางลำ

วิธีทำ จาก MCT 1 inch = $\frac{\Delta \cdot GM_L}{12L}$

ดังนั้น โมเมนต์เปลี่ยนทริมท้าย 1 นิ้ว มีค่าเท่ากับ $\frac{11800 \times 1150}{12 \times 528} = 1,940 \frac{\text{ton} \cdot \text{ft}^2}{\text{inch}}$

และโมเมนต์ที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายน้ำหนักมีปริมาณ = $50 \times 300 = 15,000$ ฟุต-ตัน

เพราะฉะนั้น เรือเปลี่ยนทริมไป $t = \frac{15000}{1940} = 8$ นิ้ว

จาก $\frac{x}{l} = \frac{t}{L}$ โดยที่ $l = \frac{L}{2} = \frac{528}{2} = 264$ ฟุต

\therefore ทริมท้ายเปลี่ยน $x = \frac{t \cdot l}{L} = \frac{8}{12} \times \frac{264}{528} = 4$ นิ้ว

ดังนั้นทริมหัวเปลี่ยน = $t - x = 8 - 4 = 4$ นิ้ว

	กินน้ำลึกหัว	กินน้ำลึกท้าย
สภาพเดิม	19' 9"	20' 3"
เปลี่ยนทริม	- 4"	+ 4"
สภาพใหม่	19' 5"	20' 7"

3. ปฏิบัติการเกี่ยวกับทริม

3.1 คำแนะนำโดยทั่วไป

เรือส่วนใหญ่ออกแบบให้มีระดับกินน้ำลึกหัว – ท้ายเท่ากัน (ทริมเป็นศูนย์) การพยายามรักษาระดับกินน้ำลึกของเรือให้ใกล้เคียงกับแนวน้ำออกแบบ (Designed Waterline) มากที่สุดย่อมเป็นหลักประกันถึงประสิทธิภาพการขับเคลื่อนและบังคับหันเลี้ยวดีที่สุดตามขอบเขตที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้

เรือบางลำถูกออกแบบให้มีระดับกินน้ำลึกท้ายเรือมากกว่าหัวเรือ เล็กน้อย (ทริมท้าย) ทั้งนี้เพื่อประโยชน์

ในการบังคับเรือในน่านน้ำจำกัด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อต้องนำเรือเข้าร่องน้ำที่ต้องระมัดระวังเรื่องความลึกของระดับน้ำควรพยายามแต่งเรือให้เกิดทริมน้อยที่สุด

เรือขนาดเล็กบางลำถูกออกแบบให้มีระดับกินน้ำลึกท้ายเรือมากกว่าหัวเรืออย่างเห็นได้ชัด ลักษณะนี้บางทีเรียกว่า “Drag” การวัดระยะทริมที่เปลี่ยนไปของเรือในลักษณะ Drag เพื่อนำไปเป็นประโยชน์ในการคำนวณให้วัดจากความแตกต่างของระดับกินน้ำลึกหัวท้ายที่เปลี่ยนไปจากสภาพ Drag

3.2 คำแนะนำเมื่อทริมมีปริมาณมาก

การเกิดทริมมากไม่ว่าจะเป็นทริมท้ายหรือทริมหัว ย่อมลดทอนประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเรือ เมื่อเรือกินน้ำลึกแตกต่างไปจากแนวน้ำออกแบบ ย่อมทำให้ความสามารถในการทำความเร็วสูงสุด ลดลง ในการรักษาความเร็วที่ต้องการต่าง ๆ ย่อมต้องสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากขึ้น

การเกิดทริมหัวมาก ๆ ย่อมทำให้ใบจักรท้ายเรือจมน้ำน้อยลง เป็นผลให้ประสิทธิภาพใบจักร ลดลง และอาจสร้างความสิ้นเปลืองที่ท้ายเรืออย่างมาก นอกจากนั้น ยังทำให้ส่วนหัวเรือเปียกน้ำ เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งของการพิจารณาผลกระทบจากพลศาสตร์การเคลื่อนที่ของเรือต่อไป

4. ผลกระทบด้านพลศาสตร์การเคลื่อนที่ของเรือ

ในการเตรียมเรือเข้าอู่แห้ง (Dry Docking) ตามข้อแนะนำของ NAVSEA S 9086-CN-S1M-010/CH-079 Volume 1 ระบุว่า การที่เรือเกิดทริมในสัดส่วน 1 ฟุตต่อความยาวเรือ 100 ฟุต อาจเป็นอันตรายต่อการปฏิบัติการได้ นายทหารการอู่หรือเจ้าหน้าที่รับผิดชอบจำต้องพยายามลดทริมให้ได้มากที่สุดเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายดังกล่าว

เรือสินค้าและเรือใช้สอยหลายลำประสบอุบัติเหตุจมน้ำจากการเกิดน้ำท่วมที่หัวเรือ เนื่องจากห้องหัวเรือของเรือประเภทดังกล่าวมีขนาดใหญ่ เมื่อเรือเกิดทริมหัวมาก ๆ น้ำอาจเข้าท่วมห้องเหล่านั้น เกิดโมเมนต์คดหัวเรือมากกว่าโมเมนต์ตั้งตรงเรือทางยาว (Longitudinal Righting Moment) ทำให้หัวเรือจมดิ่ง (Plunging) ในที่สุด ปัญหาชนิดเดียวกันนี้เคยเกิดขึ้นกับเรือพิฆาต (Destroyer) บางลำมาแล้ว

การเกิดผิวน้ำอิสระในเรือส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทรงตัวทางยาว (Longitudinal Stability) น้อยกว่าการทรงตัวทางขวาง (Transverse Stability) เพราะการสูญเสียระยะสูงศูนย์เสถียร ทางยาว (GM_L) และการสูญเสียแขนโมเมนต์ทางยาวมีน้อยกว่า

5. ผลของทริมที่มีต่อการทรงตัวทางขวาง

เส้นโค้งที่แสดงคุณสมบัติทาง Hydrostatic ของเรือ (Hydrostatic Curve) จะถูกสร้างขึ้นมา สอดคล้องกับข้อกำหนดในการออกแบบเรือ เช่น ไม่เกิดทริม ในการนำไปใช้งานโดยทั่วไป ถ้าสภาพปัจจุบันของเรือไม่เกิดทริมมากเกินไป (ไม่เกิน 1% ของความยาวเรือ) ไม่จำเป็นต้องปรับแก้ค่าใด ๆ แต่อย่างไรก็ตาม ทริมที่เกิดขึ้นยังมีผลต่อการทรงตัวทางขวางได้ในกรณีเฉพาะดังนี้

บรรดาเรือช่วยรบและเรือคุ้มกันเรือรบทุกเครื่องบินนั้น ถึงแม้จะปฏิบัติการอยู่ในลักษณะไม่เกิดทริมแต่การเปลี่ยนแปลงที่มีต่อระยะ KM ยังจะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ โดยส่วนใหญ่แล้ว ถ้าเรือจำพวกนี้เกิดทริมทางท้ายระยะ KM จะเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกัน ถ้าเกิดทริมหัวระยะ KM มักลดลง ทำให้บางครั้งจะแสดงเส้นโค้งสำหรับใช้ปรับแก้ค่าระยะ KM ให้ไว้ใน Hydrostatic Curve ด้วย

เรือรบความเร็วสูงที่มีรูปร่างท้ายเรือเหมือนเรือพิฆาตทั่วไป (Destroyer Type Stern) จะเกิดผลกระทบเพียง

เล็กน้อยต่อระยะ KM เมื่อเกิดทริมท้าย แต่หากเป็นกรณีทริมหัวโดยเฉพาะทำให้ท้ายเรือเกือบโผล่พ้นน้ำจนหมดจะทำให้ระยะ KM ลดลงอย่างมาก

ทริมจะเกิดมากควบคู่ไปกับการเอียงมาก ๆ ของเรือซึ่งจะทำให้ดาดฟ้าบนจมน้ำมากขึ้น เสี่ยงต่อความเสียหายด้านการทรงตัวของเรือและความทนทะเล ซึ่งถ้าดาดฟ้าบนจมน้ำไปมาก ๆ ย่อมลดทอนพื้นที่แนวน้ำโดยรวมของเรือลง มักส่งผลให้จุดเปลี่ยนศูนย์เสถียรทางขวาง (จุด M) ลดต่ำลง (ตรวจสอบได้จากเส้นโค้ง Hydrostatic ของเรือทั่วไปที่ระวางจับน้ำมาก ๆ ถ้า C_{wp} หรือ A_{wp} น้อยลง ระยะ KM มักจะน้อยลงด้วย)

15. การทดลองเอียงเรือ (Inclining Experiment)

จากความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะในการทรงตัวของเรือทำให้ทราบว่าตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงและจุดศูนย์กลางการลอยของเรือมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการทรงตัวของเรือโดยตรง โดยพิจารณาได้จากระยะความสูงศูนย์เสถียร (Metacentric Height; \overline{GM}) และรัศมีศูนย์เสถียรการลอยของเรือ (Metacentric Radius; \overline{BM}) เห็นได้ว่าระยะทั้งสองสัมพันธ์กับตำแหน่งจุดศูนย์กลางเสถียรของเรือ (Metacenter; M) โดยตรง การออกแบบเรือในยุคแรก ๆ จะประมาณตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงของเรือจากเรือที่มีรูปร่างคล้ายกันที่พอทราบตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงโดยประมาณบ้างแล้ว และเมื่อคำนวณอย่างละเอียดอีกทีจะทราบตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงจากความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์รวมของบรรดาน้ำหนักทั้งหลายกับปริมาตรน้ำหนักรวมทั้งหมด วิธีการหลังนอกจากจะทำให้ทราบตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงแล้ว ในระหว่างออกแบบยังสามารถควบคุมการกระจายปริมาตรน้ำหนักรวมของเรือให้เหมาะสมไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดได้เป็นอย่างดี ยิ่งระลึกเสมอว่าคุณลักษณะตามธรรมชาติของตำแหน่งศูนย์ถ่วงเรือจะแตกต่างจากตำแหน่งศูนย์เสถียร (M) และศูนย์กลางการลอย (B) ของเรือ กล่าวคือ จุดศูนย์กลางถ่วงเรือเป็นตัวแปรที่ไม่ขึ้นอยู่กับรูปร่างปริมาตรส่วนแทนที่น้ำของเรือ (Volume of Displacement) โดยตรง แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายน้ำหนักภายในเรือ ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะคำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงที่ระดับกินน้ำลึกต่าง ๆ ของเรือไว้ล่วงหน้าเพราะการบรรทุกจนถึงระดับกินน้ำลึกหนึ่ง ๆ นั้นสามารถจัดวางน้ำหนักลงในเรือได้หลายวิธี

วิธีการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงของเรือในขั้นตอนการเตรียมการสร้างกระทำได้คร่าว ๆ โดย แบ่งสถานะการบรรทุกของเรือออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ *ระวางขับน้ำบรรทุกเบา (Light Ship Displacement)* และ *ส่วนที่เป็นความสามารถในการบรรทุก* ซึ่งปริมาณส่วนหลังนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่าเป็น “*Dead Weight*” เห็นได้ว่าการแบ่งในลักษณะนี้จะแยกน้ำหนักของเรือออกมาส่วนหนึ่งและเพื่ออีกส่วนหนึ่งให้เป็นความสามารถในการบรรทุก โดยน้ำหนักส่วนแรกจะคิดเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำหนักประจำหลัก ๆ เช่น ตัวเรือ (Hull), เครื่องจักร, ส่วนประกอบ (Outfits), อุปกรณ์ (Equipment), น้ำในหม้อน้ำถึงระดับใช้การ (ถ้ามี), ของไหลในเครื่องจักรและระบบท่อทาง แต่มักไม่รวมสิ่งต่อไปนี้คือ ของเหลวที่บรรจุอยู่ในถัง (Tank), ลูกเรือ, สัมภาระ, สินค้า อาวุธยุทโธปกรณ์ ซึ่งโดยปกติแล้วนักออกแบบจะกำหนดให้ระดับกินน้ำลึกในสถานะบรรทุกเบาเป็น “*แนวน้ำออกแบบ (Designed Waterline; DWL)*” เรียกสถานะการบรรทุกเช่นนี้ว่าเป็น “*สถานะบรรทุกเบา (Light Ship Displacement)*” ส่วนความสามารถในการบรรทุกนิยมนำเป็น “*Tonnage*” ซึ่งเป็นปริมาตรของระวางบรรทุก (1 Tonnage เท่ากับประมาณ 100 ft^3 หรือ 2.83 m^3) หรืออีกนัยหนึ่งคือความสามารถในการบรรทุกที่มีหน่วยเป็นปริมาตร โดยปกติแล้วเมื่อบรรทุกจนเต็มพิกัด (ปริมาตร) ดังกล่าวเรือจะมีระดับกินน้ำลึกอยู่ที่ เส้นแนวน้ำฤดูร้อน (Summer Draft) พอดี และเรียกสถานะบรรทุกเช่นนี้ว่าเป็น “*ระวางขับน้ำบรรทุก (Loaded Displacement)*”

ดังนั้น Dead Weight คือผลต่างระหว่าง Loaded Displacement กับ Light Ship Displacement และมักจะคำนวณตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงของเรือทั้งสองสถานะนี้ไว้ล่วงหน้า แต่อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะทราบข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักในเรือได้อย่างละเอียด ตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงที่ได้จากการคำนวณจึงเป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น การหา

ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงที่แท้จริงจะทำให้ด้วยการทดลองเอียงเรือ (Inclining Experiment) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะกับเรือที่ต่อขึ้นใหม่และเรือที่มีการเปลี่ยนแปลงรายการน้ำหนักเป็นปริมาณมาก ๆ

การทดลองเอียงเรืออาศัยหลักการสมดุลในการลอยของเรือผนวกกับความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายน้ำหนักภายในเรือดังที่ได้อธิบายไปก่อนหน้านี้ ก่อนทำการทดลองเอียงเรือจะต้องประมาณจำนวนน้ำหนัก(w) และระยะเคลื่อน(d) ของน้ำหนักที่จะใช้ทดลอง น้ำหนักที่ใช้ควรเป็นปริมาณที่ทำให้เรือเอียงเพียงเล็กน้อยก็พอ กำหนดล่วงหน้าได้ด้วยการคำนวณย้อนกลับโดยอาศัยค่าความสูงศูนย์เสถียรโดยประมาณของเรือและระยะที่คาดว่าจะเคลื่อนย้ายน้ำหนักดังกล่าว การประมาณความสูงศูนย์เสถียรนั้นอาจนำมาจากเรือที่มีลักษณะคล้ายกันหรือคัดแปลงจากข้อมูลทดลองเอียงเรือครั้งล่าสุด ส่วนระยะที่จะเคลื่อนย้ายน้ำหนักให้ดูตามความเหมาะสมของสถานที่และให้สอดคล้องกับมุมเอียงที่คาดไว้ ซึ่งโดยปกติแล้วจะต้องเตรียมน้ำหนักไว้หลายชุดและจัดให้มีการเคลื่อนย้ายทั้งในทางขวางและทางตามยาวของเรือ ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องของการทดลองและเป็นการกระจายน้ำหนักมิให้ก่ดทับที่ใดที่หนึ่งเป็นปริมาณมาก ๆ เมื่อกำหนดขนาดและตำแหน่งที่วางเรียบร้อยแล้วให้ทำเครื่องหมายขนาดของน้ำหนักแต่ละก้อนพร้อมทั้งตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของน้ำหนักแต่ละก้อนไว้ให้ชัดเจน วิธีการเคลื่อนย้ายอาจใช้รางเลื่อนหรือเครื่องมือช่วยยกในเรือเป็นตัวเคลื่อนย้าย ซึ่งเมื่อเคลื่อนย้ายน้ำหนักไปตรงระยะที่กำหนดไว้แล้วจะต้องยึดน้ำหนักนั้น ๆ ไว้ให้อยู่กับที่

การทดลองเอียงเรือมิใช่ว่าจะกระทำเพียงครั้งเดียวแล้วข้อมูลที่ได้จะใช้ได้ตลอดไป หากมีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับตำแหน่งการวางน้ำหนักในเรือหรือกระทำการใด ๆ ที่มีผลต่อน้ำหนักรวมของเรือก็ควรที่จะต้องทดลองเอียงเรือเพื่อหาความสูงศูนย์เสถียรของเรือ(GM) เสมอ

1 การเตรียมการและการปฏิบัติในการทดลองเอียงเรือ สรุปได้ดังนี้

1.1 ขั้นตอนเตรียมการ

ก่อนที่จะทำการทดลองเอียงเรือจะต้องมีการเตรียมการล่วงหน้าอย่างถูกต้อง *คำแนะนำสำหรับการเตรียมการที่สำคัญมีดังนี้*

1.1.1 ควรทดลองเอียงเรือในน้ำนิ่งในขณะที่กระแสลมมีกำลังอ่อนเพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลของลมและคลื่นที่อาจมีต่อการทดลอง ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนและเสียเวลามาก หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ให้หันหัวเรือหรือท้ายเรือสู่ลมไว้ตลอดเวลา สถานที่ซึ่งนับว่าเหมาะสมกับการทดลองเอียงเรือมากที่สุดคือภายในอ่างของอุเรือ

1.1.2 ในขณะที่ทดลองควรปล่อยให้เรือลอยได้อย่างอิสระไม่มีสิ่งใดขัดขวางการลอยของเรือ เชือกที่ผูกเรือต้องคลายหรือปลดออกทั้งหมดและต้องพร้อมที่จะเข้าควบคุมเรือได้ทุกขณะ นอกจากนั้นต้องแน่ใจว่าระดับน้ำขณะทดลองสูงพอที่ท้องเรือจะไม่แตะกับพื้นหรือโดนกับวัตถุข้างเรือหรือวัตถุใต้น้ำใด ๆ ในระหว่างทำการทดลอง

1.1.3 ผูกมัดและจัดเก็บสิ่งของต่าง ๆ บนเรือมิให้เคลื่อนที่ได้ ตรวจสอบบรรดาน้ำหนักที่แขวนอยู่ (Swinging Weight) เช่น เรือช่วยชีวิต ลอกขนาดใหญ่ สิ่งของในที่ลับตา ... ฯลฯ โดยยึดไว้ให้มั่นคงในขณะทดลอง เพราะการแกว่งไปมาของน้ำหนักต่าง ๆ ในเรือจะส่งผลกับความละเอียดในการทดลองและระยะเวลาในการทดลอง

1.1.4 ไม่ควรให้มีผลของผิวหน้าอิสระ (Free Surface Effects) เกิดขึ้นขณะทดลองโดยพยายามบรรจุของเหลวในถัง (Tank) ต่าง ๆ ให้เต็มหรือมีระยะที่ปล่อยให้ว่าง หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ให้วัดปริมาตรของเหลวที่เกิดผิวหน้าอิสระทั้งหมดให้ละเอียดที่สุดเพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณค่าแก้ไขเนื่องจากผิวหน้าอิสระ (Free Surface Correction; FSC) ดังกล่าว ส่วนของเหลวตามช่องทางต่าง ๆ เช่น ระบบระบายความร้อน ระบบปรับอากาศ ฯลฯ ให้บรรจุไว้ใกล้เคียงกับสภาพใช้การจริง

1.1.5 ในขณะที่ทำการทดลองผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องทั้งหมดไม่ควรที่จะอยู่บนเรือ และควรจัดผู้ปฏิบัติการในเรือให้มีจำนวนและอยู่ในตำแหน่งที่มีสภาพใกล้เคียงกับการใช้งานจริงของเรือ

1.1.6 ก่อนเริ่มทำการทดลองควรปรับแต่งเรือให้ตั้งตรงมากที่สุด ในกรณีที่เรือไม่สามารถลอยตั้งตรงได้ให้บันทึกมุมเอียงแรกเริ่มก่อนทำการทดลองซึ่งเรียกว่า “Residual List” และถ้าเป็นไปได้ไม่ควรให้เรือเกิดทริม (Trim) ถ้าเรือยังมีทริม ต้องแก้ไขให้ถูกต้อง

1.1.7 ต้องทราบความหนาแน่น (Density) ของน้ำในขณะที่ทำการทดลอง โดยใช้ Hydrometer วัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่บริเวณใกล้ ๆ กับที่ทำการทดลองสัก 2-3 แห่ง ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถคำนวณขนาดระวางขับน้ำของเรือได้อย่างถูกต้อง (ต้องปรับแก้ขนาดระวางขับน้ำตามความหนาแน่นของน้ำ) ในกรณีที่ไม่มี Hydrometer ให้วัดอุณหภูมิของน้ำแล้วหาความหนาแน่นจากตารางคุณสมบัติของน้ำนั้น(ค่าแนะนำนี้ไม่เข้มงวดเท่าใดในการทดลองเรือในเขตโซนร้อนเพราะอุณหภูมิของน้ำไม่แตกต่างกันมากในช่วงเวลาทดลอง)

1.1.8 เตรียมน้ำหนักที่ทราบขนาดและตำแหน่งศูนย์กลางถ่วงที่แน่นอน(ประมาณ 0.5% ของระวางขับน้ำ) หากต้องการความละเอียดและมีพื้นที่ในการทดลองมากอาจเตรียมไว้หลายขนาดและควรทำแผนการเคลื่อนย้ายน้ำหนักไว้ล่วงหน้า นำน้ำหนักที่เตรียมไว้ติดตั้งบนเรือในแนวเส้นกึ่งกลางลำเรือ (Centerline) หรือเหนือจุดศูนย์กลางถ่วงของเรือ พร้อมทั้งทำเครื่องหมายขนาดน้ำหนัก จุดที่วางและจุดศูนย์กลางถ่วงของน้ำหนักไว้ให้ชัดเจน ตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงของน้ำหนักจะมีประโยชน์ในการคำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงรวมของเรือทั้งในทางขวาง (KG_T) และทางยาว (LCG) โดยเฉพาะเมื่อมิได้ติดตั้งน้ำหนักเหล่านั้นไว้เหนือจุดศูนย์กลางถ่วงเดิมของเรือพอดี

1.1.9 ติดตั้งลูกดิ่ง(ทำด้วยโลหะน้ำหนักประมาณ 5 – 10 ปอนด์)และสายดิ่งที่ทราบระยะแน่นอนและสามารถวัดความเบี่ยงเบนได้ (ควรมี 2 ชุด หรือมากกว่าเพื่อเปรียบเทียบกัน) โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งในแนวเส้นกึ่งกลางลำเรือ แต่ต้องระวังมิให้ถูกรบกวนโดยลม หากมีสายดิ่งหลายชุดให้ติดตั้งไว้ตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น ที่ หัวเรือ ท้ายเรือ และกลางลำ

1.1.10 ควรที่จะทราบค่าประมาณของความสูงศูนย์กลางเสถียร (GM) ในปัจจุบันของเรือ ถ้าเป็นเรือที่ต่อใหม่และทดลองเป็นครั้งแรกค่านี้จะได้จากการคำนวณหรือประมาณจากเรือที่มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกัน หากเป็นการทดลองหลังจากดัดแปลงน้ำหนักต่าง ๆ ในเรือให้ประมาณจากเส้นโค้ง Hydrostatic หรือจากผลการทดลองครั้งล่าสุด เหตุผลที่จำเป็นต้องทราบระยะโดยประมาณดังกล่าวก่อนทำการทดลองก็เพื่อที่จะสามารถเตรียมน้ำหนักและระยะเคลื่อนย้ายที่เหมาะสม ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและการคาดหวังผลการคำนวณที่ถูกต้องเชื่อถือได้นอกจากนั้นยังช่วยให้ทราบระวางขับน้ำในขณะที่ทดลองอีกด้วย (น้ำหนักเรือ+น้ำหนักที่ใช้เคลื่อนย้าย) โดยดูจากเส้นโค้ง Hydrostatic หรือคำนวณโดยตรง

1.2 การปฏิบัติในขณะทดลอง

หลังจากเตรียมการล่วงหน้าอย่างถูกต้องต่อไปให้ดำเนินการดังนี้

1.2.1 คลายเชือกให้เรือลอยอย่างอิสระ

- บันทึกอุณหภูมิและความต้งจำเพาะของน้ำขณะนั้น
- บันทึกระดับกินน้ำลึกของหัวเรือและท้ายเรือเพื่อคำนวณทริม (Trim)
- บันทึกมุมมองเริ่มแรกก่อนทำการทดลองเอียงเรือ (Residual List) (ถ้ามี)

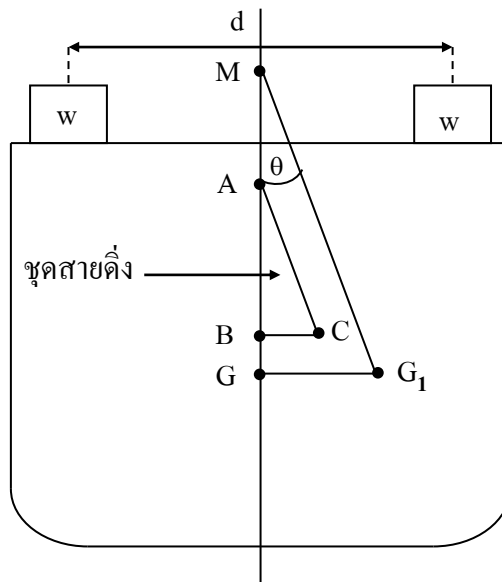
1.2.2 เคลื่อนน้ำหนักตามแผนที่เตรียมไว้ซึ่งอาจใช้ล้อเลื่อนหรืออุปกรณ์ช่วยยกในเรือเมื่อเลื่อนย้ายเสร็จให้ผูกมัดน้ำหนักไว้ให้แน่น

- บันทึกปริมาณน้ำหนักที่เคลื่อนย้ายในแต่ละครั้ง
- บันทึกความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วงของน้ำหนักที่เคลื่อนย้ายสูงขึ้นหรือต่ำกว่าแนวที่วาง
- บันทึกระยะที่เคลื่อนย้าย (d)

1.2.3 การเคลื่อนย้ายน้ำหนักแต่ละครั้งจะทำให้เรือเอียงเป็นมุมเล็ก ๆ ในเบื้องต้นเรือจะโคลงไปมา ซึ่งจะต้องรอให้เรือและสายดิ่งนิ่งแล้วจึงจดระยะที่สายดิ่งเบี่ยงเบนไป พร้อมทั้งมุมมองที่เกิดขึ้น (ถ้าวัดได้) (ระยะ BC และ มุม θ ในรูปที่ 46)

1.2.4 ทำซ้ำข้อ 1 ถึง 3 ด้วยการใช้น้ำหนักและระยะเคลื่อนย้ายอื่นตามแผนที่เตรียมไว้ (ถ้ามี)

1.2.5 นำมุมมอง ขนาดน้ำหนัก และระยะการเคลื่อนย้ายที่บันทึกไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่เป็นความสูงศูนย์กลางเสถียร (GM) ของเรือต่อไป



รูปที่ 46

1.3 การปฏิบัติการเคลื่อนย้ายน้ำหนักวิเคราะห์ได้ดังนี้

เมื่อน้ำหนักปริมาณ w ถูกเคลื่อนเป็นระยะ d ดังในรูปที่ 46 จะทำให้จุดศูนย์กลางถ่วงของเรือเคลื่อนที่จากจุด G ไปยังจุด G_1 ในทิศทางขนาน(โดยประมาณ)กับทางเดินของน้ำหนักที่ถูกเคลื่อนย้าย ซึ่งสามารถคำนวณหาความสูงศูนย์กลางเสถียรได้จากกรวิเคราะห์ สามเหลี่ยมคล้าย ABC และ MGG_1 ได้ดังนี้

จากสามเหลี่ยม ABC $\cot \theta = \frac{AB}{BC}$ หรือ $\tan \theta = \frac{BC}{AB}$ (51)

โดย AB = ความยาวสายค้ำ
 BC = ระยะที่สายค้ำเบี่ยงเบน

และจากสามเหลี่ยม MGG_1 $\cot \theta = \frac{GM}{GG_1}$ หรือ $\tan \theta = \frac{GG_1}{GM}$ (52)

โดย GM = ความสูงศูนย์เสถียรที่ต้องการหา
 GG_1 = ระยะการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงเรือเนื่องจากการเคลื่อนน้ำหนัก w

จากความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยมคล้าย ABC และ MGG_1

$$\frac{GM}{GG_1} = \frac{AB}{BC} \quad (53)$$

โดยที่ระยะ GG_1 เกิดจากการกระทำของโมเมนต์ปริมาตร $w \times d$ ในระบบที่มีระวางขับน้ำเท่ากับ Δ ดังนั้นแทนค่า $GG_1 = \frac{w \times d}{\Delta}$ ลงในสมการที่ (52) จะคำนวณความสูงศูนย์เสถียรได้ดังนี้

$$GM = \frac{AB}{BC} \times \frac{w \times d}{\Delta} \quad (54)$$

จากสมการที่ (54) ถ้าทราบระยะ AB , BC , d , ปริมาตรของน้ำหนัก w และระวางขับน้ำรวมของเรือ (Δ) จะสามารถคำนวณระยะ GM ของเรือที่ระวางขับน้ำเท่ากับ Δ นั้นได้

หมายเหตุ การทดลองเอียงเรือไม่จำเป็นต้องให้เรือเอียงมากเพราะจะทำให้ตำแหน่งศูนย์เสถียรของเรือ (Metacenter) เคลื่อนไป เป็นผลให้การคำนวณผิดพลาด มุมเอียงที่ใช้จึงไม่ควรเกิน 2-3 องศา

ตัวอย่าง หลังจากได้มีการเตรียมการที่ทดลองเอียงเรือลำหนึ่งอย่างถูกต้องพบว่าในสภาพก่อนการทดลอง เรือมีระวางขับน้ำ 8,000 ตัน และมีระยะ $KM = 7$ m. อุปกรณ์ที่เตรียมไว้คือ สายค้ำพร้อมลูกตุ้มยาว 4 m. น้ำหนักจำนวน 25 ตัน สำหรับเคลื่อนย้ายทางขวางจากกราบซ้ายไปยังกราบขวาเป็นระยะ 15 m. ผลจากการเคลื่อนน้ำหนักดังกล่าวทำให้สายค้ำเบี่ยงออกจากแนวเดิมเป็นระยะ 20 cm.

จงคำนวณหา ความสูงศูนย์เสถียรและตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงลำสุดของเรือลำนี้ (สมมุติว่าจุดศูนย์เสถียรอยู่คงที่ตลอดการทดลอง)

วิธีทำ จากสามเหลี่ยมคล้าย ABC และ MGG_1

$$\frac{GM}{GG_1} = \frac{AB}{BC}$$

แทนค่า $w = 25$ tons, $d = 15$ m., $AB = 4$ m., และ $BC = 0.2$ m.

$$\text{ดังนั้น } GM = GG_1 \times \frac{AB}{BC} = \frac{w \times d}{\Delta} \times \frac{AB}{BC} = \frac{25 \times 15}{(8,000 + 25)} \times \frac{4}{0.2} = 0.9346 \text{ m.}$$

เมื่อระยะ KM คงที่ตลอดการทดลอง ดังนั้น

$$KG = KM - GM = 7.0 - 0.9346 = 6.0654 \text{ m.}$$

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าหากต้องการผลการคำนวณที่ละเอียดไม่ควรใช้น้ำหนักเพียงชุดเดียว ซึ่งโดยทั่วไปมักเตรียมน้ำหนักไว้หลายชุดและจัดให้มีการเลื่อนทั้ง 2 กราบของเรือเพื่อเป็นหลักประกันถึงความถูกต้องของการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากตามทฤษฎีแล้วไม่ว่าจะเลื่อนน้ำหนักปริมาณเท่าใดไปทิศทางใดก็ตามค่าความลาดเอียง (Slope) ที่เป็นอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์เอียงเรือกับ Tangent ของมุมเอียง ($\tan \theta$) จะมีค่าคงที่เสมอ (เฉพาะมุมเอียงไม่มาก)

2 การทดลองเอียงเรือโดยวิธีโคลงเรือ (Sallying Ship)

การทดลองเอียงเรือโดยวิธีการโคลงเรือ คือ การหาค่าระยะความสูงศูนย์เสถียรโดยคำนวณจากข้อมูลคาบเวลาของการโคลง (period of roll) ของเรือ การทดลองเอียงเรือโดยวิธีนี้อาจทำขึ้นเนื่องจากไม่พร้อมที่จะเคลื่อนย้ายน้ำหนักตั้งวิธีการก่อนหน้านี้หรือสภาพพื้นที่ในเรือจำกัด ปฏิบัติได้ดังนี้

ก. จัดให้คนประจำเรือจำนวนหนึ่งเคลื่อนที่จากกราบเรือด้านหนึ่งไปยังอีกกราบหนึ่ง เพื่อให้เรือโคลง(จำนวนคนให้พอเพียงกับการเอียง 50 – 100 องศาและต้องสามารถจับเวลาการโคลงเป็นคาบได้ละเอียดแต่อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดของเรือแต่ละลำ)

ข. ให้สัญญาณก่อนที่เรือจะโคลงไปสู่ประมาณ 1 – 2 วินาที เพื่อสั่งให้พลประจำเรือย้ายมาอยู่กลางลำ แล้วปล่อยให้เรือโคลงไปอย่างอิสระ

ค. จับเวลาของการโคลงครบ 1 รอบสมบูรณ์(อาจเฉลี่ยจากคาบการโคลงติดต่อกัน)

ง. ทำซ้ำในข้อ ก.ถึง ค. เพื่อให้ผลคำนวณถูกต้องแน่นอน (อย่างน้อยประมาณ 3 ครั้ง)

จ. คำนวณระยะสูงศูนย์เสถียรจากสมการ

$$GM = \frac{(0.44 \times B)^2}{T}$$

โดย B = ความกว้างที่แนวน้ำของเรือเป็นฟุต

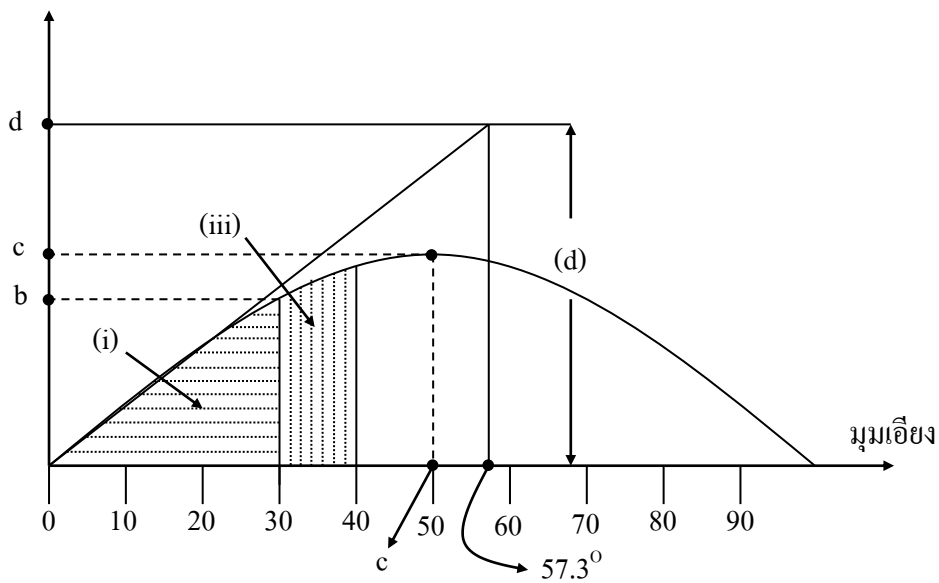
T = คาบเวลาการโคลงเป็นวินาที

หมายเหตุ ระยะ GM ที่คำนวณได้ด้วยวิธีการนี้เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น

3 เกณฑ์ในการพิจารณาการทรงตัวของเรือ (Stability's Criteria)

3.1 ภายใต้ข้อกำหนด Load Line Rules, 1968, Part I (Ships in General), Paragraph 2 ซึ่งตราขึ้นโดย International Maritime Organization (I.M.O.) ได้กำหนดเกณฑ์ต่ำสุดของคุณสมบัติการทรงตัวที่เรือแต่ละลำต้องมี โดยสรุปได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ)

ปริมาณ	เกณฑ์ต่ำสุด
(a) พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งการทรงตัว (Area Under Stability Curve) (i) จนถึงมุมเอียง 30 ๐ (ii) จนถึงมุมเอียง 40 ๐ หรือมุมที่ขอบล่างของช่องเปิด(Opening) ที่ตัวเรือ (Super structure, Deckhouse) ซึ่งผนึกน้ำไม่ได้ เริ่มแต่น้ำ (iii) พื้นที่ระหว่างมุมเอียง 30 ๐ ถึง 40 ๐ [หรือตามข้อ (ii)]	0.055 m. radian 0.09 m. radian 0.03 m. radian
(b) ระยะ Righting Lever (GZ) ที่มุมเอียง 30 ๐	0.20 m.
(c) ระยะ Righting Lever มากที่สุด (Max.GZ)	ควรเกิดที่มุมเอียงไม่น้อยกว่า 30 ๐
(d) ระยะ Initial GM (ค่าเริ่มต้นที่เป็นความสูงศูนย์เสถียร) ที่มุม 57.3 ๐	0.15 m. 0.05 m. (เมื่อรวมน้ำหนักบรรทุกเมื่อบรรทุกชุง)



รูปที่ 1.47

ตัวอย่าง เรือฟริเกตลำหนึ่งมีขนาดระวางขับน้ำปัจจุบันเท่ากับ 2500 ตัน มีข้อมูลเซน โมเมนต์ตั้งตรงจาก Cross Curve ดังนี้

มุมเอียง	0	5	10	15	20	25	30	35	40
GZ (m.)	0	0.52	1.59	2.504	4.118	5.958	7.858	9.94	12.0
มุมเอียง	45	50	55	60	65	70	75	80	85
GZ (m.)	13.25	14.0	13.95	13.18	11.05	7.55	3.73	1.66	0.4

วิธีทำ ใช้ Simpson's First Rule ช่วยในการคำนวณหาพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งการทรงตัวเพื่อประเมินกับเกณฑ์ของ IMO ดังนี้

มุมเอียง	GZ	S.M.	f(A ₁)	S.M.	f(A ₂)	S.M.	f(A ₃)
0	0	1	0	1	0	-	-
5	0.52	4	2.08	4	2.08	-	-
10	1.59	2	3.18	2	3.18	-	-
15	2.504	4	10.016	4	10.016	-	-
20	4.118	2	8.236	2	8.236	-	-
25	5.958	4	23.832	4	23.832	-	-
30	7.858	2	15.716	1	7.858	1	15.716
35	9.94	4	39.76		55.202	4	39.76
40	12.0	1	12		Σf(A ₂)	1	12
			114.82				59.618
			Σf(A ₁)				f(A ₃)

เกณฑ์พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งจนถึงมุมเอียง 40 องศา ต้องมากกว่า 0.095 m. radian

$$\begin{aligned}
 A_{0-40} &= \frac{1}{3} \times h \times \sum f(A_1) \quad ; \quad h = 5 \text{ องศา} \\
 &= \frac{1}{3} \times \frac{5\pi}{180} \times 114.82 = 3.34 \text{ m.radian} \quad (\text{ผ่าน})
 \end{aligned}$$

เกณฑ์พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งจนถึงมุมเอียง 30 องศา ต้องมากกว่า 0.055 m.radian

$$\begin{aligned}
 A_{0-30} &= \frac{1}{3} \times h \times \sum f(A_2) \quad ; \quad h = 5 \text{ องศา} \\
 &= \frac{1}{3} \times \frac{5\pi}{180} \times 55.202 = 1.61 \text{ m.radian} \quad (\text{ผ่าน})
 \end{aligned}$$

เกณฑ์พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งในระหว่างมุมเอียง 30 องศา ถึง 40 องศา ต้องมากกว่า 0.03 m.radian

$$A_{30-40} = \frac{1}{3} \times h \times \sum f(A_3) \quad ; \quad h = 5 \text{ องศา}$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{5\pi}{180} \times 59.618 = 1.73 \text{ m.radian} \quad (\text{ผ่าน})$$

เกณฑ์ระยะ Righting Lever ที่มุมเอียง 30 องศา ต้องมากกว่า 0.20 m

จากข้อมูล Cross Curve มีค่าเท่ากับ 7.858 (ผ่าน)

เกณฑ์ Righting Lever มากที่สุดต้องเกิดที่มุมเอียงมากกว่า 30 องศา

จากข้อมูล Cross Curve เกิดที่มุมประมาณ 50 – 55 องศา (ผ่าน)

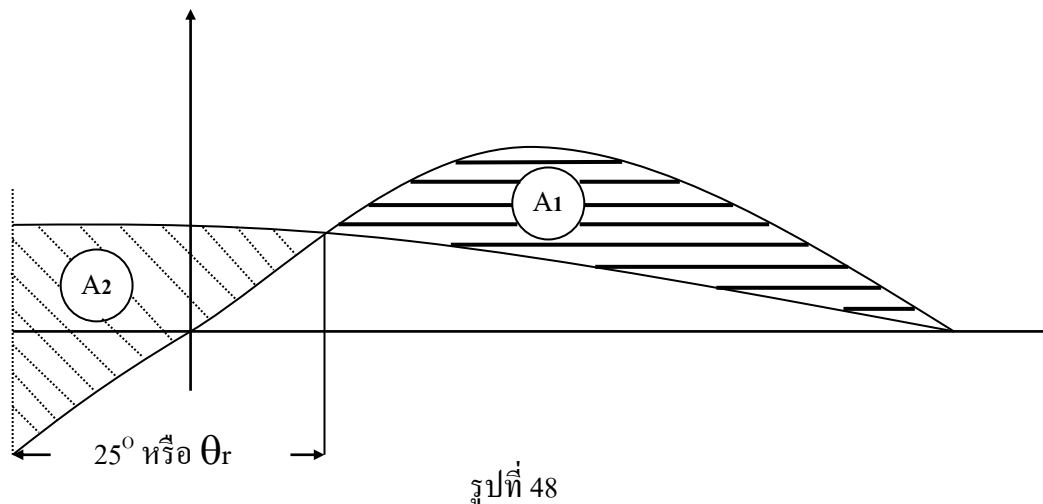
เกณฑ์ Initial GM คิดที่มุมเอียง 57.3 องศา ต้องมากกว่า 0.15 m

จากข้อมูล Cross Curve ค่าดังกล่าวมากกว่า 0.15 m แน่นอน (ผ่าน)

3.2 กองทัพเรือสหรัฐ กำหนดเกณฑ์พิจารณาความสามารถในการทรงตัวของเรือโดยพิจารณา ความสัมพันธ์ของ เส้นโค้งการทรงตัวในเทอมของแขนการคืนตัว (Righting Arm) กับแขนโมเมนต์เอียงเรือ(Heeling Arm) ดังนี้

3.2.1 ขนาดแขนโมเมนต์เอียงเรือตรงจุดตัดกับแขนโมเมนต์ตั้งตรงเรือ (ตรงจุด C) ต้องมีค่าไม่เกิน 60 % ของแขนโมเมนต์ตั้งตรงสูงสุด (Maximum Righting Arm)

3.2.2 ขนาดพื้นที่ A_1 ในรูปที่ 48 ต้องไม่น้อยกว่า 1.4 เท่าของขนาดพื้นที่ A_2 โดยที่ A_2 คือ พื้นที่ปิดล้อมโดย แขนโมเมนต์ทั้ง 2 ชนิด ก่อนถึงจุด C 25 องศา หรือ Φ_r (มุมโคลง)



3.2.3 เกณฑ์ในที่ 3.2.1 และ 3.2.2 พิจารณาความสามารถในการทรงตัวอย่างปลอดภัยในน้ำนิ่ง ยังมีปัจจัยอื่นที่คงทำให้เรือเอียงมากขึ้นอีก ซึ่ง ทร.อม.แยกปัจจัยดังกล่าวไว้อีก 3 กรณี ซึ่งจะต้องนำไปรวมกับแขนโมเมนต์เอียงเรือทำให้สัดส่วนของพื้นที่ที่แขนโมเมนต์ตั้งตรงกับแขนโมเมนต์เอียงเรือลดลงอีกครั้งนี้

ก. การยกของหนักไปด้านกราบเรือ (Lifting of Heavy Weights over the side) ทำให้เกิดผลกระทบ เช่นเดียวกับการเคลื่อนย้ายน้ำหนักของเรือ โดยจะเพิ่มแขนโมเมนต์เอียงเรือขึ้นในแต่ละมุมเอียงอีก

$$\text{Heeling Arm} = \frac{w_1 \times d_1 \cdot \cos \theta}{\Delta} \quad (55)$$

โดย w_1 = น้ำหนักที่ถูกย้าย

d_1 = ระยะทางขวางจากกึ่งกลางลำถึงศูนย์กลางน้ำหนัก

Δ = ระวางขับน้ำ (รวมน้ำหนัก ค่าย)

θ = มุมเอียง

ข. กรณีที่ลูกเรืออยู่รวมกันเป็นจำนวนมากกราบใดกราบหนึ่ง (Crowding of Personal to One Side) เกิดผลกระทบเช่นเดียวกับกรณี 2.3.1 โดยทำให้แขนโมเมนต์เอียงเรือเพิ่มขึ้นอีก

$$\text{Heeling Arm} = \frac{w_2 \times d_2 \cdot \cos \theta}{\Delta} \quad (56)$$

โดย w_2 = น้ำหนักที่ถูกย้าย

d_2 = ระยะทางขวางจากกึ่งกลางลำถึงศูนย์กลางน้ำหนัก

Δ = ระวางขับน้ำ (รวมน้ำหนัก ค่าย)

θ = มุมเอียง

ค. ความเอียงเมื่อเรือหันเลี้ยวด้วยความเร็วสูง (High Speed Turning) ทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) เสริมการเอียงของเรือยิ่งขึ้น ทำให้แขนโมเมนต์เอียงเรือเพิ่มขึ้นอีก

$$\text{Heeling Arm} = \frac{V^2 a}{g \cdot R} \cos \theta$$

โดย a = ระยะจากจุดศูนย์กลางวงเรือถึงจุดกึ่งกลางระหว่างท้องเรือกับแนวน้ำ (ครึ่งหนึ่งของขนาดกินน้ำลึก) เมื่อเรือตั้งตรง

θ = มุมเอียงที่เกิดขึ้น

g = อัตราเร่งสู่ศูนย์กลางโลก

R = รัศมีวงหันเรือ

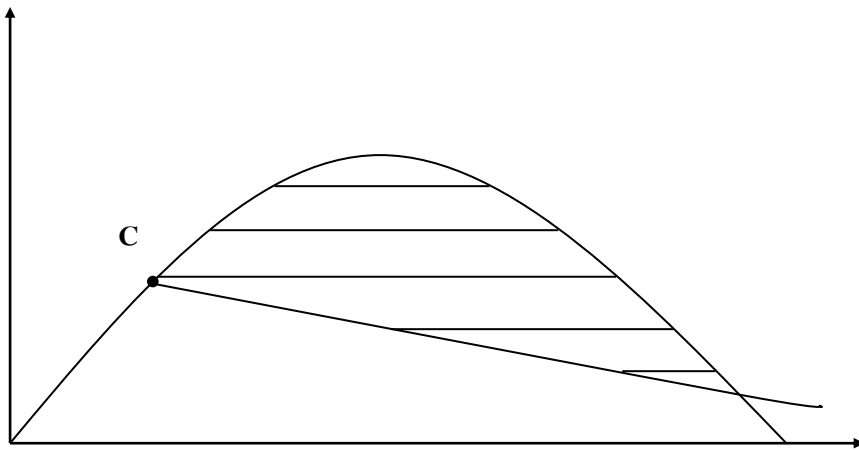
V = ความเร็วสัมพัทธ์ในขณะเรือหัน

ง. เกณฑ์สำหรับขีดความสามารถในการทรงตัวจากผลของการเอียงในข้อ ก. ถึง ข. คือ

1. จุด C ต้องเกิดไม่เกินมุมเอียง 15°

2. เกณฑ์เช่นเดียวกับข้อ 5.3.2.1

3. พื้นที่แรงงาในรูปที่ 49 ต้องน้อยกว่า 40% ของพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งการทรงตัวทั้งหมด



รูปที่ 49

16. อาการเอียงและการประเมินค่า

(List and Estimate)

ก. คำจำกัดความ

1. List คือ มุมเอียงทางขวางลำเรือที่ถาวร
2. Heel คือ มุมที่เรือเอียงไปชั่วคราว อาจเกิดจาก
 - ก. ลมพัดแรงกราบใดกราบหนึ่ง
 - ข. มุมหางเสือหักประจำ
 - ค. การหันในทันทีทันใด
3. Roll คือ สถานะชั่วคราวที่เรือเอียงไปจากกราบหนึ่งไปอีกกราบหนึ่ง

ข. การเอียง (List) ของเรือนั้นอาจเป็นเหตุใดเหตุหนึ่งข้างล่างนี้

1. น้ำหนักนอกศูนย์กลางที่มี GM เป็นบวก
2. GM เป็นลบ
3. น้ำหนักนอกศูนย์กลาง และ GM เป็นลบ

ค. น้ำหนักนอกศูนย์กลาง (เอียงเนื่องจากน้ำหนักนอกศูนย์กลางอย่างเดียว GM เป็นบวก)

1. เรือจะเอียงจนกระทั่ง G และ B อยู่ในเส้นตรงเดียวกัน และจะโคลง (Roll) รอบมุมนั้น
2. การเอียงอาจเกิดจากเหตุเหล่านี้
 - ก. น้ำท่วมห้องที่อยู่นอกแนวกลางลำเรือ
 - ข. น้ำท่วมห้องซึ่งมีปริมาตรคูดซึมนอกศูนย์กลาง
 - ค. น้ำไหลออกจากห้องที่เสียหาย หรือถังข้างกราบ (Wing Tank)
 - ง. สูบน้ำผ่านเรือทางขวาง
 - จ. สูบน้ำท่วมออกจากห้องที่อยู่นอกศูนย์กลาง
3. มุมเอียงอาจเปลี่ยนแปลงได้ 2 ทาง คือ
 - ก. เปลี่ยนแปลงใน Righting Moment , $GG_1 \cos \theta$
 - ข. เปลี่ยนแปลงใน Inclining Moment , $W \times GZ$
4. เรือที่แล่นอยู่ในทะเล ไม่สามารถปลอดภัยเกี่ยวกับมุมของแขนความทรงตัวมากที่สุด (Max. R.A.)
5. เรือที่เอียงเนื่องจากน้ำหนักนอกศูนย์กลาง จะโคลงเร็ว (Stiff) และจะไม่เสีย GM หรืออาจจะโคลงช้า

(Slow Tender Roll)

ง. GM เป็นลบ (เรือเอียงเนื่องจาก GM เป็นลบแต่อย่างเดียว)

1. เรือจะเอียงถึงแม้ว่าน้ำหนักต่าง ๆ จะถ่วงกันดีแล้ว ในลักษณะนี้ G จะอยู่บนเส้นกลางลำเรือ แต่เลื่อนขึ้นเหนือ M

2. GM ที่เป็นลบ จะเพิ่มกำลังที่ทำให้เรือดำมากขึ้นจนกระทั่ง มุมเอียงถึงมุม ๆ หนึ่ง ซึ่ง R.A. จะดีขึ้น (Develop) จากเหตุ 2 ประการ

- ก. รูปแบบและลักษณะน้ำหนักรของเรือ
 - ค. Pocketing ของ Loose Water
3. การเอียงเนื่องจาก GM เป็นลบ อาจเกิดขึ้นจากเหตุใดเหตุหนึ่ง หรือเหตุทั้งหมดนี้ คือ
- ก. เพิ่มน้ำหนักในที่สูง
 - ข. เอนน้ำหนักในที่ต่ำออก
 - ค. Loose Water ทำให้ G เลื่อนขึ้นเกี่ยวกับ F.S. & F.C.
4. Loose Water เป็นสาเหตุใหญ่ที่สนับสนุนให้ GM เป็นลบในเรือ
5. สถานการณ์ต่อไปนี้จะทำให้นายทหารควบคุมความเสียหาย เกิดความสงสัยว่าเรือจะมี GM เป็นลบ
- ก. เรือเอียงโดยที่ไม่มีน้ำหนักนอกศูนย์กลาง และไม่มีกำลังภายนอกกระทำต่อเรือ
 - ข. เรือเอียงไปทางกราบใดกราบหนึ่งหรือโงนเงน (Flop) จากกราบหนึ่งไปอีกกราบหนึ่ง
 - ค. พื้นที่ของผิวหน้าน้ำอิสระใหญ่มากโดยเฉพาะใกล้แนวน้ำ
 - ง. น้ำหนักจำนวนมากอยู่บนที่สูง
 - จ. การเอนน้ำหนักในที่ต่ำออกเป็นจำนวนมาก
- จ. น้ำหนักนอกศูนย์กลางซึ่งมี GM เป็นลบ (เอียงเนื่องจากการรวมของ GM ที่เป็นลบกับน้ำหนักนอกศูนย์กลาง
- 1. จะหาได้น้อยมากสำหรับเรือที่เกิดการเสียหายแล้ว จะไม่มีน้ำหนักนอกศูนย์กลาง
 - 2. ในกรณีที่ GM เป็นลบ และมีน้ำหนักนอกศูนย์กลาง G จะเลื่อนออกนอก C.L. และอยู่เหนือ M
 - 3. เรือจะเอียงไปกราบหนึ่งเท่านั้น และจะเอียงอยู่กราบนั้น ถึงแม้ว่าจะถูกกำลังภายนอกกระทำ เรือจะไม่พยายามเอียงกลับอีกกราบหนึ่ง
4. นายทหารควบคุมความเสียหาย จะเกิดความสงสัย ถ้าเกิดสถานะใดสถานะหนึ่งข้างล่างนี้
- ก. พื้นที่ของผิวหน้าน้ำอิสระบริเวณใหญ่ เกิดขึ้นโดยน้ำท่วมหรือน้ำหนักนอกศูนย์กลาง
 - ข. น้ำหนักจำนวนมากในที่สูงขึ้นโดยน้ำหนักนอกศูนย์กลางและน้ำท่วม
 - ค. การเอียงมากกว่าจำนวนปกติของน้ำหนักนอกศูนย์กลาง
 - ง. เรือเอียงไปกราบหนึ่งเท่านั้น แต่โคลงมากเมื่อถูกคลื่นหรือกำลังอื่นกระทำ

17. การสูญเสียการทรงตัว (Impaired Stability)

1. นิยาม

1.1 น้ำท่วมเรือ (Flooding) คือปัญหาของการที่น้ำท่วมในเรือภายหลังจากตัวเรือได้รับความเสียหาย เช่น ถุกโจมตี, ไฟไหม้, ชนวัตถุใต้แนวน้ำหรืออาจมาจากสาเหตุจงใจเช่นน้ำหยาดดับไฟในห้องสูบน้ำท่วมห้องหนึ่ง ๆ เพื่อแก้การทรงตัวหรือหรือช่วยให้เรือหลุดการเกยตื้น ผลที่ตามมาคือเกิดผลกระทบจากผิวหน้าอิสระ (Free Surface Effect) และผลจากการที่ตัวเรือเปิดติดต่อกับผิวน้ำภายนอกเรือ (Free Communication) ผลกระทบทั้งสองพิจารณาได้ในลักษณะของการเพิ่ม/ลด

2. น้ำท่วมเต็มห้อง (Solid Flooding) หมายถึง น้ำที่ท่วมเต็มห้องและไม่มีผิวน้ำอิสระ มีลักษณะดังนี้

2.1 ทุกส่วนของห้องเต็มไปด้วยน้ำ ในการนี้ก่อนอื่นอากาศที่อยู่ภายในห้องนั้นจะต้องถูกระบายออก (มิฉะนั้นน้ำจะเข้ามาแทนที่ไม่ได้) ทางช่องระบายอากาศหรือรอยแยกที่อยู่ด้านบน

2.2 ปัญหาที่น้ำท่วมเต็มห้องเปรียบเสมือนน้ำหนักที่เป็นของแข็งซึ่งหนักเท่ากับน้ำเต็มห้องดังกล่าว มาใส่ในเรือ จุดศูนย์กลางปริมาตรน้ำท่วมห้องก็คือจุดศูนย์กลางของน้ำหนักที่ใส่ลงในเรือดังกล่าว

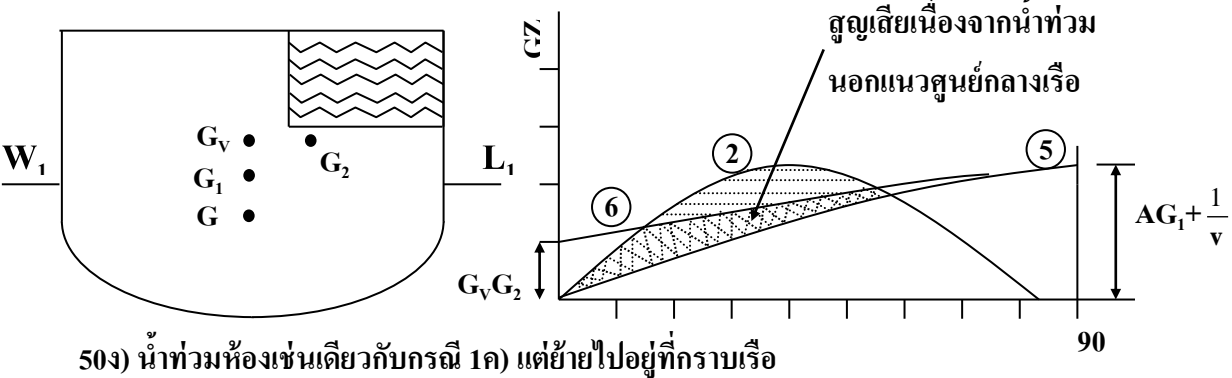
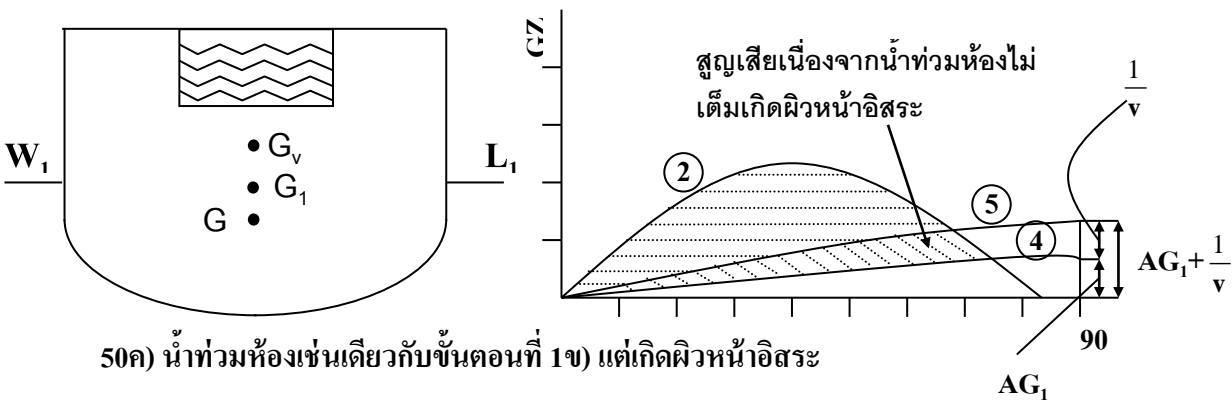
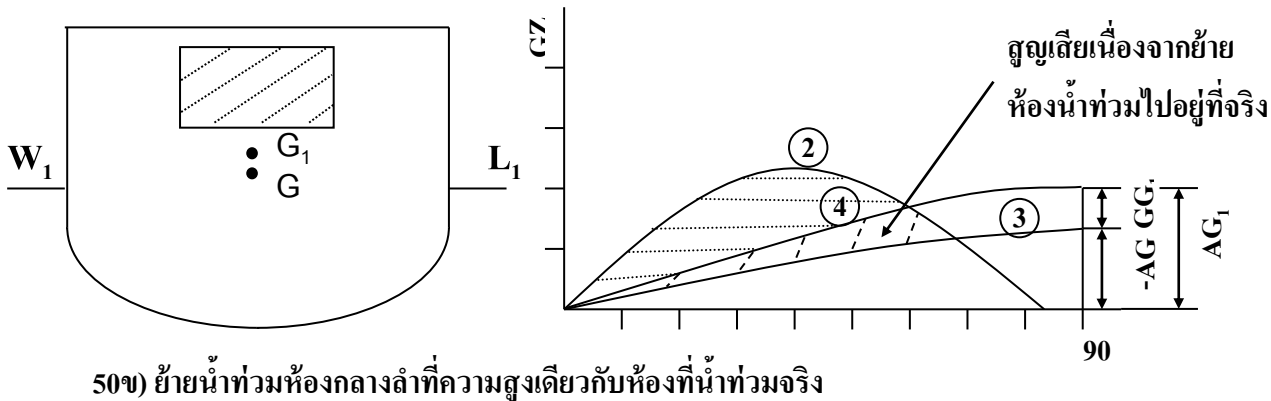
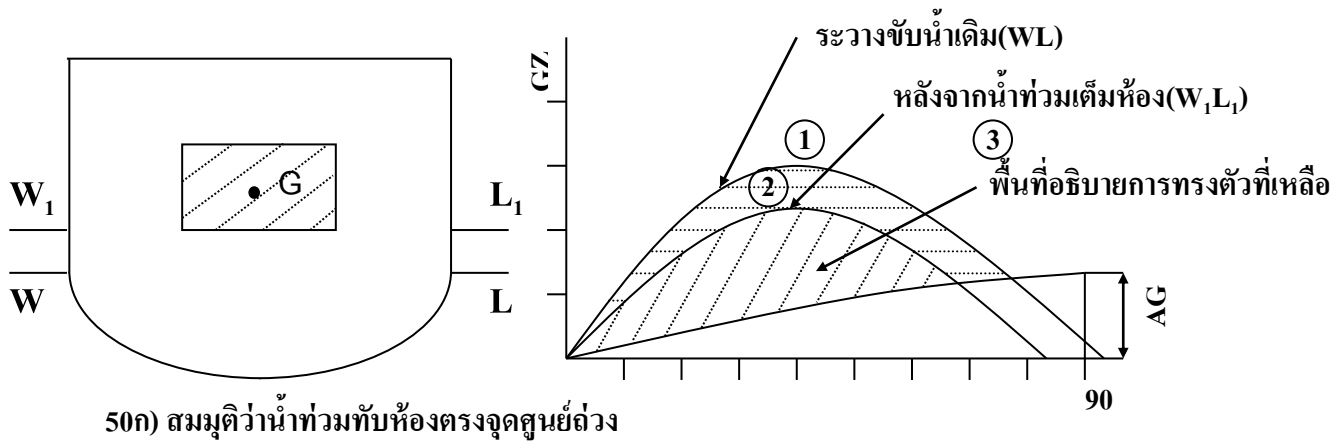
2.3 น้ำท่วมห้องจนเต็มอย่างสมบูรณ์ มักเกิดขึ้นกับห้องที่อยู่ในบริเวณต่ำกว่าแนวน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจุดศูนย์กลางวงเรือ (G) มักอยู่เหนือกว่าแนวน้ำเล็กน้อย ดังนั้นการที่น้ำท่วมเต็มห้องได้แนวน้ำในแนวกึ่งกลางลำพอดี จึงทำให้จุดศูนย์กลางโดยรวมแห่งใหม่ของเรือเลื่อนต่ำลงเป็นผลให้ความสามารถในการทรงตัวโดยรวม (Overall Stability) ของเรือดีขึ้น ถ้าเป็นการท่วมเต็มห้องนอกแนวศูนย์กลางเรือจะไม่ส่งผลดังกล่าว แต่จะทำให้เรือเอียงถาวร (Permanent List)

2.4 การคำนวณหาความสูงศูนย์กลางเสถียร (GM) และความสามารถในการทรงตัวที่เหลือกระทำได้เช่นเดียวกับปัญหาการเพิ่มน้ำหนักและเคลื่อนย้ายน้ำหนักภายในเรือ

3. น้ำท่วมไม่เต็มห้อง (Partial Flooding) คือปัญหาของการที่น้ำท่วมบางส่วนของห้อง โดยเฉพาะห้องที่ยังคงมีขีดความสามารถในการผนึกน้ำอยู่ (จัดอยู่ในประเภทห้อง "Intact Compartment") เมื่อเป็นเช่นนั้นน้ำจะไม่ถ่ายเทออกจากห้องนี้ ซึ่งอาจเป็นการท่วมจากความตั้งใจ เช่น น้ำดับไฟ น้ำจากระบบน้ำหยาด ท่อทางในห้องนั้นรั่ว หรือเรือทะเล แต่ผนึกน้ำเรียบร้อยแล้ว ผลที่เกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือการเพิ่มน้ำหนักลงในห้องนั้นและผลของผิวหน้าอิสระ การพิจารณาความสามารถในการทรงตัวที่เหลือก็กระทำเช่นเดียวกับกรณีของการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่ง-ทางขวาง และแก้ผลกระทบจากผิวหน้าอิสระ สิ่งที่จะลดทอนผลจากผิวหน้าอิสระลงได้บ้างคือการที่เรือเอียงแล้วผิวน้ำอิสระลดลงเนื่องจากผิวน้ำอิสระท่วมถึงคาดฟ้าเหนือห้อง (Pocketing) และการที่ห้องไม่ได้ถูกน้ำท่วมจนเต็มปริมาตรอย่างแท้จริงเพราะมีวัสดุจับของพื้นที่บางส่วนอยู่ (Surface Permeability)

4. ผลกระทบจากน้ำท่วมห้อง (Flooding Effect)

ผลกระทบที่เกิดจากน้ำท่วมห้องในลักษณะต่าง ๆ ที่กล่าวมาอธิบายได้ดังในรูปที่ 50 ดังนี้



รูปที่ 50

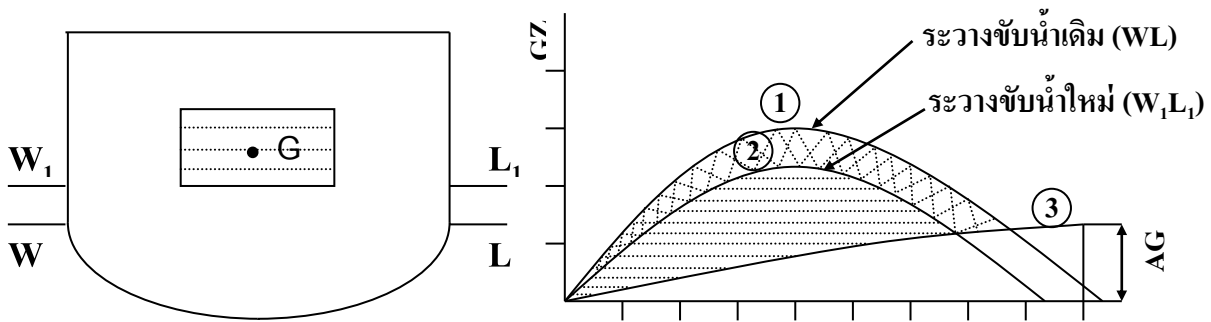
4.1 กรณีน้ำท่วมในรูป 50 ก) เริ่มจากเมื่อเกิดน้ำท่วมแบบไม่เต็มห้องดังในรูป 50ง) ก่อนอื่นต้องสมมติว่า น้ำปริมาณดังกล่าว ท่วมเต็มห้อง ทับจุด CG ของเรือพอดี ดังนั้นจึงพิจารณาผลกระทบต่อความสามารถในการทรงตัวในลักษณะของการเพิ่มน้ำหนักลงในเรือตามเส้นโค้งหมายเลข 3 เรือจึงเหลือความสามารถในการทรงตัวซึ่งอธิบายได้โดยเส้นโค้งหมายเลข 2 พื้นที่แรเงาแสดงความสามารถในการทรงตัวจึงลดลง

4.2 ต่อจากนั้น ในรูป 50ข) ให้เลื่อนปริมาณน้ำดังกล่าวทางดิ่งไปยังจุดที่สูงเท่ากับความสูงที่น้ำท่วมจริง (สูงเท่ากับในรูป 50ง) เท่ากับเป็นการเคลื่อนย้ายน้ำหนักทางดิ่ง จนทำให้จุดศูนย์กลางเลื่อนจาก G ไป G_1 เรือจึงสูญเสียความสามารถในการทรงตัวตามเส้นโค้งหมายเลข 4 สังเกตว่าพื้นที่อธิบายความสามารถในการทรงตัวลดลงอีก

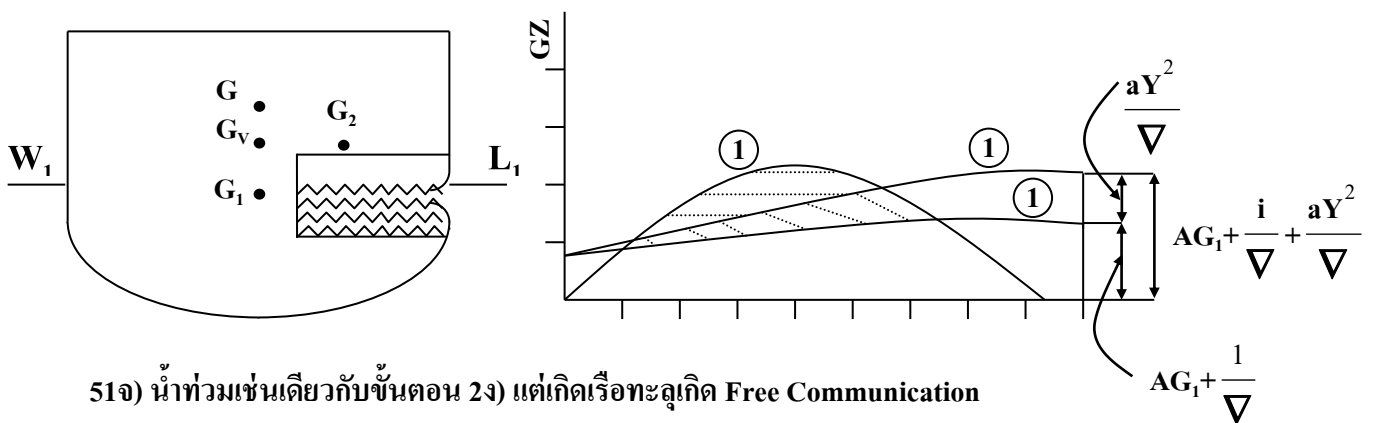
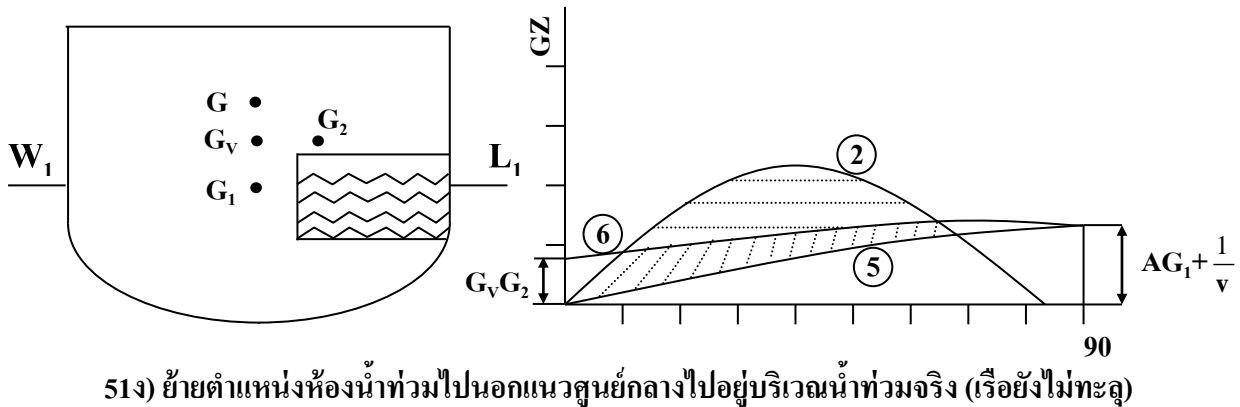
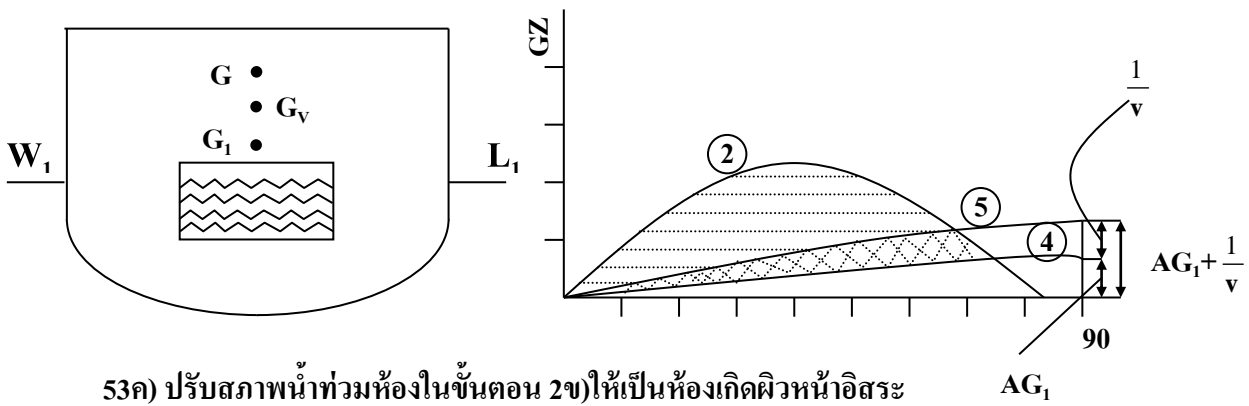
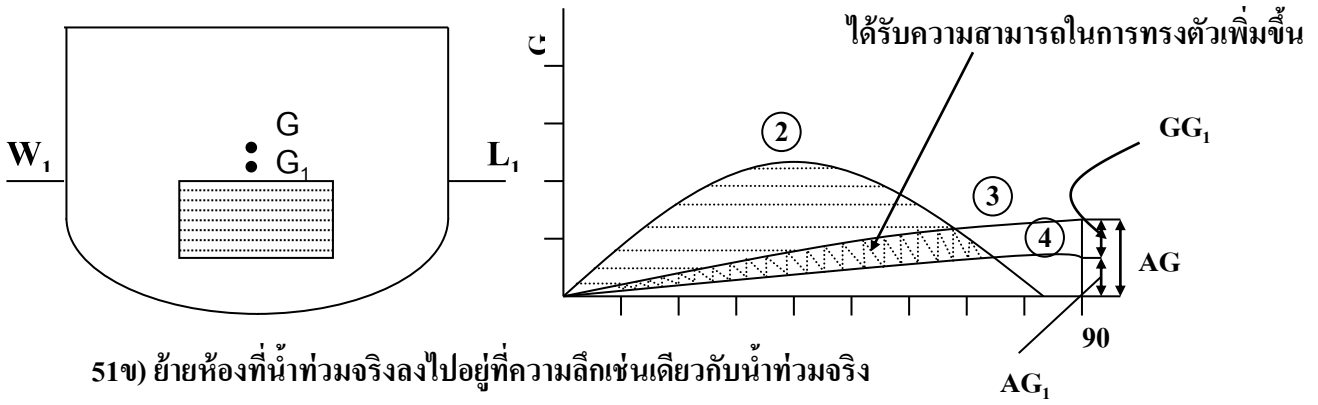
4.3 ขั้นตอนต่อไปในรูป 50 ค) ให้ปรับสภาพน้ำท่วมเต็มห้องเป็นน้ำท่วมบางส่วน (ปริมาณน้ำเท่ากับ ข้อ 4.1 และ 4.2 ดังนั้นจึงเกิดผิวน้ำอิสระทำให้จุดศูนย์กลางเรือเลื่อนขึ้นไปอยู่ที่ G_v เรือสูญเสียความสามารถในการทรงตัวไปอีกตามเส้นโค้งหมายเลข 5 ลดพื้นที่อธิบายความสามารถในการทรงตัวลงอีกเช่นกัน

4.4 ต่อไป ในรูป 50 ง) ให้ย้ายตำแหน่งที่น้ำท่วมที่เดิมสมมติว่าอยู่ในแนวกลางลำให้ไปอยู่นอกแนวตรงที่น้ำท่วมจริง จึงเป็นกรณีของการย้ายน้ำหนักทางขวาง จุดศูนย์กลางเรือจึงเลื่อนจาก G_v ไป G_2 เรือสูญเสียความสามารถในการทรงตัวไปอีกตามเส้นโค้งหมายเลข 6 พื้นที่อธิบายความสามารถในการทรงตัวของเรือจึงลดลงอีก และปรากฏมูมเอียงถาวร (Permanent List) ในที่สุด

5. น้ำท่วมเรือในลักษณะห้องที่ท่วมเปิดติดต่อกับผิวน้ำน่านอกเรืออย่างอิสระ (Free Communication with the sea) คือ ผลกระทบที่เกิดจากน้ำท่วมห้องในลักษณะที่ผิวน้ำในในห้อง ดังกล่าวสอดคล้องกับระดับผิวน้ำน่านอกเรือตลอดเวลา อธิบายได้ดังในรูปที่ 51 ดังนี้



51ก) สมมติว่าน้ำท่วมห้องตรงจุดศูนย์กลาง ถ่วงของเรือพอดี



รูปที่ 51

5.1 กรณีน้ำท่วมไม่เต็มห้องและเกิด Free Communication เริ่มพิจารณาจากรูปที่ 51 ก) คือ สมมติว่า น้ำปริมาณดังกล่าว ท่วมเต็มห้องที่จุด G ของเรือพอดี จึงคำนวณผลกระทบการทรงตัวในลักษณะการเพิ่มน้ำหนักลงในเรือตามเส้นโค้งหมายเลข 3 เหลือความสามารถในการทรงตัวซึ่งอธิบายได้โดยพื้นที่เงาทึบในรูป (เส้นโค้งหมายเลข 2)

5.2 ในรูป 53 ข) เลื่อนปริมาณน้ำหนักดังกล่าวทางดิ่งลงไปอยู่ระดับเดียวกับเมื่อเกิด Free Communication จริง (สูงเท่ากับรูป 51จ) ทำให้จุดศูนย์กลางถ่วงเรือเลื่อนจาก G ลงไปยัง G_1 เรือจึงมีความสามารถในการทรงตัวดีขึ้น ตามเส้นโค้งหมายเลข 4

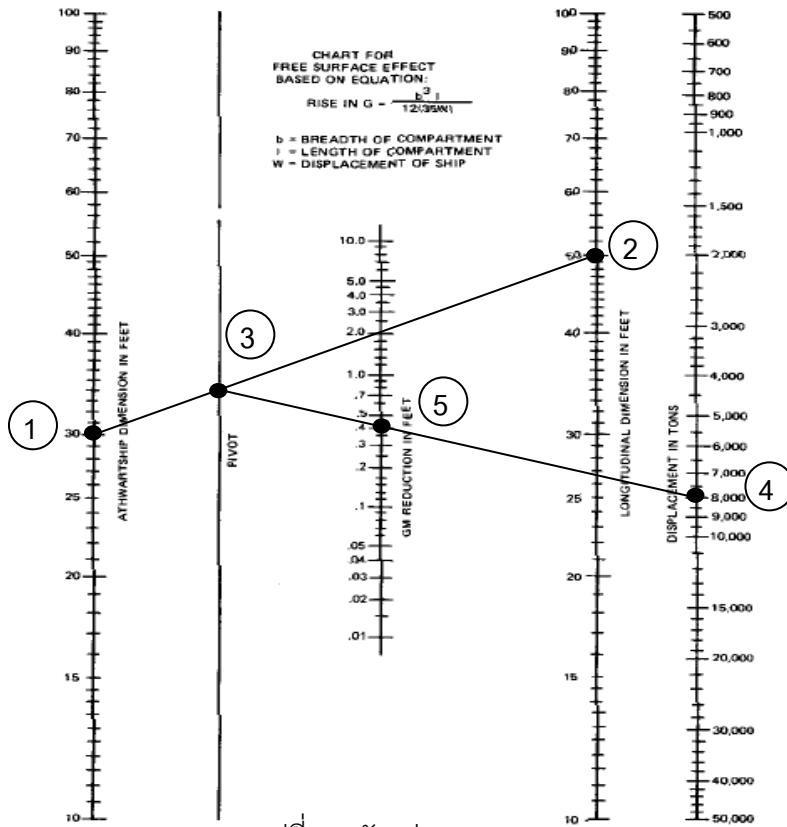
5.3 ขั้นต่อไปในรูป 51ค) ปรับสภาพการท่วมให้เป็นห้องที่เกิดผิวน้ำอิสระ (ปริมาณน้ำเท่ากับในข้อ 5.1 – 5.3) จุดศูนย์กลางถ่วงเรือจึงเลื่อนขึ้นจากผลดังกล่าวมาอยู่ที่ G_v เสียความสามารถในการทรงตัวไปอีกตามเส้นโค้งหมายเลข 5

5.4 ในรูป 51ง) ย้ายห้องน้ำท่วมไปนอกแนวกลางลำให้ตรงตำแหน่งที่เกิดปัญหาจริง แต่ยังไม่ให้เรือทะลุเท่ากับเป็นการย้ายน้ำหนักทางขวาง จุดศูนย์กลางถ่วงของเรือจึงย้ายไปยังจุด G_2 เรือสูญเสียความสามารถในการทรงตัวไปตามเส้นโค้งหมายเลข 6 พื้นที่อธิบายความสามารถในการทรงตัวจึงลดลงและปรากฏมุมเอียงถาวร (Permanent List)

5.5 ปรับสถานะในขั้นตอน 5.4 ให้เรือทะลุเปิดสู่ผิวน้ำภายนอกอย่างอิสระจึงสูญเสียความสามารถในการทรงตัวไปจากผลของ Free Communication ที่เกิดขึ้นอีก คือ ay^2/V (ตามเส้นโค้งหมายเลข 7) จึงเหลือพื้นที่แสดงความสามารถในการทรงตัวเพียงเล็กน้อย ดังในรูป 51 จ)

6 การพิจารณาปัญหาผลกระทบจากผิวน้ำอิสระด้วย Monograph หรือ Alignment Chart

Monograph หรือ Alignment Chart เป็นกราฟที่สร้างขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการคำนวณแก้ปัญหาผลกระทบจากผิวน้ำอิสระ โดยวิธีการกราฟิก ซึ่งสะดวกรวดเร็ว แต่มีขีดจำกัดคือเรื่องความละเอียดถูกต้องและการใช้ยังสอดคล้องกับค่าคงที่ซึ่งกำหนดไว้ล่วงหน้าบางค่าเพื่อสร้างกราฟดังกล่าว เช่น ค่าความหนาแน่นมวลของน้ำ ดังนั้น การนำไปใช้งานจึงจำเป็นต้องปรับแก้ผลต่างของค่าดังกล่าวอีกทีหนึ่ง รูปที่ 52 เป็นตัวอย่างของ Monograph หรือ Alignment Chart



รูปที่ 52 ตัวอย่าง Monograph

วิธีใช้ Monograph หรือ Alignment Chart ในรูปที่ 52 คือ

6.1 นำขนาดทางขวางของห้องที่เกิดน้ำท่วม (ไม่เกิด Free Communication) มาพล็อตตรงตำแหน่งหมายเลข 1 ในกราฟ

6.2 นำขนาดทางยาวของห้องในข้อ 6.1 พล็อตตรงตำแหน่งหมายเลข 2 แล้วลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุด 1 และ 2 ได้จุดตัดเส้น Pivot ที่ตำแหน่งหมายเลข 3

6.3 ลากเส้นตรงจากจุดหมายเลข 3 ไปยังเส้นขนาดระวางชั้นน้ำตรงตำแหน่งระวางชั้นน้ำปัจจุบัน (รวมน้ำท่วมแล้ว) หมายเลข 4 ตัดเส้นบอกการลดค่าระยะ GM ที่ตำแหน่งหมายเลข 5 ในรูปที่ 52

6.4 นำระยะ GM ที่ลดลงไปหักลบจากระยะ GM ก่อนเกิดน้ำท่วม โดยมีข้อแม้เพิ่มเติม ดังนี้

6.4.1 ถ้าค่าความหนาแน่นน้ำต่างจากที่ระบุในกราฟ ให้นำค่าความถ่วงจำเพาะ (คำนวณเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นน้ำที่ปรากฏในกราฟกับความหนาแน่นน้ำปัจจุบัน) ไปหารออกจากค่าในสเกลของกราฟทุกเส้น และดำเนินการเช่นเดียวกับข้อที่ 6.1 ถึง 6.3 ต่อไป

6.4.2 ถ้าผิวหน้าอิสระที่เกิดขึ้นไม่เต็มพื้นที่ (มี Permeability Factor) ให้นำ Permeability Factor คูณเข้ากับสเกลของกราฟทุกเส้น และดำเนินการเช่นเดียวกับข้อที่ 6.1 ถึง 6.3 ต่อไป

18. การเกยตื้น

(Stranding)

1. ปัญหาที่เกิดจากการเกยตื้น (Problems Involved)

ไม่เพียงแต่เรือจะเกยตื้นอย่างไม่ตั้งใจเท่านั้น การเสียความสามารถในทรงตัวของเรือหรือ ความเสียหายต่อความแข็งแรงของโครงสร้างอาจเป็นสาเหตุให้เรือต้องเกยตื้นในที่สุดได้ ดังนั้นในบางครั้งเมื่อ พบเรืออาจจำเป็นต้องพิจารณาหาสาเหตุที่สามารถจะนำเรือเข้าไปเกย ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงความสะดวกในการกู้เรือออกในภายหลังด้วย พื้นที่ดังกล่าวเช่น บริเวณสันทราย พื้นเรียบอ่อน ซึ่งจะต้องพยายามหลีกเลี่ยงบริเวณที่เป็นโขดหิน, ยอดเขาใต้น้ำ, และต้องคำนึงถึงลักษณะการขวางกระแสน้ำและการต้องปะทะกับคลื่นอย่าให้รุนแรงด้วย ไม่ว่าจะเป็นการเกยตื้นโดยตั้งใจหรือไม่ก็ตามปัญหาที่ตามมาคือ

1.1 ความสามารถที่จะออกจากการเกยตื้นได้

1.2 ความแข็งแรงของโครงสร้างเรือที่จะรองรับเหตุการณ์ต่างๆตามมาได้

1.3 ความสามารถในการทรงตัวของเรือในแต่ละสถานะ

2. ความสามารถที่จะออกจากการเกยตื้น (Ability to get off again)

2.1 ถ้าเรือเกยตื้นโดยมิได้ตั้งใจเรือมักใช้เครื่องจักรที่มีอยู่พยายามนำเรือออกจากที่ตื้น แต่ใบจักรมักมีประสิทธิภาพน้อยโดยเฉพาะในบริเวณน้ำตื้น ทำให้อาจเป็นอันตรายต่อเรือมากขึ้นเพราะใบจักรอาจจมลงในทรายนอกจากนั้นลมและภาวะน้ำขึ้น – ลงอาจส่งผลให้เรือเกยตื้นมากขึ้น การจะให้เรือหลุดออกจากตื้นยิ่งลำบากมากขึ้นในภาวะที่ใบจักรและระบบกลับจักรมีแนวโน้มว่าไม่สามารถช่วยให้เรือหลุดออกได้จึงไม่ควรใช้เครื่องจักรปฏิบัติการดังกล่าว ฟังระลึกละเอียดว่าการถ่วงเรือมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพราะเรืออาจกระแทกขึ้นลงอย่างรุนแรงเมื่อเรือถูกคลื่นซัด บางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้ระเบิดขนาดเล็กเปิดตัวเรือด้านต่ำๆ ให้น้ำเข้ามาถ่วงเรือมากขึ้น เพราะการตรึงเรือให้อยู่นิ่งๆในตื้นจะให้ความปลอดภัยมากกว่า

2.2 ภายหลังจากถ่วงเรือเรียบร้อยแล้ว ตรวจสอบถึงภายในทั้งหมดว่าน้ำมันรั่วหรือไม่ ตรวจสอบในตัวเรือโดยตลอดว่ามีโครงสร้างใดเสียหาย ตรวจสอบระดับของเหลวในถังเพื่อทราบความเอียงของเรือ ควรใช้เรือเล็กร่วมตรวจสอบบริเวณเกยตื้นและทิศที่จะนำเรือออก โดยเฉพาะตำแหน่งหิน, ปะการัง หรืออุปสรรคกีดขวางใต้น้ำ และทิศทางกระแสน้ำ เพราะทันทีที่เรือหลุดจากตื้น กระแสน้ำอาจพาเรือไปกระทบสิ่งต่างๆดังกล่าว

2.3 ควรทอดสมออะไหล่ในทิศทางตรงข้ามกับการเกยตื้น เพื่อช่วยในการดึงเรือออก โดยใช้เรือเล็กนำสมอไปที่ ในเรือสินค้าอาจใช้อุปกรณ์ช่วยยกที่มีอยู่กดสมอไปที่หลังจากนั้นใช้เครื่องกว้านสมอค่อย ๆ ดึงเรือเข้าหาสมอ นอกจากนั้นอาจใช้เรือลากจูงช่วยดึงเรือ ซึ่งเป็นการสะดวกกว่า เพราะเข้าลากเรือได้ในทุกทิศทางที่เหมาะสม

2.4 เมื่อเรือออกจากจุดเกยตื้นและอยู่ที่ระดับน้ำปลอดภัย อย่าพยายามใช้เครื่องจักรของเรือเพื่อหันเรือออกทันที เพราะจะทำให้สิ่งสกปรก, โคลน, ทราย เข้าไปอุดในระบบระบายความร้อน ถ้ามีเรือลากจูง ควรให้เรือลากจูง

ไปสักพัก หลีกเลียงการใช้ใบจักรที่ชำรุด, หลังจากนั้นควรแต่งทริมเรือ, สูบน้ำที่ท่วม และกำจัดสิ่งสกปรกที่อาจก่ออันตรายกับระบบต่างๆออกจากเรือโดยเร็ว

3. ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Hull Strength)

ขณะยกตัว ตรงจุดที่เรือจะถูกแรงทางดิ่งกระทำกับตัวเรือเป็นปริมาณมาก แรงนี้ย่อมมีขนาดเท่ากับค่าน้ำหนักของเรือขณะนั้น โดยไม่มีแรงลอยตัวจากน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ผลกระทบคือจะเกิดความเค้นที่บริเวณนั้นอย่างมากถ้าเรือยกตัวที่ปลายด้านหนึ่งของเรือจะเกิดความเค้นโก่งเรือทำให้เรือมีลักษณะตกร่องข้าง (Sagging) เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ควรเพิ่ม นน. ที่ปลายอีกข้างโดยใช้ นน. จากส่วนบริเวณกลางลำมาช่วย ถ้าเรือยกตัวกลางลำจะเกิดความเค้นทำให้เรือคู้กลาง (Hogging) เพิ่มขึ้น ดังนั้น ควรเพิ่ม นน. ที่กลางลำโดยใช้ นน. จากส่วนหัว – ท้ายเรือมาช่วย สิ่งที่ต้องคำนึงอื่นๆคือ หิน, ปะการัง ที่มีส่วนคมทำให้เกิดแรงรวมกระทำที่จุดเดียวซึ่งอาจทำให้เปลือกเรือแตกออกและเสียหายมากขึ้นเมื่อเรือมีการขยับตัว

4. ความสามารถในการทรงตัวของเรือขณะยกตัว (Stability)

เมื่อเรือยกตัว ย่อมสูญเสียความสามารถในการทรงตัวของเรือเนื่องจากแรงปฏิกิริยาจากจุดที่ยกซึ่งมีความสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆเหล่านี้

4.1 ขนาดของแรงลอยตัวหรือจำนวนตันของระวางขับน้ำลดลงเนื่องจากการยกตัว หาได้จากความแตกต่างของระวางขับน้ำเมื่อเรือลอยอิสระกับระวางขับน้ำ(กินน้ำลึกเฉลี่ย)เมื่อเรือยกตัว และเพื่อให้ถูกต้องมากที่สุดต้องนำค่าทริมและการเอียงมาคิดด้วย ถ้าจุดสัมผัสคือกระดูกงู ผลกระทบจากการยกจะคล้ายกับการนำน้ำหนักออกจากเรือ และระยะ GG₁ ของเรือเลื่อนขึ้น ดังนี้

$$GG_1 = \frac{P(KG)}{W - P} \quad \text{หรือ} \quad KG_1 = \frac{W(KG)}{W - P}$$

โดย P = จำนวนตันการยกตัว (วัดจากระยะกินน้ำลึกเฉลี่ยขณะยกตัว) หรือแรงปฏิกิริยาตรงจุดยกตัวหรือแรงลอยตัวที่สูญเสียไป

Kg = ค่าเมื่อเรือลอยอิสระ

W - P = ระวางขับน้ำที่สอดคล้องกับระยะกินน้ำลึกเฉลี่ยขณะยกตัว

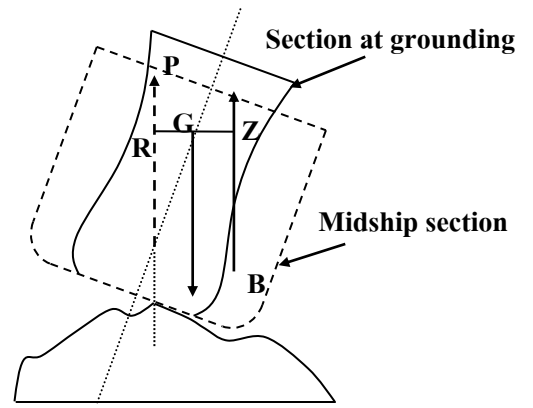
หมายเหตุ ในกรณีเข้าอยู่แห่ง P คือแรงปฏิกิริยาตรงจุดหมอนรองเรือ

4.2 การเลื่อนของจุดเปลี่ยนศูนย์เสถียร(MM₁)หาได้จากความแตกต่างของระยะ KM ใน Hydrostatic Curve เมื่อเรือลอยอิสระ กับระยะ KM เมื่อเรือยกตัว โดย

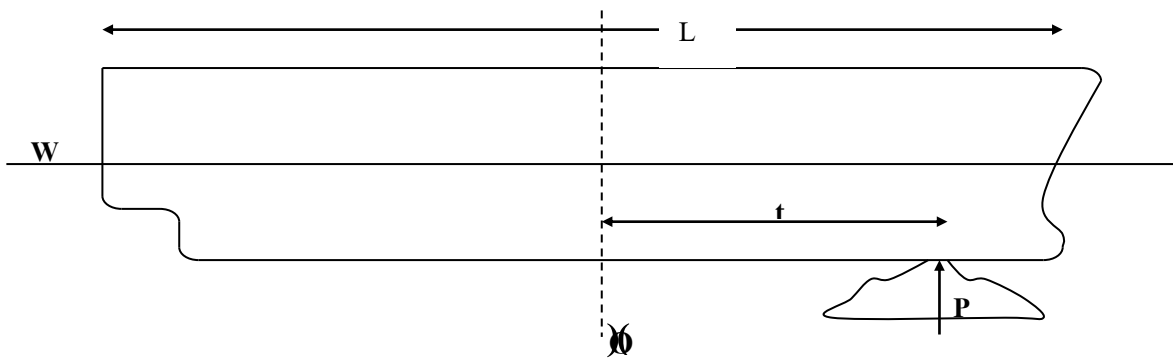
$$G_1M_1 = GM \pm MM_1 - GG_1$$

4.3 ถ้าจุดสัมผัสอยู่ที่ปลายด้านหนึ่งเรือจะเกิดทริมเทียบเท่ากับการย้ายน้ำหนักออกจากปลายด้านนั้น และถ้าจุดสัมผัสอยู่นอกแนวศูนย์กลางเรือจะเอียงเป็นมุมที่สอดคล้องกับการย้ายน้ำหนักทางขวางออกนอกเรือ (ด้วย G₁M₁) ถ้าค่า GM เป็นลบต้องระวังเรื่องการเอียงโดยเฉพาะเรือที่แคบเพราะจะพลิกคว่ำได้ง่าย ส่วนเรือที่ยกตัวตลอดความยาวเรือและไม่เอียงจะไม่ล้มคว่ำด้วยแม้ว่าจะลดลงสุดก็ตาม

4.4 ตรวจสอบหน้าตัดของเรือบริเวณจุดที่สัมผัสและลากเส้นสัมผัสรอบผิวตัวเรือ จากนั้นลากเส้นจากจุดสัมผัสในแนวตั้งตัด CL แล้วพิจารณาถ้าพบว่าเส้นที่ลากผ่านเหนือจุด G ขึ้นไป(เมื่อเรือลอยอิสระ) เรือจะไม่ล้มคว่ำ แต่ถ้าผ่านตรงกับจุด G พอดีหรือใต้จุด G ลงมาเรืออาจพลิกคว่ำได้ ทั้งนี้ขึ้นกับจำนวนการสูญเสียการทรงตัวเนื่องจากมีแรงตั้งขึ้นจากการเกยตื้นเข้ามาเกี่ยวข้อง



รูปที่ 53



รูปที่ 54

4.5 จากรูป 53 แสดงแรง P (จากการเกย) บริเวณหัวเรือ ถ้าโมเมนต์ระหว่างแรง P เทียบกับ G เท่ากับแรงจากความลอย(Buoyancy Force) เรือจะยังคงเอียงอยู่ตามเดิม ถ้าโมเมนต์แรง P มากกว่าโมเมนต์ตั้งตรงเรือจะเอียงต่อไป ถ้าผลรวม โมเมนต์ตั้งตรงไม่เป็น (+) ขณะที่มีมุมเอียงมากขึ้นเรือจะพลิกคว่ำ

4.6 โมเมนต์ $(W - P) GZ$ ต้องมากกว่า $D(GR)$ ณ มุมเอียงหนึ่ง เพื่อให้ค่าโมเมนต์คืนตัวเป็น (+) ขนาดของ RA สอดคล้องกับระวางขับน้ำที่ D_m ต่ำสุด อาจหาได้จากเส้นโค้งการคืนตัว RA ต้องเป็นค่าแก้ไขความถูกต้องแล้ว (จากเรือลอยอิสระ) เพื่อหา Gz และระยะ GR หาจากการวาดรูปภาคตัดขวาง

4.7 แรง P จะแตกต่างกันระหว่างระวางขับน้ำเรือลอยอิสระ และการเกยตื้น, แรง P ที่มากที่สุดเกิดขึ้นเมื่อเรือเกยตื้นขณะน้ำขึ้นเต็มที่จนถึงน้ำลงต่ำสุด ขณะน้ำลงต่ำสุด แรงลอยตัวก็น้อยลง ขณะแรง P มากขึ้นเป็นสัดส่วนกัน

4.8 แรง P สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$\frac{P}{TPI} + \frac{Pt^2}{(MTI)L} = \text{Inches full of tide หรือ}$$

$$P = \frac{\text{Inches full of tide}}{\frac{1}{TPI} + \frac{t^2}{(MTI)L}}$$

โดย	t	=	ระยะจากจุดยกขึ้นถึงกลางลำ (ft)
	L	=	ความยาวเรือ (Lwl) (A)
	TPI	=	ตันต่อนิ้ว (เมื่อเรือลอยอิสระ, Dm ขณะยก)
	MTI	=	โมเมนต์ที่ทำให้เรือทริมเท่ากับ 1 นิ้ว (เมื่อเรือลอยอิสระ, Dm ขณะยก)

5. การแก้ไขการทรงตัวของเรือ เมื่อเรือใกล้จะล่มคว่ำ ค่าแก้ไขและวิธีการดูจากข้อ 6. เพื่อแก้ไข ผลที่กระทบกับความแข็งแรงของตัวเรือและความสามารถที่จะลอยลำต่อไปได้

19. การเตรียมการเพื่อต่อต้านความเสียหาย (Preparing Ship to Resist Damage)

1. วัตถุประสงค์

อาจกล่าวได้ว่า 90% ของการป้องกันความเสียหายเรือกระทำก่อนที่เรือจะเสียหาย การเตรียมการที่ได้อย่างถูกต้องสามารถบรรเทาความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเรือได้เป็นอย่างมาก สิ่งที่ต้องเตรียมการก่อนการเกิดความเสียหายประกอบด้วย

1.1 ออกแบบระบบการป้องกันความเสียหาย

1.2 ศึกษาชนิดประเภทความเสียหายรวมทั้งการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับเรืออื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการประมาณความเสียหายของเรือ และมาตรการแก้ไขเมื่อเกิดความเสียหายในกรณี คล้ายๆกัน ซึ่งจะช่วยให้เจ้าหน้าที่ป้องกันความเสียหายมีประสบการณ์ความชำนาญรวมทั้งเข้าใจถึงระบบห้องกันน้ำและการทรงตัวของเรือที่ตนเองปฏิบัติงานอยู่ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นกับเรือจริง ๆ แล้วจะไม่มีเวลามากนัก โดยเฉพาะการคำนวณที่ต้องอาศัยทักษะความชำนาญจะไม่สามารถทำได้ถูกต้องภายในช่วงเวลาจำกัด

2. การป้องกันน้ำท่วมก่อนเรือเสียหาย

ความเร็วและถูกต้องแม่นยำเป็นหัวใจของการป้องกันน้ำท่วม เจ้าหน้าที่ประจำหน่วยป้องกันความเสียหายและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนจะต้องมีความคุ้นเคยกับอุปกรณ์ที่จัดเตรียมไว้สำหรับแก้ปัญหาการสูญเสียวงทรวงตัวเนื่องจากการเอียงทางขวาง (List) และการเอียงทางยาว (Trim) ทั้งนี้เรือควรจะต้องจัดทำคู่มือประกอบดังต่อไปนี้

2.1 คู่มือการระบายน้ำที่ท่วมขังตามที่ตั้งต่าง ๆ (Drainage Bill) เนื่องจากอุปกรณ์ช่วยสูบน้ำระบายน้ำ เช่น เครื่องสูบน้ำแบบเคลื่อนที่และแบบประจำที่หรือเครื่องมือสูบน้ำของเหลวอย่างอื่น มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในเรื่องของการลดผลจากผิวน้ำอิสระจากปัญหาน้ำท่วม ผู้เกี่ยวข้องกับการป้องกันความเสียหายควรทราบขั้นตอนและวิธีการใช้ที่ถูกต้อง เช่น การสูบน้ำจากกราบที่เอียงไปยังกราบตรงข้ามจะแก้ปัญหาการเอียงของเรือได้เป็นอย่างดีแต่วิธีการนี้กลับเป็นอันตรายหากใช้ไม่ถูกต้องกับเรือที่มีระยะ GM เป็นลบ หรือไม่ได้ผลมากนักกับเรือที่น้ำท่วมเสมอกันทั้ง 2 กราบหรือไม่ได้ผลเลยกับเรือที่น้ำท่วมถึงกันได้ทั้ง 2 กราบ

2.2 คู่มือปลดถ่ายน้ำหนัก (Jettison Ship Bill) การปลดถ่ายน้ำหนักบนคานดาฟ้าหรือในส่วนที่อยู่สูงจะต้องคำนึงถึงเวลาในการปฏิบัติและความชำนาญของผู้ใช้เครื่องมือช่วยยก และที่สำคัญที่สุดคือการสูญเสียอำนาจการรบที่ตามมา คู่มือที่กำหนดแนวทางและขั้นตอนการปลดถ่ายน้ำหนักควรจะต้องประกอบด้วยลำดับขั้นตอนของการกำหนดชนิดน้ำหนักที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายและมีอันตรายต่อความสามารถในการทรงตัวของเรือน้อยที่สุด ซึ่งจะต้องระบุระยะ GM ที่สูญเสียหรือเพิ่มขึ้นในระหว่างการเคลื่อนย้ายจนกระทั่งน้ำหนักแต่ละชิ้นออกจากเรือจนเสร็จ นอกจากนั้นน้ำหนักที่กำหนดควรจะเป็นปริมาณที่เมื่อปฏิบัติการแล้วมีประสิทธิภาพช่วยรักษาหรือแก้ไขความเสียหายให้กับเรือได้เป็นอย่างมากด้วย

2.3 คู่มือสูบน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Oil Transfer Bill) คู่มือนี้ควรจัดทำให้สอดคล้องกับปฏิบัติการเกี่ยวกับการสูบน้ำมันของถังต่าง ๆ และระบบการใช้น้ำอับเฉาถ่วงเรือ เพราะการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องอาจสร้าง

โมเมนต์ทางขวางที่เป็นอันตรายต่อการทรงตัวของเรือ กลุ่มนี้ควรระบุจำนวนของน้ำมันและน้ำอับเฉา ที่ควรสูบถ่ายเพื่อช่วยป้องกันความเสียหายในลักษณะต่างๆ นอกจากนั้นควรระบุอัตราการสูบถ่ายในกรณีที่ต้องการเพิ่มโมเมนต์ทางขวางอย่างรวดเร็วและควรแสดงหลักนิยมในการปิดประตูล้นก้นน้ำตามช่องทางต่าง ๆ

2.4 กลุ่มต่อต้านน้ำท่วม เรือที่ติดตั้งระบบป้องกันตอร์ปิโดและเรือบรรทุกเครื่องบิน มักมีระบบที่ช่วยถ่วงให้เรือเอียงไปยังด้านตรงข้ามที่เสียหายได้อย่างรวดเร็ว เพื่อช่วยเอียงเรือกลับเมื่อถูกยิงด้วยตอร์ปิโดป้องกันมิให้น้ำท่วมลูกลามรวดเร็วเกินไปจนทำความเสียหายให้กับ เครื่องจักร อุปกรณ์และเครื่องบินที่จอดอยู่ใต้คาตฟ้าเรือทั้งสองประเภทดังกล่าวและเรืออื่นที่มีความพร้อม ควรจัดทำหลักนิยมการปิด/เปิดล้นถ่วงน้ำดังกล่าวไว้ด้วย

2.5 กลุ่มความเสียหายจากน้ำท่วม (Flooding Effect Bill) เป็นกลุ่มที่ระบุผลของผิวน้ำอิสระอันเกิดจากน้ำท่วมตามที่ต่าง ๆ ในลักษณะตารางแสดง Free Surface Effect ต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะ GM ของเรือ และอาจรวมถึงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระยะ GM เมื่อมีการเคลื่อนย้าย, เพิ่ม หรือลดน้ำหนักตามที่ต่าง ๆ

3. การเตรียมการขององค์วัตถุ ประกอบด้วย

3.1 ตรวจตราความพร้อมของประตูและฝักกั้นน้ำ

3.2 ติดตั้งอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน

3.3 เตรียมอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายให้มีจำนวนมากพอ และตรวจสอบให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานเสมอ

4. การควบคุมน้ำหนัก

เรือบรรทุกออกแบบให้มีระยะ Freeboard และแรงลอยตัวสำรอง (Reserve Buoyancy) เหมาะสมและมากพอสอดคล้องกับสมรรถนะตามภารกิจหลักของเรือทั้งนี้รวมถึงความสามารถในการรับน้ำที่เพิ่มเข้ามาในเรือเนื่องจากเรือทะเล ความสามารถดังกล่าวคำนวณจากรายการน้ำหนักประจำที่และไม่ประจำที่ในส่วนที่จำเป็นกับเรือและสอดคล้องกับข้อมูลการออกแบบเรือ เมื่อใช้งานเรือไปสักระยะเรือมักจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่ละนิดทั้งนี้เนื่องจากเป็นธรรมชาติที่ผู้ปฏิบัติงานในเรือทุกคนจะทยอยนำสัมภาระที่ไม่จำเป็นขึ้นเรือซึ่งเป็นการลดระยะ Freeboard ของเรือโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ สิ่งนี้สามารถใช้เป็นเหตุผลในการห้ามมิให้นำสิ่งของขึ้นเรือโดยมิได้รับอนุญาตซึ่งเป็นหลักถือปฏิบัติของเรือ โดยทั่วไป ผลของการที่เรือบรรทุกน้ำหนักเกินกำหนด สรุปได้ดังนี้

4.1 ความต้านทานระหว่างเรือกับน้ำเพิ่มขึ้นตามขนาดระวางขับน้ำที่เพิ่มขึ้น ความเร็วเรือจึงลดลง

4.2 วงหันเรือลดลงเมื่อระวางขับน้ำเพิ่มขึ้น

4.3 ระยะ GM ของเรือมักเพิ่มขึ้นเป็นผลให้สมรรถนะการทรงตัวลดลง

4.4 ความเค้นในทางยาว (Longitudinal Stress) เพิ่มขึ้น

4.5 ความทนทะเลลดลง เพราะระยะ Freeboard ลดลง เป็นผลให้

4.5.1 กำลังลอย (Reserve Buoyancy) ลดลง

4.5.2 ช่วงการทรงตัวเป็นบวก (Range of Stability) ลดลง

4.5.3 โอกาสที่คาตฟ้าเปียกเพิ่มขึ้นเมื่อเรือแล่นในคลื่น

20. มาตรการการแก้ไขความเสียหายของเรือ

(Corrective Measure)

มาตรการในการแก้ไขความเสียหายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

ก **มาตรการการปฏิบัติ ณ ที่เกิดเหตุ** (Immediate Local Measure) คือ การปฏิบัติโดยหน่วยป้องกันความเสียหาย ณ ที่เกิดเหตุในการดับไฟ, การผิมน้ำ หรือ การซ่อมทำฉุกเฉิน

ข **มาตรการการรักษาสถานภาพของเรือโดยรวม** (Overall Ship Survival Measures) คือ มาตรการต่าง ๆ ที่กระทำโดยนายทหารช่างกล โดยคำแนะนำจากศูนย์ป้องกันความเสียหาย ในการควบคุมการเอียงของเรือ (List), การรักษาระดับการกินน้ำลึกหัวท้าย (Trim), การรักษาการลอยตัว (Buoyancy), การรักษาความสามารถในการทรงตัว (Stability), การรักษาความแข็งแรงของโครงสร้างของเรือ (Hull Strength)

1. มาตรการการปฏิบัติ ณ ที่เกิดเหตุ (Immediate Local Measure)

มาตรการการปฏิบัติ ณ ที่เกิดเหตุ ประกอบด้วยความพยายามต่าง ๆ ในการสำรวจความเสียหาย ณ ที่เกิดเหตุ รายงานขอบเขตของความเสียหายไปยังศูนย์ป้องกันความเสียหาย ซึ่งในการปฏิบัติจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้

- 1.1 กำหนดขอบเขตของการเกิดน้ำท่วม โดยกำหนดตำแหน่งของผนังเรือ คาดฟ้าเรือชั้นแรก
- 1.2 ควบคุมและกำจัดต้นเหตุของไฟ
- 1.3 กำหนดขอบเขตการป้องกันน้ำท่วมชั้นที่สอง เพื่อใช้ในการควบคุมน้ำท่วมในกรณีที่ขอบเขตการป้องกันชั้นแรกล้มเหลว
- 1.4 การเข้าไปยังห้องที่เกิดน้ำท่วมเพื่อทำการ อุด, ปะ, กำจุน และสูบน้ำออกจากห้อง
- 1.5 จำแนกความเสียหายที่เกิดจากระบบท่อทาง และ ระบบไฟฟ้า
- 1.6 ซ่อมทำระบบท่อทางให้สามารถใช้งานได้ตามปกติ
- 1.7 ซ่อมทำระบบไฟฟ้ากำลัง
- 1.8 ซ่อมทำระบบสื่อสารฉุกเฉิน และ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- 1.9 ช่วยเหลือผู้ประสบบาดเจ็บ
- 1.10 เคลื่อนย้ายโครงสร้างที่เกิดการเสียหาย, ขยะ, น้ำมัน และ ทำความสะอาด
- 1.11 ควบคุมและจำกัดขอบเขตพื้นที่อันตราย
- 1.12 ระบายอากาศและแก๊สพิษออกจากห้อง
- 1.13 ตรวจสอบสารเคมีตกค้าง

มาตรการการปฏิบัติ ณ ที่เกิดเหตุเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง การตัดสินใจในการปฏิบัติ ไม่ได้เป็นการตัดสินใจจากศูนย์ป้องกันความเสียหาย แต่เป็นการตัดสินใจจากผู้ควบคุม ณ ที่เกิดเหตุ ซึ่งต้องไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาดจนความเสียหายที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นหน่วยป้องกันความเสียหายจะต้องได้รับการฝึกฝนให้สามารถปฏิบัติต่อ

ความเสียหายที่เกิดขึ้นด้วยความถูกต้องและรวดเร็ว อย่างไรก็ตามศูนย์ควบคุมความเสียหายต้องให้คำแนะนำที่ถูกต้องแก่หน่วยป้องกันความเสียหายอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้หน่วยป้องกันความเสียหายที่ทำงานแยกจากกัน สามารถประสานงานในการทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงคำแนะนำต่าง ๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการปฏิบัติกับความเสียหายแก่หน่วยป้องกันความเสียหาย

2. มาตรการการรักษาสถานภาพของเรือโดยรวม (Over-All Ship-Survival Measures)

ข้อมูลโดยทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับมาตรการการรักษาสถานภาพของเรือโดยรวมประกอบด้วย

2.1 การปฏิบัติในการสำรวจความเสียหายโดยรวมมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- 2.1.1 เพื่อปรับปรุงระยะ GM และความสามารถในการทรงตัวโดยรวม
- 2.1.2 เพื่อแก้ไขปัญหาน้ำหนักนอกแนวศูนย์กลางเรือ
- 2.1.3 เพื่อปรับปรุงแก้ไขแรงลอยตัว
- 2.1.4 เพื่อปรับปรุงแก้ไขปัญหาการเอียงของเรือ
- 2.1.5 เพื่อลดค่าความเค้นของเรือที่เสียหาย

2.2 ผลกระทบเนื่องจากวัตถุประสงค์ตามมาตรการดังกล่าวย่อมส่งผลกระทบต่อสถานภาพของเรือโดยรวมในทางอื่นๆ มาตรการการปฏิบัติเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์อาจเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายน้ำหนัก การซ่อมทำห้องต่าง ๆ การปฏิบัติเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ข้อใดข้อหนึ่งอาจมีผลกระทบอย่างมากต่อวัตถุประสงค์ ข้ออื่น ๆ ดังนั้นการตัดสินใจเลือกมาตรการในการแก้ไข อาจหมายถึงการดำรงอยู่ หรือทำให้เกิดการสูญเสียเรือได้ ดังนั้นการตัดสินใจเพื่อเลือกมาตรการการแก้ไขของนายทหารช่างกลจึงต้องขึ้นอยู่กับ

- 2.2.1 ความรู้ความเข้าใจในการทรงตัวของเรือและคุณลักษณะของห้องต่าง ๆ
- 2.2.2 ความรู้ความเข้าใจในลักษณะโดยธรรมชาติและขอบเขตของความเสียหาย
- 2.2.3 ผลกระทบต่อการแก้ไขตามวัตถุประสงค์หนึ่งกับวัตถุประสงค์อื่น ๆ

2.3 การแก้ไขเนื่องจากการย้ายน้ำหนัก หรือ การเพิ่ม – ลดน้ำหนัก มีผลกระทบต่อทริมของเรือ และเช่นเดียวกันการย้ายน้ำหนักหรือการเพิ่ม – ลดน้ำหนักในทางแนวยาวของเรือมีผลต่อความเค้นในโครงสร้างของเรือ

3. มาตรการในการปรับปรุงค่า GM และการทรงตัวโดยรวมของเรือ

การปรับปรุงการทรงตัวของเรือสามารถกระทำได้ โดยการกำจัดผลของพิวหน้าอิสระ, การกำจัดน้ำหนักที่อยู่สูง, การเพิ่มน้ำหนักในที่ต่ำ, การซ่อมทำรอยเปิดตู้ทะเล, การกู้ระยะฟรีบอร์ดที่สูญเสียไป โดยมีมาตรการดังนี้

- 3.1 กำจัดผลของพิวหน้าอิสระ
- 3.2 การรื้อถอนน้ำหนักที่อยู่สูง
- 3.3 การถ่วงเรือ
- 3.4 การถ่วงน้ำหนักลงสู่ที่ต่ำ
- 3.5 การซ่อมทำผนังห้องต่าง ๆ

4. การกำจัดผลของผิวหน้าอิสระโดยการสูบน้ำออก

การสูบน้ำออกจากเรือเพื่อลดผลของผิวหน้าอิสระสามารถกระทำได้โดยการใช้ ระบบสูบน้ำห้องเรือ, เครื่องสูบน้ำเคลื่อนที่ หรือ การใช้ถังตัก การสูบน้ำออกจากเรือ สามารถกระทำได้โดยตรง หรือการถ่ายน้ำลงไปยังห้องที่อยู่ในระดับต่ำกว่าก่อนที่จะทำการถ่ายน้ำลงไปยังห้องที่อยู่ในระดับต่ำกว่าก่อนที่จะทำการสูบน้ำออกนอกเรือ ผลของความคงทนทะเลของเรือจากการแก้ไขโดยการสูบน้ำออกจากเรือ คือ

4.1 เป็นการปรับปรุงค่า GM ผลการทรงตัวของเรือโดยรวม โดยการกำจัดผลของผิวหน้าอิสระ ยิ่งไปกว่านั้นถ้าพื้นที่ท่วมอยู่ในระดับสูง การสูบน้ำออกจึงเป็นการเคลื่อนย้ายน้ำหนักในที่สูง การย้ายน้ำหนักจะเป็นผลทำให้ระยะฟรีบอร์ดเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของระยะฟรีบอร์ดมีผลให้ค่า GM มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้การทรงตัวของเรือดีขึ้น

4.2 เป็นการปรับปรุงการทรงตัวของเรือโดยรวม โดยการย้ายน้ำหนักที่ไม่ได้อยู่ในแนวศูนย์กลางออกไปในกรณีในห้องที่เกิดน้ำท่วมไม่ได้อยู่ในแนวศูนย์กลางลำเรือ

4.3 ปรับแก้แรงสำรองในการลอยตัว

5 การกำจัดผลของผิวหน้าอิสระโดยการสูบน้ำเข้าจากทะเล

5.1 ข้อดีของการสูบน้ำเข้าห้องที่เกิดการเสียหาย คือ ในกรณีที่การเพิ่มน้ำหนักของน้ำทะเลที่สูบน้ำเข้าไปทำให้ค่าจุดศูนย์กลางของน้ำหนักมีค่าต่ำลงจนไม่เกิดการสูญเสียการทรงตัว แต่น้ำที่สูบน้ำเข้าไปจะมีผลทำให้ค่าฟรีบอร์ดมีค่าลดลง ส่วนในกรณีอื่น ๆ การสูบน้ำออกจะให้ผลที่ดีกว่า

5.2 ในกรณีที่อากาศที่ถูกกักอยู่ในห้องทำให้เกิดผลของผิวหน้าอิสระเมื่อได้ทำการเติมน้ำเข้าไป ดังนั้นผู้ออกแบบเรือต้องออกแบบเรือให้มีท่อระบายสำหรับห้องที่อยู่ใต้น้ำ เพื่อให้สามารถเติมน้ำเข้าไปได้จนเต็ม หรือเพื่อให้สามารถควบคุมกำลังดันภายในห้องเพื่อใช้ควบคุมปริมาณน้ำที่เข้าเรือเพื่อป้องกันการเสีระยะฟรีบอร์ด การแก้ไขโดยการรักษากำลังดันภายในห้อง จะเป็นการดีกว่าการสูบน้ำเข้าไป เนื่องจากการสูบน้ำเข้าไปจะทำให้เกิดการเพิ่มน้ำหนักนอกแนวศูนย์กลาง

5.3 ผลของความทนทานของเรือจากการแก้ไขโดยการสูบน้ำเข้าเรือ คือ

5.3.1 เป็นการปรับปรุงค่า GM และการทรงตัวของเรือโดยรวม โดยการกำจัดผลของ ผิวหน้าอิสระ แต่ถ้าห้องนี้ไม่ได้ต่ำกว่าแนวน้ำ การแก้ไขจะไม่บังเกิดผล เพราะจะเป็นการเพิ่มน้ำหนักในทางสูง ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียระยะฟรีบอร์ด

5.3.2 ถ้าห้องที่ถูกน้ำท่วมอยู่นอกแนวศูนย์กลางลำเรือ การเพิ่มน้ำหนักเข้าไปจะทำให้เกิดผลเสียต่อการทรงตัวของเรือ

5.3.3 มีผลทำให้แรงสำรองในการลอยตัวลดลง

6 การกำจัดผลของผิวหน้าอิสระโดยวิธีการสูบน้ำของเหลวภายในเรือ

วิธีการและผลของกำลังผลของผิวหน้าอิสระโดยการสูบน้ำของเหลวภายในเรือ มีดังนี้

6.1 ถ้ามีถังน้ำที่ไม่ได้ถูกเติมจนเต็มมากกว่า 1 ถัง เราสามารถลดผลของผิวหน้าอิสระได้ โดยการสูบน้ำของเหลวจากถังอื่นมาใส่จนเต็ม ตัวอย่างเช่น การถ่ายน้ำจากถังปีก (Wing Tank) ที่อยู่ในระดับสูงลงสู่ถังท้องเรือ (Bottom Tank) แต่ถ้าถังปีกมีลักษณะแคบ คือมีความกว้างน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความกว้างของเรือ จะไม่เกิดผลของผิวหน้าอิสระ

6.2 ผลของความทันทานทะเลของเรือจากการแก้ไขโดยการสูบน้ำของเหลวภายในเรือ มีดังนี้

6.2.1 เป็นการปรับปรุงค่า GM และการทรงตัวของเรือโดยรวม เนื่องจากการกำจัดผลของผิวหน้าอิสระ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการถ่ายเทน้ำหนักลงสู่ที่ต่ำ

6.2.2 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักในแนวกลางลำ ถ้าเป็นการถ่ายเทน้ำหนักอย่างสมดุล

6.2.3 ไม่มีผลต่อแรงสำรองในการลอยตัว

7. การแก้ไขการทรงตัวของเรือโดยการถ่วงเรือ

การถ่วงเรือเป็นวิธีการในการปรับปรุงค่า GM และการทรงตัวของเรือโดยรวมโดยการเพิ่ม น้ำหนักในที่ต่ำ โดยมีวิธีการและการปฏิบัติดังต่อไปนี้

7.1 การถ่วงเรือ คือ วิธีการในการเติมน้ำเข้าไปในท้องที่อยู่ต่ำกว่าเส้นแนวน้ำ เพื่อเป็นการปรับปรุงการทรงตัวของเรือ การถ่วงเรือโดยปกติจะกระทำก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้นกับเรือ การเพิ่มน้ำหนักให้แก่เรือภายหลังจากได้รับความเสียหาย อาจเป็นการปรับปรุงค่า GM ให้ดีขึ้น ถ้าหากว่าค่าฟรีบอร์ดและค่าสำรองของการลอยตัวสามารถรองรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นได้ เรือเปล่าที่ได้รับความเสียหายอาจมีการทรงตัวที่ดีขึ้นเมื่อได้รับการถ่วงเรือ

7.2 การถ่วงเรือสามารถกระทำได้โดย

7.2.1 การเติมน้ำ, น้ำมันเชื้อเพลิง ลงถึงน้ำอับเฉา

7.2.2 การสูบน้ำออกจากถังน้ำอับเฉาโดยระบบสูบน้ำท้องเรือ

7.2.3 การเติมน้ำลงในถังควรเป็นการเติม โดยเติมลงถังโดยตรง เนื่องจากการเติมน้ำลงถังใดถังหนึ่งมากเกินไปจากระบบสูบน้ำภายในเรือ จะทำให้ความสมดุลเสียไป การถ่วงเรือภายหลังจากที่เรือได้รับความเสียหาย ควรกระทำกับห้องหรือถังที่อยู่ในแนวกลางลำ หรือกับห้องที่มีลักษณะสมดุลย์กัน แต่อยู่คนละกราบถังที่ใช้ในการถ่วงเรือ ไม่ควรจะมีช่องทางเชื่อมต่อกันเนื่องจากอาจจะทำให้การเติมน้ำในการถ่วงเรือไม่เท่ากัน และการเติมน้ำในการถ่วงเรือควรมีการตรวจวัดอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในการถ่วงเรือ

7.3 ในระหว่างการถ่วงเรือจะเกิดผลของผิวหน้าอิสระชั่วคราวขึ้น ผลของผิวหน้าอิสระชั่วคราว ไม่ก่อให้เกิดอันตรายถ้าความกว้างของถังที่ใช้มีค่าน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความกว้างเรือ และ ถ้าห้องได้ถูกเติมน้ำจนเต็ม ผลของความทันทานทะเลในการเพิ่มประสิทธิภาพการทรงตัวโดยการถ่วงเรือ ประกอบด้วย

7.3.1 เป็นการปรับปรุงค่า GM และการทรงตัวของเรือโดยรวม เนื่องมาจากการเพิ่มน้ำหนัก ในที่ต่ำ ซึ่งเป็นการลดค่า G ลงมากกว่าการลดค่าฟรีบอร์ด ลดค่า M

7.3.2 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักนอกแนวศูนย์กลางลำเรือ เว้นเสียแต่ว่าการถ่วงเรือกระทำโดยไม่สมดุล

7.3.3 เป็นการลดค่าแรงสำรองการลอยตัว

8. การแก้ไขการทรงตัวของเรือโดยการเคลื่อนย้ายน้ำหนักของของเหลวลงสู่ที่ต่ำ

8.1 การปรับปรุงการทรงตัวของเรือสามารถกระทำได้โดยการเคลื่อนย้ายน้ำหนักของของเหลวลงสู่ที่ต่ำ ซึ่งสามารถกระทำได้ 2 วิธีคือ

8.1.1 ระบายน้ำที่เกิดจากความเสียหายลงสู่ห้องที่อยู่ต่ำกว่าภายหลังจากที่ได้ทำการอุดรอยรั่วเรียบร้อยแล้ว

8.1.2 การสูบน้ำของเหลวไปลงถึงท้องเรือ ผลของผิวหน้าอิสระที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติการจะไม่มีผลสำคัญ ถ้าความกว้างของถังที่ใช้มีค่าน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความกว้างเรือ มาตรการนี้ควรหลีกเลี่ยงถ้าเป็นการระบายน้ำจากกราบหนึ่งไปยังอีกกราบหนึ่ง หรือถ้าเป็นกรณีทำให้เกิดแรงนอกศูนย์กลางขึ้น

8.2 ผลของความคงทนทะเลเนื่องจากการถ่ายน้ำหนักลงสู่ที่ต่ำ คือ

8.2.1 เป็นการปรับปรุงค่า GM และการทรงตัวของเรือโดยรวมเนื่องมาจากการย้ายน้ำหนัก ของของเหลวลงสู่ที่ต่ำเพื่อพยายามลดผลของผิวหน้าอิสระ

8.2.2 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักในแนวศูนย์กลาง เว้นเสียแต่ว่าของเหลวได้มีการสูบน้ำถ่ายของเหลวขางลำมากกว่าเป็นสูบน้ำลงสู่ที่ต่ำ

8.2.3 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในแรงสำรองการลอยตัว

21. การทดสอบและตรวจการผิวก้น้ำ

ก. การตรวจทั่วไป

1. นายทหารเรือพันจ่าที่ได้รับมอบหมายจากผู้บังคับการเรือ ให้ทำการตรวจห้องทุกห้อง (เว้นแต่ห้องถัง Tanks หรือห้องว่าง (Void) โดยเฉพาะ) ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

2. หัวหน้าเหล่า (แผนก) ซึ่งโดยคำแนะนำและการตรวจด้วยตัวเองต้องดูแลว่าห้องต่าง ๆ เครื่องมือ เครื่องใช้ที่อยู่ในความรับผิดชอบของตนนั้น พร้อมใช้อยู่เสมอ และอยู่ในสภาพสะอาดและการเก็บรักษาที่ดี ต้องรายงานต่อผู้บังคับบัญชาทันทีที่ตรวจพบว่าเครื่องมือดังกล่าวชำรุดสูญหาย หรืออยู่ในสภาพใช้งานไม่ได้ และต้องทำการ ซ่อมทำ

3. ความมุ่งหมายในการตรวจเหล่านี้ เพื่อความประสงค์ดังนี้

- ก. ความสะอาด
- ข. การเก็บรักษาให้พร้อมใช้งาน
- ค. การผิวก้น้ำ

4. การแบ่งจำนวนห้องในการตรวจสอบ ให้เป็นไปตามเขตรับผิดชอบของหัวหน้าเหล่า ความรับผิดชอบของนายภาค (นายตอน) ปรากฏอยู่ตามที่กำหนดไว้ในสถานีบัตร ซึ่งรวมถึง

- ก. วิธีการปฏิบัติและความรับผิดชอบ
- ข. ตัวเรือภายนอก – ตามขอบเขตของนายภาค (นายตอน)
- ค. ตัวเรือภายใน – ตามขอบเขตของนายภาค
- ง. อื่น ๆ ที่กำหนดให้เป็นหน้าที่รับผิดชอบของนายภาค (นายตอน)

5. เมื่อดำเนินการตรวจแล้วให้รายงานไปยังผู้บังคับการเรือตามแบบฟอร์มของการรายงานตัวเรือ (Hull Report)

ก. การประเมินค่าความสำคัญของรายงานตัวเรือ ต้องไม่ประเมินต่ำเกินไป การตรวจตราอย่างรอบคอบโดยหัวหน้าเหล่าหรือพรรคและผู้ช่วย จะแสดงให้เห็นถึงสภาพที่ชำรุดของการผิวก้น้ำได้อย่างชัดเจน ซึ่งอาจจะรอดผ่านสายตาไปจนกว่าจะถึงการตรวจ Air Tests คราวหน้าได้

6. การรายงานตัวเรือมาตรฐาน (Hull Report Standard)

ก. แนวทางการกำหนดแบบฟอร์มการรายงานตัวเรือ ดังที่ได้แนบมาด้วยตามผนวก ก. ซึ่งอาจกำหนดโดยผู้บังคับการกองเรือหรือผู้บังคับการเรือก็ได้ โดยธรรมดาแล้ว เรือแต่ละลำจะกำหนดแบบฟอร์มขึ้นเอง แต่บางครั้งอาจกำหนดเป็นขั้นของเรือก็ได้

ข. การให้คะแนนมาตรฐาน

1. การรักษาความสะอาด และการระวังรักษา

- | | |
|-------------|-----------|
| ก. ดีเยี่ยม | 3.5 - 4.0 |
| ข. ดีมาก | 3.0 - 3.5 |
| ค. ดี | 2.5 - 3.0 |

ง. ไม่พอใช้	ต่ำกว่า 2.5
2. อำนาจการผิมน้ำ	
ก. ใช้ได้	4.0
ข. ใช้ไม่ได้	0.0

ค. รายงานเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ ที่อาจรวมอยู่ในรายงานตัวเรือด้วย คือ

1. สภาพของการผิมน้ำ การผิมน้ำวัน และประตูกันแสง ฝาจุมโพล่ ฝาครอบ Manhole และสลักกลอนขีดประตูที่ออกไปยังคาคฟ้าใหญ่ และยางผิมน้ำต่าง ๆ
2. สภาพการเก็บเครื่องมือดับไฟ ไฟฉายฉุกเฉิน (Battle Lanterns) และเครื่องมือเครื่องใช้ทางไฟฟ้าต่าง ๆ
3. สภาพเครื่องมือที่ให้ความปลอดภัยแก่เครื่องจักร และพลประจำเรือทั้งทางกล และไฟฟ้า
4. รายละเอียดเกี่ยวกับข้อเท็จจริงในการซ่อมทำที่จำเป็น
5. รายการตรวจสอบประจำที่ เรือแต่ละลำอาจกำหนดขึ้นเองได้

7. ช่วงระยะเวลาการตรวจสอบ

ก. ตามเวลาที่กำหนดไว้ - ตรวจสอบทุกห้องเว้นแต่

1. ห้องใต้ท้องเรือ (Cofferdams) ที่มีแก๊สเฉื่อยเต็ม
2. ห้องใต้ท้องเรือ
3. ห้องถังว่าง (Voids)
4. ห้องระหว่างใต้ท้องเรือ (Double Bottoms)
5. ถังน้ำจืด (ทั้งน้ำเข้าหม้อและน้ำที่เก็บไว้สำรองใช้)
6. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง ถังถ่วงและถังน้ำมันเบนซินต่าง ๆ

ข. ระยะเวลาระหว่างยกเครื่องกับกำลังจะยกเครื่อง

1. ห้องระหว่างใต้ท้องเรือที่ไม่ได้ใช้งาน
2. ห้องถังว่าง (Voids)
3. ห้องใต้ท้องเรือ (Cofferdams)

ค. ระหว่างเวลายกเครื่องตามปกติ

1. ห้องระหว่างใต้ท้องเรือและถังต่าง ๆ ที่โดยธรรมดาจะบรรจุน้ำจืดไว้

 ก. ถ้ำถังเหล่านี้ว่างจะลงโดยเหตุใดก็ตาม ในระหว่างการยกเครื่องโดยปกติควรจะได้ตรวจถังเหล่านี้ในทันใดขณะนั้น

2. ห้องใต้ท้องเรือที่มีแก๊สเฉื่อยปรากฏอยู่ (Cofferdams)

 ก. ถ้าได้มีการระบายแก๊สนี้ระหว่างการยกเครื่อง ต้องตรวจทันที

 ข. ถ้าตรวจพบว่าถังนี้เริ่มเป็นสนิมหรือเป็นสนิมอย่างมาก จะต้องทำการใหม่

ทันทีภายใน 6 เดือน

3. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง

ก. เรือที่มีถังน้ำมันที่ไม่ใช่ถังน้ำถ่วง ต้องทำความสะอาดและตรวจทุก ๆ 18 เดือน หรือระหว่างที่เรือเข้าอู่ซ่อมตามปกติ (Regular Overhaul) เลือกตรวจถังที่คาดว่าฝาผนังเป็นสนิมผุพัง หรือน้ำมันตกตะกอนก้นถัง

ข. เรือที่มีถังน้ำมันที่ใช้เป็นถ่วง จะต้องทำการตรวจถังเหล่านี้เป็นจำนวน 10 % ของจำนวนถังที่มีอยู่ทุก ๆ 18 เดือน หรือระหว่างที่เรือเข้าอู่ซ่อมตามปกติ (Regular Overhaul)

1. จำนวนถังที่รับการตรวจจะต้องไม่เกินครึ่งละ 4 ถัง

2. เลือกตรวจถังที่คาดว่าอยู่ในสภาพที่เลว

3. ในกรณีที่ตรวจพบว่าถังมีถังหมักและมีตะกอนน้ำมันมาก ต้องทำการตรวจถังอื่น ๆ ต่อไปเพิ่มขึ้นอีก

ค. ต้องทำบันทึกผลการตรวจถังน้ำมันเหล่านี้ไว้ด้วย

1. ต้องคูประวัติของตัวเรือขณะทำการตรวจด้วย

2. ในช่องหมายเหตุที่จะต้องลงข้อความเพิ่มเติมต้องปิดใน 31 ธ.ค. ของทุกปี และต้องลงวันที่ทำการตรวจครั้งสุดท้ายด้วย

ข. การทดสอบและตรวจสอบการผนึกน้ำ (Watertight Integrity Tests and Inspections)

1. ต้องทำการตรวจเป็นรายห้องไป และต้องกำหนดวิธีทดสอบหรือตรวจสอบด้วย

2. ตารางการตรวจสอบนั้น จะต้องกำหนดโดย Naval Ships System

ก. ถ้าไม่มีตารางการตรวจให้ทำการตรวจรั่วซึม (Leakage) และการตรวจทางสายตา (Visual Inspections) ดังรายละเอียดข้างล่างนี้ (ในข้อ 4 และ 5)

3. แบบการทดสอบและตรวจสอบ (Types of Tests or Inspections)

ก. การรั่วซึม (Leakage)

ข. การตรวจด้วยสายตา (Visual)

ค. การตรวจด้วยเครื่องและอากาศ (Air Tests)

4. การตรวจรั่วซึม (Leakage)

ก. ต้องทำการตรวจผนังทุก ๆ 6 เดือน

ข. วิธีการตรวจ

1. ต้องเติมน้ำมันให้เต็มตามที่กำหนดไว้

2. ตรวจผนังห้องทุกผนังที่กั้นระหว่างถังน้ำมันหรือถังน้ำกับห้องที่แห้ง

3. ถ้าถังมีของเหลว (น้ำมัน น้ำ ฯลฯ) ไม่เต็มตามที่กำหนดไว้ในระหว่างเวลา 18 เดือน ให้ดำเนินการตรวจด้วยเครื่องและอากาศ มิฉะนั้น ต้องทำการตรวจด้วยสายตา (Visual Inspection)

5. การตรวจด้วยสายตา (Visual Inspection)

ก. ปฏิบัติตามเวลาที่กำหนดหรือตามคำสั่งผู้บังคับการเรือ ทุก ๆ 6 เดือน

ข. วิธีการตรวจ

1. ทำห้องที่จะตรวจให้มีมืดสนิท
2. เปิดไฟแสงสว่างในห้องข้างเคียงให้หมดทุกห้อง
3. กราดแสงตรวจตามรอยตะเข็บต่อระหว่างคาดฟ้า พื้น กับฝาผนัง กราดแสงรอบ ๆ ฝา

ประตูเปิด – ปิด ตามช่องเจาะเพื่อให้สายไฟต่อทางต่าง ๆ ผ่านทะลุ เพื่อหารอยรั่วตามบริเวณที่มีแสงไฟผ่านทะลุไปได้หรือไม่

6. บททั่วไป (General)

ก. ห้องที่ต้องตรวจด้วยสายตา ในเมื่อไม่สามารถทำการตรวจด้วยเครื่องและอากาศได้ ห้องที่กำหนดนั้นโดยธรรมชาติจะมีช่องทางผ่านในแนวตั้ง เช่น

1. ห้องเครื่องและห้องหม้อ
2. ยุงโซ่
3. ห้องเก็บพัสดุภัณฑ์
4. ช่องทางลำเลียง (Uptakes)

ข. ห้องดังกล่าวในข้อ (ก) จึงต้องทำการตรวจอย่างรอบคอบมากที่สุด

1. แนะนำให้เปลี่ยนเจ้าหน้าที่ ผลัดกันตรวจ เพราะมีฉะนั้นคนตรวจคนเดียวกันมักจะมองข้ามจุดอ่อนเป็นจุดเดียวกันเสมอ

7. การตรวจด้วยเครื่องและอากาศ (Air Tests)

ก. การตรวจหารอยทะลุรั่วของห้องในเรือด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

ข. การตรวจเช่นนี้จะกระทำต่อเมื่อได้รับการจัดเวลาให้เท่านั้น เพราะในการตรวจต้องใช้เวลา

ค. การหมุนเวียนการตรวจแต่ละห้อง ต้องกระทำให้อย่างน้อยครั้งละทุก ๆ 18 เดือน

ง. รายการกำหนดเวลาการตรวจด้วยเครื่องและอากาศนั้นต้องมีสิ่งเหล่านี้

1. หมายเลขห้อง
2. ความกดดันที่จะทำการตรวจ
3. ระยะเวลาที่ทำการทดสอบความดัน
4. จำนวนความดันที่อนุญาตให้น้อยลง ไปกว่าตัวเกณฑ์ได้
5. แบบการทดสอบ (Type of Test)

จ. การตรวจสอบด้วยเครื่องและอากาศตามเวลาปรกติจะกระทำโดยเจ้าหน้าที่ประจำเรือ ถ้าได้มีการตัดแปลงหรือซ่อมตัวเรือซึ่งอาจจะทำให้อำนาจการผิมน้ำของฝาผนังลดน้อยลงไปแล้ว การทดสอบนี้จะต้องกระทำโดยช่างกรรมอยู่ ทร. โดยมีเจ้าหน้าที่ของเรือติดตามผลอย่างใกล้ชิด

ฉ. ระยะเวลาการทดสอบ (Test Scheduling)

1. แบ่งห้องต่าง ๆ ที่จะทำการตรวจสอบออกเป็น 6 ส่วน กำหนดให้พื้นที่ในเรือทั้งหมดแทนแต่ละส่วน โดยไม่เจาะจงว่าจะเป็นส่วนใดของเรือ

2. ถ้าการตรวจสอบจะเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานเร็วแล้ว ควรกำหนดเวลาก่อนหน้านั้น ในเรือบางลำอาจต้องทำการตรวจด้วยเครื่องและอากาศในเวลากลางคืน

3. การจัดการตารางการใช้เรือ ควรจะคิดถึงการตรวจสอบนี้ด้วย

ข. ส่วนประกอบสิ่งอำนวยความสะดวกในการตรวจด้วยเครื่องและอากาศ

1. จุดตรงที่จะทำการตรวจด้วยเครื่องและอากาศ จะจัดให้อยู่ในตำบลที่ ๆ เหมาะสมที่จะต่อกับท่ออากาศความดันต่ำ หรือท่อทางระบายอากาศความดันที่ใช้ในเรือได้

2. ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ตรวจด้วยเครื่องและอากาศมีดังนี้

ก. ลี้น เปิด – ปิด

ข. ลี้นลดความดัน

ค. ลี้นระบายอากาศ

ง. เกจวัดความดัน

3. เครื่องประกอบที่ใช้ตรวจนี้ อาจต่อเข้าโดยตรงกับช่องเฉพาะของมันที่ติดอยู่ตามห้อง หรืออาจต่อเข้ากับท่อระบายอากาศก็ได้

ข. วิธีการตรวจ

1. ตรวจความผิดปกติของห้องด้วยสายตาก่อน

2. ปิดช่องประตู ฝาต่าง ๆ ตามอาการปรกติ ถ้ากลอนขัด ขัดไม่ได้ ให้ใช้ก้อนช่วย

เคาะเบา ๆ

3. สำหรับช่อง เปิด – ปิด ที่ปิดไม่ได้ ให้ใช้เครื่องพิเศษปิดได้

4. ตรวจรายการต่าง ๆ ของเครื่องมืออย่างละเอียด โดยเฉพาะส่วนที่เริ่มทำงานทันทีที่เมื่อได้รับความกดดันที่ส่งออกมาจากห้อง

ก. สวิตซ์ไฟฟ้าที่มีแผ่นไดอะแฟรมครอบปิดอยู่

ข. ระบบสัญญาณแจ้ง เมื่อมีความกดดันในเครื่อง

ค. เครื่องควบคุมน้ำหยาด น้ำเข้าเรือ และเครื่องควบคุมการต่อต้านน้ำเข้าเรือ

5. ต่อเครื่องตรวจและอากาศเข้าด้วยกัน เพิ่มความดันเข้าเครื่องทีละน้อย จนถึงจำนวนความกดดันที่กำหนดไว้

6. ปล่อยให้อากาศในห้องคงตัวอยู่ประมาณ 15 นาที

7. เพิ่มความกดดันในห้องให้เท่ากับความกดดันที่ต้องการตรวจ และเพิ่มทำการตรวจ

8. ในตอนท้ายของการตรวจ (10 นาที) อ่านความกดดันที่ตกลงไป

ฅ. การประเมินค่าการตรวจ (Evaluation of the Test)

1. ถ้าความกดดันเท่ากันหรือน้อยกว่าขีดบนกำหนดไว้เล็กน้อย แสดงว่าห้องนั้นยังอยู่ในสภาพที่ดีเยี่ยม

2. ถ้าความกดดันตกลงมากกว่าขีดบนที่กำหนดไว้ แต่ไม่เลยขีดล่างที่กำหนดให้ ห้องนั้นยังพอใช้ราชการได้

3. ห้องใช้ราชการไม่ได้ ถ้าความดันตกต่ำกว่าขีดล่างที่กำหนดไว้

ญ. มาตรการแก้ไข (Corrective Action)

1. ห้องที่อยู่ในสภาพดีเยี่ยม ไม่ต้องการแก้ไขใด ๆ ทั้งสิ้น
2. ห้องที่ยังพอใช้การได้ ต้องการการซ่อมทำบางส่วน
3. ห้องที่ใช้การไม่ได้เลย ต้องการการซ่อมทำเร่งด่วน

ฉ. ในการเก็บเครื่องตรวจ ต้องทำให้ห้องที่ตรวจแล้วกลับคืนสู่สภาพเดิมเสียก่อน

ช. ข้อเตือนใจบางประการ ในการตรวจด้วยเครื่องและอากาศ

1. อย่งให้พวกเจ้าหน้าที่ตรวจใช้เวลานานเกินไปในการพยายามที่จะทำให้ห้องนั้น มีผลลัพธ์ในทางใช้การได้

ก. ให้ซ่อมทำได้เล็กน้อย แล้วทำการซ่อมใหม่

ข. ถ้าห้องนั้นต้องการซ่อมทำมา ให้เจ้าหน้าที่เลยผ่านไปตรวจห้องอื่นเสียก่อน

2. วิธีการหมายตำบลที่รั่วซึมอาจจะใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ต่อไปนี้

ก. ใช้ฟองสบู่รอบ ๆ ส่วนประกอบตัวเรือ (ประตู ฝาครอบ ฯลฯ)

ข. จุดเทียนไขภายในห้องที่ตรวจ เพื่อดูทิศทางอากาศรั่ว

ค. ฟังเสียงที่อากาศลอดออกมา

ฐ. บันทึกทั้งหมดที่จัดการตรวจที่สมบูรณ์ต้องเก็บไว้เป็นหลักฐาน แสดงผลการตรวจ ขนาดของการฉีกที่ตรวจพบ และมีช่องที่แสดงข้อคิดเห็นว่าจะควรทำอะไร จึงจะได้ขนาดของการฉีกที่พอใช้การได้ ข้อความเหล่านี้ต้องจดลงในบัตรประวัติตัวเรือด้วย

22. ระบบน้ำจืดและระบบน้ำเลี้ยง

ก. ระบบน้ำจืดที่อยู่ในเรือ

1. ระบบ

ก. ปกติน้ำจืดภายในเรือ จะเก็บไว้ในถังพิเศษ ส่วนล่างของเรือ และส่งไปยังส่วนที่ต่าง ๆ ที่ต้องการ เช่น น้ำพุ ที่ล้างหน้า ในครัวและที่อื่น ๆ โดยผ่านไปตามระบบน้ำจืด (Freshwater System) ในปัจจุบันเรือต่าง ๆ มักจะมีถังน้ำที่มีกำลังดันอยู่ภายในระบบ หรือไม่มีระบบที่ใช้ปั๊มกำลังดันคงที่แบบหอยโข่ง ที่ทำงานติดต่อกันตลอดเวลา (Continuously Operation Centrifugal Constant Pressure Pump System) ซึ่งจะเป็นตัวทำให้มีกำลังดันอยู่ในระบบตลอดเวลา ปั๊มของระบบนี้จะอยู่กับถังน้ำจืด หรือไม่มีห้องเครื่องจักร โดยทั่วไปปั๊มนี้อาจเป็นแบบ Closed – Coupled Type) นอกจากนี้ยังมีระบบที่สามารถทำงานอัตโนมัติ บังคับด้วยสวิทช์กำลังดัน ซึ่งทำให้สามารถรักษากำลังดันที่ได้กำหนดขึ้น (ปกติ 30 ถึง 40 PSI)

2. ระบบน้ำจืดที่เกี่ยวข้อง เรื่องการป้องกันความเสียหาย

ก. การจัดประเภทของลิ้น

1. ระบบน้ำจืดที่เป็นต้นเหตุสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้น้ำท่วมลูกกลามออกไป
2. ลิ้นในระบบน้ำจืดที่อยู่เหนือห้องเครื่องขึ้นมา ให้จัดอยู่ในประเภท Zebra
3. ลิ้นที่ใช้ในการเติมน้ำจืด จัดอยู่ในประเภท X - ray
4. ลิ้นที่เกี่ยวกับน้ำพุที่ใช้ดื่ม สำหรับห้องเครื่องจักรต่าง ๆ และลิ้นน้ำเย็น ให้จัดอยู่ใน

ประเภท William

ข. การถ่ายเทน้ำจืดในเรือ

1. ในการซ่อมทำระบบ ต้องระวังมิให้มี ฝุ่นผง หรือสิ่งสกปรกติดเข้าไปในระบบก่อนที่จะใช้งาน หลังจากได้ติดตั้งส่วนประกอบของระบบที่ติดตั้งใหม่ ซ่อมทำหรือเปลี่ยน ควรใส่น้ำซึ่งมีคลอรีน (Chlorine) ๑๐๐ PPM (ต่อ นน.) เสียก่อน เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรคที่อาจติดเข้ามา

2. ระบบท่อทางน้ำจืด ไม่ควรอยู่ที่ท้องเรือ (Bilge) หรือที่ ๆ มีน้ำทะเล และที่ซึ่งอาจมีสิ่งสกปรกเข้าไปในระบบได้

3. ห้องที่เก็บเสบียงอาหาร ต้องไม่ให้มีท่อทางของน้ำทะเลผ่านเข้าไป

4. ในการรับน้ำจากบนบกควรให้เจ้าหน้าที่บนบก เป็นคนทำ และ

ก. ทางเรือควรล้างลิ้นบรรจุน้ำ (Filling Valve Cap Threads) ด้วยน้ำที่มีคลอรีนอย่างน้อย 100 PPM (Parts Per Million)

ข. เมื่อเราใช้สายสูบแล้ว ควรจะได้เดินน้ำชำระล้าง 30 ถึง 60 วินาที

ค. เป็นกฎอยู่ว่า ในการรับน้ำจืดจาก เมืองท่าต่างประเทศเราต้องใส่คลอรีน

5. น้ำร้อน

ก. น้ำร้อนที่นำไปใช้ในห้องอาบน้ำ และตามอ่างล้างหน้าต้องแต่งอุณหภูมิไม่ให้เกิน 130 องศาฟาเรนไฮต์

ข. บางครั้งก็มีการทำให้ ระบบน้ำร้อนเกิดจากการหมุนเวียนเล็กน้อย เพื่อให้ น้ำที่ปลายท่อร้อนอยู่เสมอ และเป็นการประหยัดน้ำจืดด้วย

ข. น้ำเลี้ยง (สำหรับหม้อน้ำเท่านั้น)

1. ระบบน้ำนี้ไม่ได้จำกัดในห้องเครื่อง ห้องหม้อน้ำเท่านั้น
2. น้ำเลี้ยงนี้จะทำให้เกิดไอ ไปใช้ในที่ต่าง ๆ เช่น กว้านสมอ เครื่องถือท้าย เครื่องกว้าน และ Catapult ในเรือบรรทุกเครื่องบิน นอกนั้นยังจ่ายไอน้ำไปยังห้องครัว เครื่องซักผ้า ระบบ Heating ในเรือ
3. ระบบน้ำเลี้ยงประกอบด้วย ท่อไอ และท่อน้ำตกตลอดลำ
4. ไอน้ำที่ใช้แล้ว จะกลับตัวและนำกลับมาใช้ที่ท่อน้ำตก ซึ่งทำได้โดยใช้ท่อน้ำตกชนิด High Pressure จากพวกเครื่องจักรใหญ่ ๆ เช่น เครื่องกว้าน และโดยท่อน้ำตกชนิด Low Pressure จากเครื่องจักรเล็ก ๆ เช่น เครื่องซักผ้า ครัว เป็นต้น
5. น้ำเลี้ยงนี้มีตัวเกณฑ์ในการตรวจสอบมาก (Test Standard) และท่อน้ำตกนี้ เป็นตัวสำคัญที่จะทำให้ น้ำเลี้ยงสกปรก ในขณะที่มันไหลกลับมาเข้าระบบ
6. ท่อทางไอน้ำที่นำไปใช้นอกเครื่องจักร เช่น
 - ก. ไอน้ำเครื่องจักรช่วย (150 - 600 Psi)
 1. เครื่องกว้าน เครื่องหางเสือ เครื่องมือต่าง ๆ
 - ข. ไอน้ำที่นำมาใช้เป็นครั้งคราว (35 - 45 Psi)
 1. เครื่องทำความร้อน (Heaters)
 2. Reheaters
 - ค. ไอเสียของเครื่องจักรช่วย (15 Psi)
 1. เป็นไอน้ำกลับมาใช้อีก จากเครื่องมือต่าง ๆ
 - ง. ไอน้ำที่บริการเป็นประจำ (35 - 100 Psi)
 1. เครื่องซักผ้า
 2. ครัว
 3. เครื่องทำน้ำร้อน

23. ระบบลื้อท้าย

(Steering System)

ก. ความรับผิดชอบ

1. เรื่องการใช้การเป็นหน้าที่ของต้นหน (ตามการจัดการหน้าที่ในสถานีนำเรือ)
2. การปรนนิบัติบำรุงตามกำหนดเวลา เป็นหน้าที่ของภาค “A” ในความควบคุมของ DCA
3. การซ่อมทำในกรณีเร่งด่วนหรือทำการรบ เป็นหน้าที่ของหน่วยซ่อมที่ 3
4. เจ้าหน้าที่ในการใช้เครื่องหางเสืออะไหล่โดยวิธีอื่น ๆ เช่น ใช้โซ่ด้วยมือใช้คนจากหน่วยซ่อมที่ 3 และถ้าจำเป็นควรจัดเพิ่มเติมจากหน่วยซ่อมอื่น ๆ
5. ตก. เตรียมการทดสอบก่อนออกเรือ 1 ชม.
6. ตก. รับผิดชอบในการเปลี่ยนระบบใช้ เมื่อได้รับคำสั่งพร้อมทั้งต้องทดลองให้เชื่อถือได้
7. ตก. รับผิดชอบในการติดคำแนะนำการใช้และวิธีการต่าง ๆ ในการเปลี่ยนระบบและการใช้ในยามฉุกเฉินทุกวิธี รวมทั้งการฝึกเจ้าหน้าที่เกี่ยวข้องทุก ๆ คน

ข. กล่าวโดยทั่วไป อุปกรณ์ในการลื้อท้าย

1. คำจำกัดความเครื่องหางเสือ (Steering gear) เป็นกลอุปกรณ์ ซึ่งจะส่งต่อกำลังจากเครื่องหางเสือ (Steering engine) ไปบังคับหางเสือ คำว่าอุปกรณ์ในการลื้อท้าย หมายความว่ารวมถึง เครื่องหางเสือและระบบการส่งต่อการทำงานทั้งหมด

2. คุณลักษณะที่จำเป็นต้องมี

- ก. มีความแข็งแรง / ทนทาน
- ข. ต้องออกแบบให้หางเสือไม่สามารถจะมีกำลังเหนือกว่าส่วนบังคับ เช่น พังงา คันบังคับหางเสือ
- ค. ต้องมีประสิทธิภาพทางกลสูง คือออกกำลังน้อย แต่สามารถบังคับหางเสือได้ (ซึ่งมีกำลังปิดสูงที่หางเสือในขณะที่ใช้การ)

3. ความต้องการทั่วไป คือต้องสามารถบังคับให้หางเสืออยู่ในมุมใดมุมหนึ่งได้ด้วยความเร็วเดินหน้าเต็มตัว (และถ้ามีจะมีขีดจำกัดใด ๆ ในขณะที่ใช้การในเมื่อเรือถอยหลัง ต้องมีป้ายบอก / แนะนำไว้ที่ห้องลื้อท้าย หรือห้องควบคุมหางเสือ)

ค. แบบต่าง ๆ ของเครื่องหางเสือ

1. เครื่องไอน้ำพบในเรือช่วยรบสมัยเก่าบางลำ และในเรือสินค้าตัดแปลง

- ก. ใช้เครื่องไอน้ำพบในเรือช่วยรบสมัยเก่าบางลำ และในเรือสินค้าตัดแปลง
- ข. การส่งต่อกำลังไปบังคับหางเสียดังนี้
 1. มีเฟืองหนอน เกลียวขวา – ซ้าย
 2. มีเฟืองหนอนขบกับเฟืองวงเดือน ซึ่งประกอบอยู่กับก้านหางเสือ

ค. ซ้อเสี่ย

1. ท่อไอน้ำเดินไหลมีการสูญเสียความร้อน

2. มีการสุกก่อนและลื่นติดค้าง หากไม่ได้ใช้เป็นเวลานาน ๆ
3. มีโอกาสที่จะได้รับความเสียหายได้ง่าย

2. Electro Mechanical

ก. คล้ายกับแบบเครื่องไอน้ำ เว้นแต่ใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่ (75 - 435 HP) เป็นต้นกำลังแทนเครื่องไอน้ำและใช้เฟืองเกลียวขวา – ซ้าย เป็นส่วนส่งกำลังขับเคลื่อนทางเสือ

ข. ข้อเสีย

1. ใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่ เพื่อให้มีกำลังมากพอที่จะได้เริ่มหันและหยุดทางเสือ
2. ต้องใช้กำลังงานมากในการเริ่มเดิน เร่งความเร็ว และหยุดมอเตอร์

๓. Electro Hydraulic

ก. ใช้มอเตอร์ (AC หรือ DC ขับปั๊มน้ำมันชนิดความเร็วคงที่ แต่จำนวนน้ำมันที่ส่งแต่งได้ ให้เปลี่ยนแปลงได้ (Waterbury หรือ Hele – Show)

ข. โดยการเปิดน้ำมันเข้าไปทำงานในสูบไฮดรอลิกส์ ดันก้านบังคับให้หมุนแกนทางเสือ ซึ่งมีสูบไฮดรอลิกส์ทั้งแบบสูบเดี่ยว และ 2 สูบ

ค. ข้อดี

1. ความฝืดและความเฉื่อยของส่วนเคลื่อนไหวน้อย
2. ไม่ต้องใช้กำลังงานสูงไม่ว่าในช่วงขณะใด
3. ทางเสือตอบรับอาการเมื่อหมุนฟังก์าได้ดี อาจล่าช้าบ้างเล็กน้อย
4. ใช้บริเวณติดตั้งน้อย
5. น้ำหนักเบา
6. มีความสะดวกในการติดตั้งและจัดวางระบบทั้งสูบไฮดรอลิกส์ สูบน้ำมันและกลไก

บังคับเครื่อง

7. มีความเชื่อถือได้สูง

ง. ระบบการควบคุมทางเสือ (การถือท้าย)

1. Electrically – AC Synchronous System

ก. ประกอบด้วย Synchro transmitter อยู่ที่ห้องถือท้ายทุกห้อง และมี Synchro receiver ในห้องทางเสือ

ข. การจัดสวิทช์และสายไฟจัดให้สามารถต่อ Transmitter และ Receiver ตัวใดตัวหนึ่งเข้าไว้ด้วยกันได้ดี โดยสายไฟทั้งกราบขวาและกราบซ้ายก็ได้

2. Hydraulically – Telemeter System

ก. ประกอบด้วยสูบน้ำมัน (Transmitter) ติดตั้งอยู่ที่แทนฟังก์าถือท้ายบนสะพานเดินเรือ และมีท่อสูบน้ำมัน (ท่อเดี่ยว / หลายท่อ / ทั้งกราบขวา/ซ้าย) ไปยังสูบน้ำมัน (Receiver) ตัวเดียวหรือหลายตัวในห้องทางเสือ (อาจมี Transmitter ตัวอื่น ๆ อีกที่ห้องถือท้ายเมื่อมีการใช้ฟังก์าตัวอื่น)

ข. ระบบนี้มักใช้กับเครื่องทางเสือแบบไอน้ำ/แบบ Electro – hydraulic System

3. Electrically – Giro Pilot (Iron Mike Automatic) มีระบบการถือท้าย แบบ Hydraulic Telemeter และใช้ อุปกรณ์ที่จะบังคับสูบน้ำมัน (Transmitter) โดยไฮโร เมื่อตั้งเข็มแล้วหางเสือจะหันไปตามที่เข็มทิศจะทำหน้าที่ บังคับ ซึ่งเป็นไปโดยอัตโนมัติ

4. Mechanically

- ก. โดยใช้เพลาค่อ
- ข. โดยใช้ ลวด – โซ่

หมายเหตุ มีข้อเสียคือ

- 1. ต้องตรวจสภาพลวดทุก 6 เดือน
- 2. ความฝืดสูง
- 3. โซ่ – ลวด มีโอกาสชำรุดเพราะมีการรบิดได้ง่าย
- 4. มีข้อขัดข้องในการผิมน้ำตามฝาผนังที่ โซ่ – ลวด ผ่าน

จ. การจัดเตรียมไว้เพื่อการขัดข้อง

- 1. ต้นกำลังขับ มี 2 ชุด
 - ก. แบบ Electro – Hydraulic มีมอเตอร์และสูงไฮดรอลิกส์ 2 ชุด
 - ข. แบบเครื่องจักรไอน้ำ 2 เครื่อง และต่อหรือเปลี่ยนใช้ได้โดยมีคัลท์ซ์
- 2. พังงา
 - ก. ติดตั้งอยู่ในห้องหางเสือ
 - ข. ส่งต่อกำลังบังคับคันก้านหางเสือโดยตรง
 - ค. ใช้หางเสือได้ในเมื่อการควบคุมจากที่ห้องถือท้ายขัดข้อง

ฉ. วิธีการถือท้ายในกรณีฉุกเฉิน

- 1. มีสูบน้ำมันอะไหล่ โดยใช้มือหมุน
- 2. โดยใช้ ลวด – โซ่
- 3. Equal Emergency Submersible System

ก. มีชุดมอเตอร์ / สูบไฮดรอลิกส์ที่ผิมน้ำ และต่อระบบน้ำมันเข้ากับเครื่องหางเสือ โดยมีการควบคุมอาการจากภายนอก

ข. ใช้ในเมื่อห้องหางเสือน้ำท่วม

ค. อาการจะตัดระบบ Electro – hydraulic โดยอัตโนมัติเมื่อน้ำท่วม และเริ่มใช้ระบบฉุกเฉินนี้ และเมื่อสูบน้ำออกแล้วการจะใช้ต่อระบบเดิม ต้องตั้งใหม่ด้วยมือ

ช. Steering Casualty Procedure

- 1. เป็นไปตามคู่มือ / คำแนะนำของเรือแต่ละลำ
- 2. ต้นหนรับผิดชอบในการจัดพิมพ์และตีพิมพ์ให้ทราบ
- 3. สถานที่ต้องตีพิมพ์ให้ทราบ
 - ก. ห้องถือท้าย / ห้องถือท้ายอะไหล่

- ข. ห้องทางเสือ
- ค. เพิ่มหลักปฏิบัติของเรือ
- ง. คู่มือหน่วยซ่อม
- จ. คู่มือการแก้ไขข้อขัดข้องช่างกลเรือ
- ฉ. หน่วยซ่อมที่ 3

ซ. การเปลี่ยนวิธีการใช้ทางเสือ เพื่อให้การถือท้าย การใช้ทางเสือเป็นไอ โดยได้ผลและเชื่อถือได้ นายยามเรือเดินต้นหน และต้นกลเรือ จำเป็นต้องรับทราบ ดังนี้

1. ขณะนี้ใช้การถือท้ายระบบใด / โดยสายไฟกราบใด
2. เครื่องหางเสือเครื่องใดที่กำลังใช้

ณ. วิธีการถือท้าย

1. ถือท้ายจากห้องถือท้าย
2. ถือท้ายจากห้องฟังอะไหล่
3. ถือท้ายจากฟังงานในห้องหางเสือ (ยังใช้เครื่องหางเสือได้)
4. ใช้ฟังงานที่ใช้แรงคนบังคับหางเสือ
5. ใช้ลวด – โซ่ และรอกผ่อนแรง
6. โดยการใช้อุปกรณ์จักร

24. ระบบท่อตัวเรือและน้ำทะเล (Hull Piping and Salt Water System)

ก. ความหมายของคำในระบบท่อทาง (Piping Terms)

1.

ก. ส่วนประกอบของท่อหรือ หลอดคลื่น เครื่องประดับ (Fittings) และส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประกอบกันเข้าเป็นระบบ หรือส่วนประกอบของระบบ ทำหน้าที่ส่งของเหลว

2. ท่อ (Pipe)

ก. คือท่อที่กำหนดขนาดเป็น Iron Pipe Size (IPS) และความหนาใช้คำ “Schedule” เช่น

1. Schedule 40 (Stand Weight)

2. Schedule 80 (Extra Strong)

3. หลอด (Tubing)

ก. คือหลอดที่กำหนดขนาดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (Outside Diameter) หรือ เป็น Iron Pipe Size และความหนาจริงเป็นทศนิยมของนิ้ว

1. ปกติใช้ต่อกันด้วยวิธีอื่น มากกว่าการต่อโดยวิธีเกลียวต่อ

ข. Damage Control Piping Systems

1. นอกจากระบบท่อทางที่ใช้สำหรับเครื่องจักรต่าง ๆ แล้ว ยังมีระบบอื่น ๆ ที่ใช้ประโยชน์สำหรับการอยู่อาศัย (Service Essential for Living) การเดินทาง (Gunning) และขณะประจำสถานีรบ ระบบเหล่านี้เกี่ยวข้องกับระบบ Hull Piping Systems ด้วยระบบท่อทั้งหมดภายในเรือจัดอยู่ในระบบ ควบคุมป้องกันความเสียหาย (Damage Control Piping System)

2. Hull Piping System มีดังนี้

ก. ระบบระบายน้ำและถ่วงเรือ (Drainage and Ballast System)

ข. ระบบน้ำดับไฟ (Fire main System)

ค. ระบบน้ำหยอด (Sprinkling System)

ง. ระบบน้ำใช้ชำระล้างกัมมันตภาพรังสี (Wash down System)

จ. ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Oil System)

ฉ. ระบบน้ำมัน (Diesel and Fog Oil System)

ช. ระบบอากาศอัด (Compressed Air System)

ซ. ระบบระบายอากาศ (Ventilation System)

ณ. ระบบ O₂ และ N₂ (O₂ and N₂ System)

ญ. ระบบน้ำมันเบนซิน (Gasoline System)

ฎ. ระบบน้ำจืด (Fresh Water System)

ฏ. ระบบระบายน้ำโสโครก (Flushing System)

ฐ. ระบบพูด (Voice and Message Tube System)

3. ระบบ Hull Piping กำหนดให้เป็นหน้าที่รับผิดชอบของแต่ละแผนกที่ท่อทางนั้นเดินผ่านในสภาพปกติ (Under Normal Operating Condition)

ก. รับผิดชอบของแต่ละแผนกกำหนดไว้ใน Ship's Organization และ Regulations Manual

ข. ในทางปฏิบัติ ระบบทั้งหมด ถูกกำหนดเป็นหน้าที่ดูแลรับผิดชอบของนายทหารป้องกันความเสียหาย (DCA)

4. ระบบส่วนใหญ่ทั้งหมดที่กล่าวมานี้เป็นระบบ "Battle System" ได้ออกแบบสร้างเพื่อให้มีคุณสมบัติดังนี้

ก. มีความทนทานต่อความเสียหายได้สูงสุด

ข. มีการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดต่อส่วนที่สำคัญ ๆ

ค. สามารถซ่อมส่วนที่เสียหายให้ใช้งานได้รวดเร็ว

5. Damage Control Design Features

ก. Segregation

ข. Multiple Source of Service

ค. Duplication

ง. Protection

จ. Flexibility and Adaptability to Repair

ฉ. Resistance to Shock

ช. Remote Operation

ค. การทาสีและบอกลักษณะของท่อ (Painting and Identification of Piping System)

1. โดยปกติทั่วไปสีของท่อ ทาสีตามบริเวณรอบ ๆ ที่ท่อนั้นเดินผ่าน นอกจาก

ก. ท่อและลิ้น Gasoline ที่อยู่ภายในเรือ ทาสีเหลือง

ข. ท่อน้ำมัน JP-5 ภายในเรือ ทาสีม่วง

ค. ท่อและลิ้น Oxygen ภายในเรือทาสีเขียว

ง. พวงมือน้ำมัน Gasoline บนคานฟ้าทาสีเหลือง เป็นมุม 90 องศา และคันบังคับลิ้น Gasoline บนคานฟ้าทาสีเหลือง ยาว 5 นิ้ว ส่วนที่เหลือในระบบ

2. หัวต่อน้ำดับเพลิงทาสีแดง

3. ท่อที่ใช้คู่น้ำห้องเรือ ถึง Voids และถังถ่วง (Ballast Tanks) จะต้องทาสีนอกจากท่อที่ทำด้วยโลหะ Nonferrous หรือ Galvanized

ง. การเชื่อมท่อ (Stenciling of Piping Systems)

1. เขียนชื่อบนท่อตามที่ใช้งาน และลูกศรยาว 3 นิ้ว แสดงทิศทางการไหล

ก. ลูกศรจะต้องชี้ออกจากชื่อที่เขียน

ข. ลูกศรและชื่อจะต้องเขียนด้วยสีดำ

2. ท่อที่มีขนาด 2 นิ้ว หรือโตกว่า ให้เขียนด้วยตัวอักษรโต 1 นิ้ว ท่อที่เล็กกว่าขนาดของตัวอักษร เล็กลงตามความจำเป็น แต่ต้องให้อ่านออก (Buships Technical Manual Article 48-4 (1))

3. การเชื่อมต่อจะต้องอยู่ในที่เห็นได้ง่าย ควรจะอยู่ใกล้ลิ้นบังคับ จะต้องมีย่าน้อย 1 แห่ง ในแต่ละห้อง นอกจากท่อที่เดินผ่านห้องพักอาศัย (Cabins Technical Manual Article 48-4 (2))

จ. การระวังรักษาและข้อควรระวังอันตราย (Maintenance Upkeep and Safety Precautions)

1. หมั่นตรวจบ่อย ๆ และรักษาระบบไม่ให้รั่ว

ก. ซ่อมรอยรั่วทันทีที่เกิดขึ้น

2. ท่อน้ำทะเลจะต้องทดลองด้วยวิธีกำลังดันใช้การเต็มที่ ทุก 3 เดือน

3. ท่อต่าง ๆ จะต้องไม่ใช่เป็นที่สำหรับยึดมือ หรือเท้า หรือยึดรอกกล (Chain Falls) หรือใช้ค้ำจุนน้ำหนักใด ๆ

4. เพื่อการลด ผลที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า (Electrolyte Effect) ให้น้อยที่สุด โดยเฉพาะเรือที่ใช้ไฟ D.C. วงจรไฟฟ้าจะต้องรักษาไม่ให้ลงดิน (Ground) มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตัวเรือจะต้องไม่ใช่เป็นเครื่องทำให้วงจรไฟฟ้า

5. เพื่อเป็นการลดการผุกร่อน เดินระบบด้วยความเร็ว (Velocity) ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

6. ลดการเกิด “Wire Drawing” กับลิ้นให้น้อยที่สุด โดยปิดหรือเปิดลิ้นให้เต็มที่

7. เมื่อเปิดลิ้นเต็มที่แล้ว หมุนพวงมาลัยกลับในทิศทางปิดประมาณ 1/2 รอบ เพื่อไม่ให้ลิ้นขัดตัว เนื่องจากการยึดติดของโลหะ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

8. การเปลี่ยนท่อน้ำทะเล (Buships Technical Manual , Article 48 – 45)

ก. ท่อชนิด Nonferrous เมื่อเปลี่ยนควรใช้ Copper Nickel Alloy Tubing

ข. เมื่อเปลี่ยนหลอดชนิด Ferrous และโลหะผสมของ Ferrous และ Nonferrous การเปลี่ยนควรจะเปลี่ยนตามชนิดของมัน อย่างไรก็ตาม เมื่อครบกำหนดอายุควรใช้ตามคำแนะนำในการระวังรักษา หรือเมื่อได้รับอนุมัติพิเศษจาก Buships อนุญาตให้ใช้ท่อ Copper Nickel Alloy Tubing

9. ข้อควรระวังอันตรายที่ดีที่สุดในการป้องกัน Water Hammer ในท่อไอน้ำ ก็คือ ระบายไอน้ำออกทุก ๆ ส่วนที่อาจจะมีย่าน้ำค้างอยู่ได้ด้วยความระมัดระวัง ก่อนที่จะเปิดให้ไอน้ำผ่าน

ฉ. ข้อควรระวังอันตรายในเมื่อรอยต่อท่อแตกหรือรั่ว (Breaking Piping Joints)

1. แน่ใจว่าไม่มีกำลังดันเหลืออยู่ในท่อ

2. ปิดลิ้น และแขวนป้ายบอกไว้ เพื่อป้องกันการเปิดลิ้นโดยบังเอิญ

3. ระบายท่อให้หมด

4. ระวังสังเกตอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในบริเวณใกล้เคียง

5. ถ้าเกิดแตกแยกที่รอยต่อหน้าแปลน ให้เหลือสลักยึดไว้ 2 ตัวที่หน้าแปลน ในทางตรงข้ามกันถ้าเป็นลิ้นที่ฝาครอบ (Bonnet)

6. ถ้าเป็นท่อของเหลวไวไฟ ให้กั้นบริเวณเพื่อป้องกันการจุดระเบิดของไอระเหย (Guard Against Explosive Vapor Ignition of Flammable Liquids) และจัดการให้มีการระบายอากาศอย่างพอเพียง

ซ. ระบบน้ำดับไฟและส่วนที่เกี่ยวข้อง (The Fire main and its Related System)

1. การมีความรู้ที่ดีในระบบน้ำดับไฟ เป็นสิ่งสำคัญที่สุดสำหรับทุก ๆ คนในแผนกป้องกันความเสียหาย เช่น พลประจำปืน ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบน้ำหยาดคลังกระสุน ซึ่งต่อแยกไอบจากระบบน้ำดับไฟ (Fire main)

2. เป็นการจำเป็นที่รายการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบน้ำดับไฟ ในแบบของ Blueprints Diagrams Damage Control Plate จะต้องจัดให้กับทุก ๆ คนที่เกี่ยวข้องโดยทันที รายการต่าง ๆ เหล่านี้จะหาได้จากหนังสือต่าง ๆ ดังนี้

ก. Damage Control Book

ข. General Information Book

ค. Material History and CSMP (Current Ship's Maintenance Project)

ง. Applicable Blueprints

จ. Engineering Piping Systems Instruction Book

3. ส่วนประกอบที่สำคัญในระบบน้ำดับเพลิง (Elements of the Fire main)

ก. การสร้างและการติดตั้งท่อ

1. เรือสมัยใหม่ท่อน้ำดับเพลิงทำด้วยโลหะผสม Copper – Nickel (๗๐ % - ๓๐%) Alloy เรือเก่าท่อน้ำดับเพลิงทำด้วยโลหะ Ferrous ซึ่งต้องการการป้องกันการผุกร่อน และสิ่งสกปรกเป็นพิเศษ

2. ระบบท่ออาจจะเป็นแบบ Single Line หรือ แบบ Loop

ก. ระบบ Single Line ประกอบด้วยท่อเส้นเดียว เดินจากหัวไปท้าย ตลอดบริเวณห้องเครื่องและอาจจะต่อออกไปเล็กน้อยเป็นระยะใกล้ ๆ มีท่อต่อแยกขึ้นไปยังหัวต่อน้ำดับเพลิง (Fire Plug) และระบบอื่น ๆ

3. ระบบ Loop คิดตั้งในเรือรบขนาดใหญ่ ท่อ Fire main เดินรอบบริเวณห้องเครื่อง ส่วนหนึ่งทางกราบซ้าย และส่วนหนึ่งทางกราบขวา มี Cross Connection ที่หลายหัวท้ายเพื่อให้ครบวงจร (Main Loop) ในเรือบางลำอาจจะมีท่อต่อออกไปจาก Loop นอกห้องเครื่อง แต่ต้องอยู่ในส่วนที่มีการป้องกัน (Protected Spaces) มีท่อแยก (Risings and Branches) ไปยังส่วนอื่น ๆ และหัวต่อน้ำดับเพลิง (Fire Plugs)

ข. เครื่องสูบน้ำ

1. เครื่องสูบน้ำในเรือ จัดประเภทตามการใช้งาน

ก. Fire Pumps only – F.P.

ข. Fire and Bilge Pumps – F.B.

ค. Fire and Flushing Pumps – F.F.

2. ขนาดกำลังของเครื่องสูบน้ำ เปลี่ยนไปตามความต้องการ

3. อุปกรณ์ดับไฟสมัยใหม่ใช้กำลังดันน้ำที่หัวต่อ ๗๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

4. แบบอื่น ๆ ของเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในเรือรบ

ก. เครื่องสูบน้ำไอน้ำแบบข้อเสื่อข้อต่อ ติดตั้งในเรือบางลำ อยู่ในห้องเครื่องจักร มีความเชื่อถือได้สูง (Highly Reliable) ข้อเสื่อของเครื่องสูบน้ำแบบนี้ คือ มีกำลังน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดและน้ำหนัก ปกติ 100 ถึง 400 ปอนด์

ข. Centrifugal Pump ที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องกังหันไอน้ำหรือ Electric Motors มีความเชื่อถือได้สูง ถ้าใช้ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและสามารถเปลี่ยนใช้ต้นกำเนิดไฟฟ้าได้หลายทาง (Alternate Source of Power) จะทำให้เพิ่มการเชื่อถือได้สูงขึ้นขนาดกำลัง (Capacity) ของเครื่องสูบน้ำเหล่านี้ อาจสูงถึง 1000 GPM

ค. เครื่องสูบน้ำดับเพลิงฉุกเฉิน มักจะตั้งอยู่ภายนอกห้องเครื่องที่ตอนปลายสุดของท่อจ่ายดับเพลิง (Fire main) เครื่องสูบน้ำที่ใช้ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซลเหมาะที่สุด เพราะไม่ต้องใช้กำลังงานไฟฟ้าจากที่อื่น ในเรือบางลำมีเครื่องสูบน้ำไฟฟ้าติดตั้งอยู่ที่หรือในห้องใกล้เคียงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลฉุกเฉิน เพื่อสามารถต่อใช้กระแสไฟได้สะดวกในเมื่อระบบกระแสไฟฟ้าขัดข้อง

4. การออกแบบสร้างระบบน้ำดับไฟ ทำให้ระบบควบคุมความเสียหายได้ผลดี

ก. สามารถแยกความเสียหาย (Segregation) เปลี่ยนใช้ต้นกำเนิดได้หลายทาง มีการป้องกัน มีความทนทานต่อแรงกระแทก มีคู่และสามารถบังคับได้จากที่อื่น (Duplication and Remote Operation)

ข. การแยกความเสียหายออกจากระบบ ทำได้โดยลิ้น Main Cutout Cross Connection Valves และ Riser Cutout Valves ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับส่วนหนึ่งส่วนใด จะไม่ทำให้ระบบทั้งหมดส่วนใหญ่ใช้งานได้

ค. มีเครื่องสูบน้ำมาจากหลายทาง (Multiple Sources)

1. อาจมีเครื่องสูบน้ำหลายเครื่อง สูบน้ำเข้า Fire main เครื่องเดียวหรือทั้งหมด เดินสูบน้ำพร้อมกัน

2. เครื่องสูบน้ำติดตั้งอยู่ในที่ต่าง ๆ แยกจากกัน

ง. มีคู่ (Duplication)

1. โดยมีท่อเดินขนานกัน และมีลิ้นปิดเปิด สำหรับท่อต่อตัด (Cross Connecting Valves) และลิ้นตัดแยก (Cutout Valves)

จ. เปลี่ยนแปลงได้ง่าย (Flexibility)

2. การติดตั้งลิ้นในระบบ Fire main ทำให้สะดวกต่อการซ่อมแซมโดยแยกความเสียหาย ออกจากระบบได้ และใช้ Hose Jumpers และ Jubilee Pipe Patches

ฉ. มีการป้องกัน

1. ท่อต่าง ๆ เดินหลังเกาะ ถ้าเรือที่ไม่เกาะ เดินใต้แนวน้ำ

ช. ทนทานต่อแรงกระแทก (Resistance to Shock)

1. มีที่ยึดแป็บ (Pipe Hangers) เพื่อป้องกันการสั่นจากผนัง (Dishing)

2. ไม่ควรใช้ท่อที่ทำด้วยโลหะเปราะ (Brittle Mater Material)

ซ. บังคับได้จากที่อื่น ๆ (Remote Operation)

1. เพื่อรักษาการผนึกกันน้ำ ลิ้นซึ่งอยู่ในบริเวณแยก จากระบบติดกันต่อปิดเปิดได้จากที่อื่น

5. การทดลองระบบน้ำดับเพลิง

ก. ทุกสัปดาห์

1. ทดลองกำลังคันในระบบ ด้วยกำลังคันเต็มที่ เปิดหัวต่อน้ำไว้อย่างน้อย 2 ลี้น กำลังคันตกไม่ควรให้ต่ำกว่า 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2. เดินน้ำในท่อ Riser อย่างน้อย 5 นาที

3. ทดลองปิดเปิดลิ้นทุกอันและตรวจเครื่องแสดงตำแหน่ง (Position Indicator) ถ้ามี

4. ทดลองลิ้น Relief Valves ทุกลิ้น

5. เปิดฝาครอบลิ้น (Bonnet) ตรวจสอบการสุกที่หน้าลิ้นและก้านลิ้นอย่างน้อย 1 ชั้น

ข. ทุก 3 เดือน

ค. ทุกปี

1. Overhaul ลิ้น Relief , Reducing และ Check Valves

ง. ตามระยะเวลาสมควร (Periodically)

1. เดินน้ำในระบบด้วยน้ำจืด ห้ามต่อโดยตรงกับท่อน้ำจืดภายนอก

ช. ระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (Related Systems)

1. ระบบน้ำหยาดคลังกระสุน (Sprinkler System)

ก. ระบบต่าง ๆ ที่จะต้องมีการหยาดน้ำ

1. ห้องลำเลียงกระสุน (Ammunition Handling Rooms)

2. ห้องพักกระสุนพร้อมใช้ (Ready Ammunition Spaces)

3. คลังกระสุน (Ammunition Magazines)

4. ที่พักกระสุนปืนป้อม (Turret Shell Stowage)

5. ที่เก็บเครื่องบิน (Hangar Decks)

ข. ลิ้นและส่วนประกอบ

1. ระบบน้ำหยาดมักจะทำงานด้วยไฟฟ้าไฮดรอลิกส์ หรือลมบังคับทางเทคนิคจากที่อื่น ระบบไฟฟ้าเป็นแบบคดปุ่ม บังคับมอเตอร์เล็ก ๆ หรือโซลินอยด์ ระบบลมประกอบด้วยสูบลมเล็ก ๆ อัดอากาศไปยัง Pilot Valve ของลิ้นที่เกี่ยวข้อง ระบบไฮดรอลิกส์ทำงาน โดยมีสูบลมไฮดรอลิกส์ตัวเล็ก ๆ ใช้มือ (Small Hydraulic Pump) อัดกำลังดันน้ำมันไปยังลิ้นบังคับ การติดตั้งสมัยใหม่ ของระบบไฮดรอลิกส์กับท่อ Fire main ใช้กำลังดันพอให้สามารถเปิดลิ้น Control Valve เท่านั้น การทำงานของระบบนี้อาจเป็นด้วยมือ (Manual) หรืออัตโนมัติ โดยการทำงานของเครื่องมือ ควบคุมด้วยความร้อน (Thermostatically)

ค. การติดตั้งและจัดระบบท่อน้ำหยาด

1. ท่อและหัวฉีด จัดอยู่ในตำแหน่งที่สามารถคลุมผนังได้ทั่วโดยฝอยน้ำหล่อเย็น (Cooling Spray) เมื่อเกิดมีไฟไหม้ในบริเวณใกล้เคียงกับคลังกระสุนหรือในบริเวณที่เฉพาะ

2. สามารถเปิดน้ำให้ท่วมเต็มห้องได้ภายในหนึ่งชั่วโมง

ง. การทดลองและตรวจระบบน้ำหยาด

1. ทุกสัปดาห์

ก. ทดลอง Control Valve โดยใช้ the Installed Test Casting

2. ทุกสามเดือน

ก. ท่อแห้ง ควรใช้ลมกำลังดันต่ำเป่า

2. ระบบน้ำชำระล้างกัมมันตภาพรังสี (Wash down System)

ก. ระบบชั่วคราว (Interim Wash down System)

1. ท่ออูมิเนียม หรือพลาสติก ติดตั้งเป็นแถวประกอบด้วยหัวฉีด เพื่อให้ฉีดน้ำคลุมได้ทั่วบริเวณคาน้ำและทุกส่วน

2. แต่ละแถวต่อเข้ากับหัวต่อน้ำดับเพลิงเป็นระยะสั้น ๆ แต่ละแถวจะต่อกับหัวต่อเมื่อใช้งานเท่านั้น

3. Portable Arrays ใช้สำหรับสถานที่ เช่น กระจังคลื่น หัวเรือ (For Castle) และคาน้ำบิน (Flight Deck) เก็บไว้ในที่ใกล้เคียง ติดตั้งด้วย Clips เมื่อจำเป็น

4. Arrays ตามปกติเปิดโดยลิ้น Rises Out Valve ได้คาน้ำ

ข. ระบบถาวร (Permanent Wash down Systems)

1. เรือใหม่ ๆ หรือเรือที่ดัดแปลงบางลำ ได้มีการติดตั้งประจําถาวรด้วยลิ้นและ Sprinkler Nozzles

2. ท่ออยู่ใต้คาน้ำให้ไกลที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีหัวฉีดไหลขึ้นมาจากคาน้ำ

3. ลิ้นติดตั้งใต้คาน้ำ

4. หัวฉีดมีฝาปิด และเปิดโดยกำลังดันน้ำ

ค. การทดลองและตรวจระบบ Wash down

1. ทุกสัปดาห์

ก. ตรวจรั่วตามท่อ

ข. ตรวจตามหัวฉีดให้อยู่ครบตามที่

ค. สายสูบลอยประจำที่

ง. ทดลองเปิดลิ้นทุกอัน

2. ทุกเดือน

ก. จัดสายสูบใหม่ (เพื่อป้องกันการชำรุดที่รอยพับ) (Refake all Hoses)

3. ทุกสามเดือน

ก. เป่าลมไล่ระบบโดยใช้ลมกำลังดันต่ำของเรือ

3. Eductors

ก. ทดลองโดยใช้กำลังดันจาก Fire main

ข. ปกติติดตั้งในระบบ Secondary Drainage System

ค. ติดตั้งใกล้เคียงหรือใต้ระดับเส้นแนวน้ำ

ง. อันตรายของการใช้ Educator เมื่อเกิดมีการพยายามทำงานในทางกลับตรงข้าม (Tendency to Operate in Reverse) คือ เมื่อกำลังดันน้ำต่ำกว่า 70 ปอนด์ต่อตารางนิ้วที่หัวต่อ Fire Plug

4. Fog และ Water Curtain

ก. หัวต่อน้ำ Curtain Sprinkler สำหรับที่เก็บเครื่องบินติดตั้งใกล้ Over bead ตลอดทุก ๆ Hangar Bay เพื่อกั้นไฟ (Isolate Fires) น้ำที่ใช้ต่อกับ Sprinkler Heads เหล่านี้มาจาก Fire main โดยผ่าน Cut Out Valves ที่ต่อแยก Fire main และ Fire main Risers ทั้งด้านกราบซ้ายและกราบขวา Riser ทุกอัน จะต้องมียานาคโตเพียงพอ เพื่อให้จ่ายน้ำไปพอเพียงตลอดทั้งระบบ

ข. การบังคับ

1. ลีนบังคับสำหรับจ่ายน้ำไปแต่ละ Hangar Bay Sprinkler Group หรือ Water Curtain ติดตั้งที่สองกราบของเรือและเปิดปิดได้พร้อมกันจาก Any of Several Electric Push Button Control Stations สำหรับทุกคู่ของลีน Pushbutton Stations ติดตั้งบน Second Deck กราบซ้ายและกราบขวาเพื่อเปิดหรือปิดลีน Pushbutton Stations ยังมีติดตั้งไว้บน Main Deck เพื่อใช้ปิดอย่างเดียวย

2. Master Switches ติดตั้งไว้ที่ Conflagration Station สำหรับ Operation of the Hangar Sprinkler และ Water Curtain Control Valves

3. “Hytrol” Type Sprinkler Control Valves ทำงานโดยกำลังดันของน้ำจาก Fire main ผ่าน Solenoid เพื่อไปบังคับลีนติดตั้งอยู่ทุก ๆ Sprinkler และ Water Curtain Control Valve Solenoid บังคับจาก Pushbutton Stations

4. Test Castings ติดตั้งในที่ใกล้เกี่ยวกับ Control Valves เพื่อใช้ทำการทดลอง Control Valves ได้โดยไม่ต้องหยาดน้ำ Sprinkling มีไว้แต่ละ Test Casting เพื่อระบายน้ำออกจาก Casting และเพื่อสังเกตการรั่วไหลจาก Control Valve Cock Drain นี้ควรเปิดทิ้งไว้เสมอ

ค. Test and Inspections การทดลองและการตรวจ

1. ทุกสัปดาห์

ก. ทดลองลีนทุกลีน

ข. ทดลอง Control Valve โดย Test Casting

2. Periodically (ตามระยะเวลาสมควร)

ก. เป่าด้วยลมในระบบกำลังดันต่ำ

5. Fog Foam Installation

ก. หน้าที่สำคัญของ Fog Foam System คือจ่าย Foam จำนวนมากและรวดเร็วเพื่อคลุม Gasoline และ Fuel ที่ลุกไหม้

ข. เครื่องผสม Foam ปกติติดตั้งบนคานฟ้าชั้นสองพร้อมด้วยท่อทางเพื่อจ่าย Foam ไปยังทางออก ลีนสายสูบบนคานฟ้าชั้นบนสำหรับเรือบรรทุกเครื่องบินและบริเวณห้องเครื่องสำหรับเรือชนิดอื่น

ค. Water Motor Proportional ทำงานด้วยกำลังดันจาก Fire main

ง. เครื่องมือเหล่านี้ต้องการกำลังดันน้ำอย่างน้อย 75 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และ จะได้ผลดียิ่งขึ้น เมื่อ กำลังดัน 100 - 125 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

จ. Test and Inspections การทดลองและการตรวจ

Hangar Sprinkling	11	6,800	GPM
Water Curtains	7	6,050	GPM
Fog Foam Systems	10	10,000	GPM
Miscellaneous Cooling		1,000	GPM
Wash down System		8,050	GPM
	Total	79,790	GPM

ค. Total if all Systems were on the Line at one Time

ง. The Damage Control Assistant จะต้องมีการความต้องการของน้ำแต่ละระบบไว้พร้อมและ
รู้จำนวน GPM ที่ใช้ในททุกขณะ

ญ. NBN และความสัมพันธ์ของระบบกับระบบ Fire main

1. Fire main ระบายน้ำไปยังระบบ Wash down System
2. Fire main และ Pumps จะต้องรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดีที่สุดเพื่อให้ใช้งานได้ดีที่สุด
3. Wash down System ใช้การได้ทันทีเมื่อทราบว่าถูกโจมตีด้วย CBC
4. Nuclear and Biological Containates บริเวณที่แปดเปื้อนด้วยสารชีวและนิวเคลียร์ ที่ไม่สามารถทำให้
หมดได้ (Neutralized) จะต้องชำระล้างออกไปจากรีเอ
5. ถ้าระบบ Wash down ได้กระทำก่อนการโจมตีทางปรมาณูหรือเคมีจะได้ผล 80 - 85 %
6. ถ้าระบบ Wash down ได้กระทำก่อนการถูกโจมตีทาง Biological จะได้ผล 50 - 80 %

25. ระบบระบายอากาศ

(Ventilation System)

- ก. ลักษณะและความมุ่งหมายโดยทั่วไป (Generation Description And Purpose) ระบบระบายอากาศ ได้จัดให้มีขึ้นในเรื่องเพื่อ
1. ระบบระบายอากาศ (Ventilation)
 - ก. ให้อากาศซึ่งมีอุณหภูมิปกติตามธรรมชาติ ให้หมุนเวียนอยู่ภายในเรือโดยใช้พัดลม
 - ข. ระบายควัน แก๊สที่เป็นพิษ และฝุ่นกัมมันตภาพรังสีของอาวุธนิวเคลียร์เชื้อโรคและเคมี (NBC Contamination) ซึ่งปลิวมาทางอากาศให้ออกไปพ้นเรือ
 2. ให้ความร้อน (Heating)
 - ก. ทำความร้อนโดย
 1. ใช้เครื่อง (Ventilation Heater) ติดอยู่ภายในท่ออากาศเลย เครื่องแบบนี้มีน้ำหนักเบากว่าแบบอื่น ๆ
 2. ใช้เครื่อง Radiator และ Convector ในที่ซึ่งไม่มีท่อจ่ายอากาศดี ให้มีแต่ท่อดูดอากาศเสียเท่านั้น เช่น ตามห้องน้ำห้องส้วม
 3. ใช้เครื่อง Unit Heater ในที่ซึ่งต้องการความร้อนสูง
 4. ใช้เครื่อง Electrical Heater ในที่ซึ่งอยู่ห่างไกลจากระบบท่อไอของเรือ
 - ข. เครื่อง Ventilation Heater
 1. ประกอบด้วยระบบเครื่อง 2 หน่วย (Two-Unit System) คือ Pre Heater และ Re Heater
 - ก. ตามปรกติ Pre Heater มีลิ้นบังคับ (Regulator Valve) 2 ตัวควบคุมโดย Thermostat ลิ้นหนึ่งปล่อยให้ร้อนออก 25% โดยเครื่อง Model "W" Thermostat ซึ่งติดภายในท่ออากาศ โดยออกแบบไว้ให้เปิดเมื่ออุณหภูมิ 35°F หรือต่ำกว่า เพื่อป้องกันตัว Heater ไม่ให้ไหม้จับตัวแข็งตัว อีกลิ้นหนึ่งปล่อยให้ร้อน 75% ทำงานโดยเครื่อง Model "L" Thermostat ทางด้านปลายของท่อแบบให้เปิดระหว่างอุณหภูมิ 45°F ถึง 65°F
 - ข. Re Heater ติดอยู่ลึกภายในท่อ มีอยู่ลิ้นเดียวทำงานโดย Model "R" Thermostat ติดตั้งตามที่ ๆ มันจะปล่อยความร้อนให้
 2. เครื่อง Heater ระบบหน่วยเดียว (Single-Unit) เรียกว่า Combination Heater คือ Pre Heater และ Re Heater รวมกันเป็นหน่วยเดียว ใช้ Model "W" และ Model "R" Thermostat ควบคุมไอที่จะจ่ายออก
 - ค. ระบบการให้ความร้อนด้วยไอมืออยู่ 3 แบบ คือ
 1. Zone Heating ห้องที่เหมือน ๆ กัน จัดเป็นหมู่ใช้ Pre Heater 1 ตัว และ Re Heater 1 ตัว ในแต่ละหมู่ของห้อง

2. Central Heating จัดห้องเป็นหมู่ แล้วใช้ความร้อน โดยมี Pre Heater Coil 1 ตัว และ Re Heater Coil อีก 1 ตัว หรือมากกว่า ปรับแต่งความร้อนได้ตามประสงค์ที่ Re Heater
 3. Individual Space Heating คือ แต่ละสถานที่ มี Pre Heater 1 ตัว และ Re Heater อีก 1 ตัว หรือมากกว่าเป็นเอกเทศไป
3. ให้ความเย็น (Cooling)
- ก. ให้ความเย็นด้วยอากาศ (Cooling With Air)
 1. อุณหภูมิภายในห้อง ๆ หนึ่ง จะเกิดขึ้นมากน้อยก็โดยการใช้เครื่องมือและแสงสว่างที่มีอยู่ในห้องนั้น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งผ่านมาทางสื่อความร้อน คือ ฝ้าเพดาน และตัวเรือน ความร้อนซึ่งถ่ายเทมาจากส่วนนี้ร้อนรอบห้องนั้น หรือความร้อนจากอากาศภายนอก นอกจากนี้บุคคลที่อยู่ในห้องนั้น ยังปล่อยความร้อนในกายออกมาอีกด้วย ความร้อนจากแหล่งต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นสาเหตุทำให้อุณหภูมิของอากาศในห้องสูงขึ้น ถ้าไม่มีอากาศดีปล่อยเข้าไปในห้องนั้น แล้วอุณหภูมิของอากาศก็จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ
 2. ระบบระบายอากาศได้ออกแบบให้อากาศสด (Fresh Air) มีปริมาณเพียงพอที่จะทำให้ผลแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Differential) ระหว่างอากาศภายนอก และอากาศภายในไม่เกิน 7° ในส่วนที่เป็นที่พักอาศัย และไม่เกิน 15° ในส่วนที่ทำงาน (ยกเว้นห้องเครื่อง)
 3. จะเป็นที่เห็นได้ชัดว่า เรามีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีที่จะปล่อยอากาศเย็นเข้าไปในเรือบ้างในบางกรณี
 - ข. เครื่องปรับอากาศหรือกลไกทำความเย็น (Air Conditioning or Mechanical Cooling)
 1. จัดให้มีแก่ห้องศูนย์ยุทธการ (CIC) และห้องอื่น ๆ ที่มีเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์อยู่ ห้องบางห้องที่จะมีความร้อนประจำอยู่เสมอหรือส่วนที่เป็นที่พักอาศัยบางแห่ง
 2. ใช้แก๊ส Freon หรือ น้ำ (คือทำให้น้ำเย็นแบบระบบตู้เย็น แล้วปล่อยให้ไหลผ่านท่อไป ทั่วลมเรือที่ต้องการให้เย็น
 3. ออกแบบให้รักษาอุณหภูมิไว้ไม่ให้เกิน 85°F แต่ 88°F อุณหภูมิภายในห้องอาจจะลดต่ำอีกได้ ถ้าอุณหภูมิภายนอกลดต่ำลง
 - ค. ให้ความเย็นเฉพาะที่ (Spot Cooling)
 1. ใช้อากาศเป่าที่มีความเย็นสูงมาก (High Velocity Blast of Air) คือ มีจำนวน 2,500 – 3,500 ลูกบาศก์ฟุตต่ออนาที ซึ่งบุคคลทนได้แบบที่ติดตั้งในที่ ๆ มีอากาศร้อนมาก ๆ เช่น ห้องซักผ้า และเครื่องจักรกลต่าง ๆ
4. ให้มีการหมุนเวียนถ่ายเท (Circulation)
- ก. ประกอบด้วยเครื่องเป่าแบบจ่ายอากาศดีเข้าและเป่าอากาศเสียออก
 - ข. เครื่องเป่าที่ใช้มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบ Radial และ Axial แบบ Axial ต่ออยู่ในท่ออากาศเลย
 - ค. เครื่องเป่าอากาศเสียออกจากห้องเครื่องจักรกลที่ร้อน ๆ ควรจะตั้งไว้ให้ทำงานเมื่ออุณหภูมิในห้องสูงขึ้นมากกว่า การเป่าอากาศดี ๒๐% เพื่อรักษาความดันของอากาศดีให้คงตัวอยู่ได้ และเพื่อเป็นการ

- ง. พัดลมตั้ง (Bracket Fan) มีติดตั้งไว้ตามที่ ๆ ต้องการให้อากาศหมุนเวียนถ่ายเท
5. ลดความชื้น (De-Humidify)
- ก. ในราชนาวีใช้ Silica Gel เป็นสารจำพวกพริกแรมี่คุณสมบัติในการดูดไอน้ำจำนวนมาก ๆ ไว้ได้ ใช้ร่วมกับ Indicator Gel ด้วยจำนวนเล็กน้อย Silica Gel ที่อาจจะบรรจุกระป๋องหรือถุงผ้าก็ได้
- ข. Indicator Gel เวลาแห้งจะมีสีน้ำเงิน และกลายเป็นสีชมพู เมื่อดูดน้ำไว้อ้อมตัว
- ค. ปริมาณของ Silica Gel ที่ต้องการขึ้นอยู่กับเนื้อที่ของห้องนั้น คือ
1. 1 ปอนด์/ทุก ๆ 30 ลูกบาศก์ฟุต สำหรับส่วนที่เป็นห้องว่าง (Void)
 2. 1 ปอนด์/ทุก ๆ 50 ลูกบาศก์ฟุต สำหรับห้องเก็บของ (Storeroom)
- ง. การทำ Silica Gel ให้กลับใช้ได้ใหม่อีก คือเอาไปอบในอุณหภูมิระหว่าง 300 - 400°F ประมาณ 4 ถึง 25 ชั่วโมง หรือกระทั่งมาเป็นสีน้ำเงิน
- ข. ผลของระบบระบายอากาศ (Advantages)
1. ช่วยให้ความเป็นอยู่ในเรือได้รับความสุขสบายอย่างเพียงพอ
 2. ระบบระบายอากาศเสียช่วยในการขจัดควัน แก๊สที่เป็นพิษ และฝุ่นกัมมันตภาพรังสีของพวก นิวเคลียร์ เชื้อโรคและเคมี
- ค. ผลเสียของระบบระบายอากาศ (Disadvantages)
1. จัดให้ตามความต้องการของบุคคล ได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น
 2. เป็นแหล่งที่ทำให้น้ำที่เข้าท่วมเรือขยายเขตออกไปได้
 3. เป็นช่องทางที่ทำให้ไฟที่ไหม้กระจายลุกลามออกไปได้ และยังเป็นที่เดิมออกซิเจนช่วยในการลุกไหม้ของไฟด้วย
 4. เครื่องกลไฟที่ประกอบรวมอยู่กับระบบ อาจจะเสียหายไป เนื่องจากไฟไหม้ ถ้าไม่ระวังรักษาให้อยู่ในสภาพดี และอุดตันด้วยผงฝุ่น และจาระบี
- ง. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับการป้องกันความเสียหาย (Damage Control Factors)
1. ในการดับไฟ
 - ก. ฝึกสอนบุคคลให้รู้ในเรื่องต่อไปนี้
 1. รู้จักและคุ้นเคยเป็นอย่างดีว่า เครื่องเป่าและเครื่องปิดเปิดมีอยู่ตรงไหนบ้าง
 2. รู้วิธีการที่จะป้องกันไม่ให้ไฟที่ไหม้กระจายอาณาเขตออกไปด้วยการ
 - ก. ปิดเครื่องเป่าทั้งของอากาศดีและอากาศเสียได้ (Secure Blower)
 - ข. ปิดเครื่องปิดกั้นได้ (Secure Closures)
 - ค. หลังจากไฟที่ไหม้ได้ดับไปแล้ว ให้เปิดแต่เครื่องเป่าอากาศเสียเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันควัน และไอระเหยเข้าไปในห้องที่ติดกันอยู่
 - ข. เครื่องจับเปลวไฟ (Flame Arrest) มีอยู่ในระบบระบายอากาศด้วย โดยติดตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ไว้ของประเภทไวไฟ แต่จะต้องระวังรักษาทำความสะอาดอยู่เสมอ เพื่อให้มันทำงานได้ดี

2. ในการควบคุมน้ำที่เข้าท่วมเรือ (Flooding Control)

ก. ระบบระบายอากาศเป็นเส้นทางที่ทำให้น้ำที่เข้ามาท่วมเรือ แผ่ขยายอาณาเขตไปได้ ซึ่งจะต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

1. เพื่อที่จะลดผลแห่งการแผ่ขยายอาณาเขตนํ้าท่วมที่อาจเกิดขึ้นให้น้อยลง ท่อระบายอากาศสายใหญ่ (Main Ventilation Trunk) จะต้องติดตั้งให้อยู่เหนือระดับชั้นของการผนึกแน่น (Tightness Levele) แล้วมีท่อทางตั้งซึ่งผนึกนํ้าได้ (Vertical Watertight Riser) ต่อแยกลงไปตามห้องและพื้นที่ต่าง ๆ ที่ประสงค์ให้มีการระบายอากาศภายใต้ระดับชั้นของการผนึกแน่น

ก. ระดับชั้นของการผนึกแน่น ซึ่งมีแสดงไว้ใน ไดอะแกรมของการระบายอากาศประเภทเครื่องปรับอากาศ (Air Conditioning Ventilation Diagram) จะกำหนดไว้โดยเฉพาะสำหรับเรือแต่ละลำไป โดยมีรายการต่าง ๆ เฉพาะแต่ละลำด้วย และยังมีผิดแผกแตกต่างกันไปอีก สำหรับเรือต่างชนิดต่างประเภทกัน หรือเรือบางลำซึ่งความแตกต่างนี้เป็นได้ไม่ว่าจะในทางตามยาวของเรือ (Longitudinal) หรือทางขวางของเรือ (Transverse)

2. บรรดาท่อระบายอากาศทั้งหลาย ที่อยู่ต่ำกว่าระดับชั้นการผนึกแน่น จะต้องรักษาให้คงไว้ซึ่งการผนึกนํ้าอยู่เสมอ

3. จะไปเจาะรูอะไรตามท่อระบายอากาศนี้ไม่ได้ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตเป็นพิเศษจากผู้มีอำนาจในเรื่องนี้

4. แผ่นสำหรับเปิดตรวจท่อ (Inspection Plate) จะต้องทำให้ผนึกนํ้าได้ ถ้าอยู่ต่ำกว่าระดับชั้นของการผนึกแน่น และหลังจากที่เปิดออกเพื่อการตรวจแล้ว เวลาปิดจะต้องระมัดระวังให้แน่ใจว่าแผ่นเหล่านั้นผนึกแน่นแล้ว

ข. เครื่องกลไก ปิด-เปิด (Ventilation Closure Devices)

1. เครื่องปิด-เปิด ที่ผนึกนํ้าได้ (Watertight Closure)

ก. มีหน้าที่

1. มีหน้าที่หลักก็คือ ป้องกันมิให้นํ้าท่วมในห้องที่ได้รับคามเสียหาย ไหลตามท่อระบายอากาศเข้าท่วมห้องอื่น ที่ไม่ได้รับความเสียหายได้
2. ป้องกันการแผ่ขยายเขตของไฟไหม้ ควัน และไอระเหยที่มีอันตรายต่าง ๆ
3. เพื่อแยกห้องที่สำคัญ ๆ ของเรือ ไม่ให้ติดต่อกันได้ หรือที่สำคัญต่อการรบ เป็นคนละส่วนกัน

ข. การติดตั้งเครื่องปิด-เปิด ที่ผนึกนํ้า

1. ติดไว้ตรงตอนที่ท่อระบายอากาศจะเจาะทะลุผ่านคานฟ้า และฝ้าผนังของห้องที่ผนึกนํ้าได้และอยู่ต่ำกว่าระดับชั้นการผนึกแน่น
2. การติดตั้งควรจะทำให้เครื่องปิด-เปิด นั้นมีสิทธิในการผนึกแน่นเท่า ๆ กับที่คานฟ้า หรือที่ฝ้าผนังนั้นมี ทั้งนี้เพื่อไม่ทำให้อำนาจในการผนึกอากาศ และผนึกนํ้าเสียไป
3. ใน ทร.อเมริกา มีกฎข้อบังคับและระเบียบว่าด้วยการติดตั้งท่อระบายอากาศ และ

เครื่องปิด-เปิด ซึ่งสามารถผ่น้ำได้

ค. แบบของเครื่องปิด-เปิด

1. แบบ A (Type A) น้ำหนักเบา ทนทาน ได้เพียงกำลังดันต่ำ ๆ เป็นลักษณะ ใช้ได้กับท่อระบายที่มีรูปกลม ซึ่งมีความโตวัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 12 นิ้ว หรือน้อยกว่า
2. แบบ B (Type B) เป็นฝาปิดรูปเหลี่ยมผืนผ้า มียางอัดตรงขอบของฝาด้านใน ตรงด้านบนของฝาทำเป็นบานพับ เพื่อให้ปิด-เปิดได้ และด้านตรงข้ามทำเป็นลิ้มหมุนเพื่อให้ล็อกได้ตรงขอบของฝา
3. แบบ C (Type C) เหมือนกับแบบ B แต่เป็นรูปกลมและใช้วงแหวนล็อก โดยหมุนขัดกับขอขัดตรงขอบของฝาปิดนี้
4. แบบ E (Type E) ติดเฉพาะทางตอนปลายท่ออากาศเท่านั้น ลักษณะเหมือนกับฝาปิดแบบ B แต่อาจเป็นรูปกลมหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้ และการล็อกทำคนละแบบ
5. แบบ F (Type F) เหมือนกับแบบ E ยกเว้นตัวล็อกซึ่งแตกต่างกัน

ง. เครื่องปิดเปิดการระบายอากาศซึ่งอยู่ใต้คานฟ้า และทำเป็นแบบควบคุมระยะไกล (Remote Operating Device) ได้แก่พวกเครื่องปิด-เปิดระบายอากาศในคลังกระสุน ตัวก้านต่อเป็นแบบอ่อน (Flexible Shaft Type)

จ. เครื่องมือกันน้ำ (Waterproof Devices)

1. Bucket Type Waterproof Ventilation ติดไว้กับท่อระบายอากาศ ซึ่งอยู่บนคานฟ้าเปิด (Weather Deck) ออกแบบให้กันน้ำได้ทุกสภาพอากาศ และมีเครื่องปิดเปิดประกอบอยู่ด้วย
2. ปล่องดักลม มีฝาทรงกลมและหมุนไปมาได้ บางทีมีที่กั้นฝอยน้ำกระเด็นเข้าด้วย

ฉ. การกำหนดชั้นของการระบายอากาศ (Classification of Ventilation System Components)

1. กร. จะกำหนดชั้นให้ทั้งในการปิด-เปิด (Closure) และการเป่าอากาศ (Blower) โดย ผบ.เรือ จะ ไปเปลี่ยนแปลงกำหนดชั้นที่ไว้โดยไม่ได้ได้รับความเห็นชอบจาก กร. ไม่ได้
2. ชั้น W กำหนดให้แก่ระบบที่ต้องทำหน้าที่ขณะรบ การกำหนดชั้นที่กล่าวนี้จำเป็นจะต้องทำการพิจารณาไว้ล่วงหน้า เพราะว่าพลัง (Power) ที่จะเดินเครื่องเป่าอาจจะได้จากพลังทางสาขาการรบ (Battle Field)
3. ชั้น Z กำหนดโดย กร.เช่นเดียวกัน เพราะพลังที่จ่ายได้จากสาขาการรบ โดยเฉพาะกำหนดให้แก่ระบบที่ประสงค์ในการเป่าออก ขณะประจำสถานีรบเท่านั้น
4. ชั้น X กำหนดให้แก่ระบบที่ทำเฉพาะเป่าออก
5. ชั้น Y กำหนดให้แก่พวกเครื่อง ปิด-เปิด ในห้องกระซบสี และห้องที่เก็บวัตถุเหลวไวไฟ
6. การกำหนดชั้นให้แก่พวก ปิด-เปิด ของการระบายอากาศ และพัดลมควรจะลงรายการไว้ในหนังสือคู่มือป้องกันความเสียหายของเรือ และในรายการตรวจสอบประจำห้องด้วย

ณ. การบำรุงรักษาของระบบระบายอากาศ (Maintenance of The Ventilation System)

1. ข้อเสนอแนะในการทำมาสะอาด (Cleaning Instructions)

- ก. การทำความสะอาด Coils
1. หยุดพัดลม
 2. เปิดฝาปิดที่มี Coil อยู่ทุกตัว
 3. ขัดฝุ่นออก ถ้าฝุ่นติดกรังอาจใช้แรงพิเศษ แล้วใช้อากาศอัดเป่าอีกที หลังจากนั้นมีการบีหรือ ฝุ่นเกาะติดอยู่ Recommended Cleaning Aid ซึ่งไม่เป็นพิษสำหรับใช้ในห้องที่อับ
 4. ถ้าจะทำความสะอาด Cooling Coil ของเครื่องปรับอากาศอย่าปิด Compressor เพราะด้วยทำ ความสะอาดมีไอรระเหย ถ้าทำความสะอาด Heating ให้ปิดไว้ก่อนแล้วปล่อยให้เย็นจนมี อุณหภูมิเท่ากับห้อง จึงใส่ด้วยทำความสะอาด
 5. คอยล์ที่เปียก ใช้น้ำอุ่นกับน้ำสบู่ ฝนเป็นฝอยละเอียดทิ้งไว้ 5 นาที จึงเอาน้ำจืดล้างโดยฉีดเป็น ฝอยน้ำความเร็วสูง เสร็จแล้วปล่อยให้แห้งเอง
- ข. ทำความสะอาด Screen
1. ใช้เครื่องดูดฝุ่น (Vacuum Cleaner)
- ค. ทำความสะอาด Crease Filter
1. แชน้ำสบู่และล้างด้วยน้ำ เช็ดให้แห้ง
- ง. ทำความสะอาด (Flame Arrest)
- จ. ทำความสะอาดที่กรองอากาศ (Air Filter)
1. ล้างน้ำสบู่
2. ตารางการทำความสะอาด (Cleaning Schedule Check-off List)
- ก. ทุก ๆ 6 เดือน ตรวจสอบระบบระบายอากาศทั้งหมด และทำความสะอาดสิ่งที่เป็นจะต้องทำ ความ สะอาด
- ข. ทุกอาทิตย์ ตรวจสอบและทำความสะอาดตามความจำเป็น คือ Screen, Filter, Coil, Flame Arrest, และ Heater
- ค. วันเว้นวัน ทำความสะอาด Crease Filter ในห้องครัว (Galley) ถ้าไม่ปฏิบัติตามข้อนี้ปรากฏว่า มีไฟ ใหม้ขึ้นในเรือบ่อยครั้ง ฉะนั้นข้อนี้สำคัญจะมองข้ามไปไม่ได้
- ง. ทุกวัน ทำความสะอาด Exhaust Screen ในห้องซักรีด
- จ. เตรียมรายการตรวจสอบ (Check-off List) ของระบบไว้ด้วย
- ฉ. การปฏิบัติตามตาราง ใช้คนจากแผนกต่าง ๆ โดยผ่านการพิจารณาจากต้นเรือแล้ว

26. การควบคุมความเสียหายทางช่างกล (Engineering Casualty control)

กล่าวโดยทั่วไป

ภารกิจหน้าที่ของการควบคุมความเสียหายทางช่างกล คือการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันการลดและแก้ไขข้อขัดข้องของเครื่องจักรกล ระบบไฟฟ้า และท่อทางต่าง ๆ จากการปฏิบัติงานและการชำรุดเสียหายจากการรบ ซึ่งการควบคุมความเสียหายทางช่างกลที่ดีจะคงไว้ซึ่งสถานะความพร้อมและความน่าเชื่อถือสูงสุดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเรือภายใต้ทุกสถานะของการปฏิบัติการซึ่งจุดหมายของภารกิจ จะแบ่งออกได้เป็นสองอย่าง คือ

- จุดมุ่งหมายข้อที่หนึ่งภายใต้ภารกิจการควบคุมความเสียหายทางช่างกล คือ การที่ คงไว้ซึ่งสถานะความพร้อมของระบบขับเคลื่อน ระบบเครื่องจักรช่วย ระบบไฟฟ้ากำลัง ไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบสื่อสาร ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบอำนาจการรบ ระบบ Ship Control (เครื่องถือท้าย เครื่องหางเสือ กว้านสมอและอื่น ๆ ที่ใช้ในการทำเรือ) ระบบน้ำดับเพลิง ระบบอื่น ๆ เช่น ระบบปรับอากาศ และเครื่องอัดลมซึ่งหากเกิดการชำรุดเสียหายของระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังได้กล่าวในข้างต้นจะมีผลกระทบต่อขีดความสามารถในการรบ โดยการลดขีดความสามารถในการเคลื่อนที่ ลดอำนาจในการรุกและป้องกันตนเอง เช่น ความสามารถในการควบคุมไฟไหม้ น้ำท่วม ความเสียหายต่อระบบอาวุธและตัวเรือ รวมทั้งความสามารถในการป้องกันตนเองจากสงคราม นซค.

- จุดมุ่งหมายข้อที่สองภายใต้ภารกิจการควบคุมความเสียหายทางช่างกล คือการลดจำนวนผู้ที่ได้รับบาดเจ็บและทำให้มีผลเสียหายต่อเนื่องไปยังระบบอุปกรณ์หลักที่สำคัญ เนื่องจากกำลังพลที่มีความรู้ในการแก้ไขข้อขัดข้องได้รับบาดเจ็บหรือตาย ทำให้ไม่มีคนเข้าไปแก้ไขอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ได้รับความเสียหาย ซึ่งในที่นี้เราจะเห็นได้ว่าคนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้จุดมุ่งหมายในข้อที่หนึ่งประสบผลสำเร็จ ซึ่งจากที่เราได้กล่าวมาในข้างต้นจะเห็นได้ว่า ถ้าเรือของเราได้รับการซ่อมบำรุงตามแผนเป็นอย่างดีก็จะทำให้ทุกระบบสามารถป้องกันและต่อสู้กับความเสียหายอันเกิดจากภัยคุกคามภายนอกเรือ ซึ่งหมายความว่ากำลังพลของเรือก็จะต้องมีความปลอดภัยสูงขึ้น

ขั้นตอนในการปฏิบัติเกี่ยวกับการซ่อมบำรุงตามแผน ซึ่งเป็นหัวใจในการป้องกันการเกิดชำรุดเสียหายทางช่างกล เช่น แผนงานในวงรอบการปฏิบัติ วงรอบในการตรวจสอบวงรอบในการซ่อมบำรุงต่าง ๆ ในที่นี้จะไม่กล่าวถึง ส่วนรายละเอียดทางด้านเทคนิคต่าง ๆ ในการปฏิบัติดูแลรักษาเครื่อง ให้อ้างอิงถึงคู่มือประจำเครื่องและคู่มือการกลต่าง ๆ

ปัจจัยอิทธิพล ปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้การควบคุมความเสียหายทางช่างกลมีประสิทธิภาพมากกว่าการปฏิบัติอย่างรวดเร็วทันทีที่มีเหตุการณ์เกิดขึ้น คือ การผสมผสานกันระหว่างการออกแบบ ที่ดีมีความสมบูรณ์ การตรวจตราอุปกรณ์เครื่องจักรกลอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการซ่อมบำรุงตามแผน การซ่อมบำรุงป้องกัน การบริหารจัดการ ภายในแผนก การฝึกหัดศึกษาของกำลังพลเรือประจำเรือ ซึ่งก็คือการที่เรามีการเตรียมการป้องกันที่ดีก็จะเป็นการควบคุมความเสียหายทางช่างกลที่ดีที่สุด

องค์บุคคล ความรู้ของกำลังพลของเรือ คือรากฐานของการควบคุมความเสียหายทางช่างกล ความรู้ในรายละเอียดทางวิศวกรรม ในการติดตั้งการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรกลในมุมมองของการปฏิบัติจะมีความสำคัญกับทุกคนที่เกี่ยวข้องเพราะการเกิดสภาวะความมืด อุณหภูมิที่สูง เกิดแก๊สพิษ ไฟไหม้ น้ำท่วม อาจเกิดขึ้นได้หลังจากที่มีความเสียหายเกิดขึ้น การเรียนรู้ในขั้นตอนการปฏิบัติมีความจำเป็นที่ทุก ๆ คน จะต้อง คำนึงเป็นอย่างดีก่อนที่จะทำการฝึกสถานการณ์สมมุติการควบคุมความเสียหายทางช่างกล

การฝึก การฝึกการควบคุมความเสียหายทางช่างกลจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนที่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่องและจะต้องมีการฝึกอย่างสม่ำเสมอ การฝึกจะต้องสมจริงโดยคำนึงถึงเหตุการณ์จริงที่น่าจะเกิดขึ้นได้ ในการวางแผนและเตรียมสถานการณ์การฝึกการควบคุมความเสียหายทางช่างกล การพิจารณาจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ ของเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้จริง รวมทั้งจะต้องระวังความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นจริงถ้าหากมีการควบคุมการฝึก ที่ไม่ดีซึ่งอาจจะทำความเสียหายให้กับอุปกรณ์เครื่องจักรกลต่าง ๆ ได้ เช่น การสมมุติสถานการณ์เครื่องจักรใหญ่ขัดข้อง ก็ต้องพิจารณาและควบคุมการฝึกให้ดีไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นกับเครื่องจักรใหญ่ขึ้นจริง ส่วนการสมมุติสถานการณ์ความเสียหายอันมีผลมาจากสถานการณ์การรบ การสมมุติสถานการณ์จะต้องวิเคราะห์ขั้นตอนที่อาจเกิดขึ้นได้จริงในระหว่างการฝึกอย่างละเอียดและจะต้องมีความเกี่ยวข้องกับทุก ๆ ส่วนภายในเรือ เช่น สะพานเดินเรือหรือศูนย์ยุทธการจะต้องทำอะไรเมื่อมีการสมมุติสถานการณ์ขึ้น เพื่อให้การฝึกดำเนินไปอย่างต่อเนื่องสมจริงและสอดคล้องกัน

การออกแบบ การออกแบบที่ดีมีผลต่อการควบคุมความเสียหายทางช่างกล ซึ่งสามารถทำได้ในสองทางคือ

- การออกแบบและใช้วัสดุที่แข็งแรงเพราะการออกแบบและใช้วัสดุที่ไม่แข็งแรงจะนำความเสียหายไปสู่ระบบอื่น ๆ ที่ทำงานร่วมกัน

- ระบบที่เป็นระบบหลักจะต้องออกแบบให้มีการติดตั้งระบบทำงานสำรองจากหลักการออกแบบเรือและติดตั้งอุปกรณ์ภายในเรือทั้งสองทาง โดยในแนวทางที่สองสามารถกระทำได้สองวิธีคือ

- ก. ออกแบบแยกระบบโดยการแยกระบบเครื่องจักรช่วยหลักออกจากกัน และต่อการทำงานถึงกัน โดยการใช้ระบบ loop หรือใช้การ cross-connection ถึงกันซึ่งก็คือเครื่องจักรใหญ่ทำงานโดยแยกระบบเครื่องจักรช่วยที่สนับสนุนเครื่องจักรใหญ่ออกจากกัน

- ข. ออกแบบโดยแยกห้องเครื่องจักรใหญ่ออกจากกันและทำงานแยกจากกันโดยอิสระ

การตรวจสอบ ขั้นตอนในการตรวจสอบรายละเอียดอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในการค้นหาบางส่วนของที่เก่าและชำรุด ซึ่งอาจจะมีผลทำให้เกิดการขัดข้องในช่วงเวลาวิกฤติ เมื่อมีการชำรุดเสียหายของส่วนประกอบของเครื่องจักรต่าง ๆ จะต้องรีบทำการตรวจสอบอุปกรณ์ ตัวอื่นที่เหมือนกันทันทีเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการเสียหายซ้ำอีกครั้ง เมื่อไรก็ตามที่มีชิ้นส่วนใดเสียหายโดยการชำรุดที่ผิดปกติ เกิดความล่า เกิดการสึกกร่อน การกัดกร่อน ซึ่งอาจจะเป็นการแสดงว่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไม่สามารถใช้งานได้ตามการออกแบบ

การซ่อมบำรุงป้องกัน (preventive maintenance) การซ่อมบำรุงป้องกันเป็นสิ่งสำคัญของการควบคุมความเสียหายทางช่างกลเพราะจะช่วยลดโอกาสการเกิดความเสียหายเนื่องจากการที่มีส่วนประกอบของระบบชำรุดและช่วยลดโอกาสการเกิดข้อขัดข้อง เช่น การเกิดสภาพน้ำมันหล่อลื่นเสื่อมสภาพ การเกิดการกัดกร่อน การเกิดการสึกหรอและอื่นๆ อันเป็นการลดความน่าเชื่อถือของบรรดาเครื่องจักรต่าง ๆ ซึ่งการซ่อมบำรุงป้องกันจะประกอบไปด้วยตารางการทดสอบ การตรวจสอบ และวงรอบการซ่อมทำตามบัตรรายงาน

ลักษณะเฉพาะที่ต้องให้ความสนใจอย่างต่อเนื่องของความผิดปกติภายในที่แสดงออกให้เห็นภายนอกอย่างเด่นชัดดังต่อไปนี้คือ

1. มีเสียงดังผิดปกติ
2. มีการสั่นสะเทือนผิดปกติ
3. กำลังดันผิดปกติ
4. อุณหภูมิผิดปกติ
5. รอบการทำงานผิดปกติ
6. มีการรั่วไหลของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น หรือของเหลวอื่น ๆ

เมื่อเกิดการชำรุด เมื่อมีการชำรุดเสียหายของชิ้นส่วนของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรกล ก็จะแยกการปฏิบัติออกเป็นสองส่วนคือ

- การแก้ไขข้อขัดข้อง ความรวดเร็วในการแก้ไขข้อขัดข้องในการเข้าไปแก้ปัญหา ข้อขัดข้องทางช่างกล ความรวดเร็วเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบที่มีต่อความสามารถในการขับเคลื่อน เครื่องหางเสือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความเสียหายที่มีต่อระบบหลักดังที่ได้กล่าวมาบ่อยครั้งที่มีเหตุการณ์เกิดขึ้นแล้วไม่สามารถแก้ไขข้อขัดข้องได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว อาจจะไปสู่ความเสียหายอย่างใหญ่หลวงจนกระทั่งไม่สามารถซ่อมทำได้

- การปฏิบัติเดินเครื่อง ผู้บังคับการเรือคือผู้ที่รับผิดชอบและมีอำนาจตัดสินใจในการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกิดเหตุขัดข้อง ซึ่งการใช้งานต่อไปอาจจะทำให้เกิดการชำรุดเสียหายที่มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่นในบางสถานการณ์ผู้บังคับการเรืออาจจะต้องฝืนใช้เครื่องจักรใหญ่ต่อไปทั้ง ๆ ที่บางชิ้นส่วนของเครื่องจักรใหญ่เกิดการชำรุดแต่จำเป็นต้องนำเรือออกจากพื้นที่อันตรายจากการโจมตีของข้าศึก

การควบคุมความเสียหายทางช่างกล แบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 คือการให้ความสำคัญกับการควบคุมความเสียหายทันทีทันใดของอุปกรณ์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายลุกลามไปหาชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งขั้นตอนนี้จะให้ความสำคัญกับการลดความเสียหาย

- ขั้นตอนที่ 2 คือการแก้ไขข้อขัดข้องให้สามารถกลับมาใช้งานได้

- ขั้นตอนที่ 3 คือการซ่อมทำให้กลับคืนสู่สภาพเหมือนเดิม

หนังสือคู่มือการควบคุมความเสียหายทางช่างกล (Engineering Casualty Control Manual)

การทำหนังสือการควบคุมอุบัติเหตุ นั้น เรือแต่ละลำจะต้องจัดทำขึ้นเอง เนื่องจากเรือแต่ละลำมีการติดตั้งการออกแบบเครื่องจักรกลต่าง ๆ แตกต่างกัน ขั้นตอนในการแก้ไขก็จะแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะติดตั้งเครื่องจักร

หรืออุปกรณ์รุ่นเดียวกัน แต่ว่าการออกแบบต่อเชื่อมการทำงานร่วมกับเครื่องจักรช่วยต่าง ๆ แตกต่างกัน ยกเว้นเรือในชุดเดียวกันก็จะสามารถใช้ขั้นตอนการปฏิบัติในการแก้ไขข้อขัดข้องความเสียหายทางช่างกลเหมือนกันได้ ดังนั้นหนังสือเล่มนี้จึงเป็น หนังสือที่ รวบรวมแนวทางการปฏิบัติเมื่อมีเหตุขัดข้องของเครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อขีดความสามารถ ซึ่งถ้าหากระบบใดระบบหนึ่งชำรุดเสียหายก็จะมีผลกระทบต่อขีดความสามารถในการเคลื่อนที่ ความสามารถในการรุกรบ ความสามารถในการป้องกันตัวเองทั้งจากสงคราม นหค. และต่อผู้กับความเสียหายจากน้ำท่วมและไฟไหม้ โดยภายในหนังสือเล่มนี้จะประกอบไปด้วยหัวข้อของแนวทางการปฏิบัติเมื่อมีเหตุขัดข้องชำรุดเสียหายของระบบ ดังต่อไปนี้

1. ระบบเครื่องจักรใหญ่และเครื่องจักรช่วย
 - 1.1 ระบบขับเคลื่อนและส่วนประกอบ รวมทั้งระบบที่เกี่ยวข้องกับการขับเคลื่อน
 - 1.2 ระบบไอใหญ่
 - 1.3 ระบบไอช่วย
 - 1.4 ระบบไอเสียช่วย
 - 1.5 ระบบน้ำเลี้ยง
 - 1.6 ระบบเครื่องขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
 - 1.7 ระบบเครื่องอัดลม
 - 1.8 ระบบสูบน้ำท้องเรือ
 - 1.9 ระบบน้ำดับเพลิง
 - 1.10 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง
 - 1.11 ระบบน้ำมันหล่อลื่น
 - 1.12 ระบบระบายอากาศ
 - 1.13 ระบบท่อแก๊สเสีย

2. การควบคุมความเสียหายทางช่างกลในการประจำสถานีรบ ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการปฏิบัติเมื่อมีความเสียหายจากสถานการณ์รบของเครื่องจักรกลต่าง ๆ ในห้อง รวมทั้งระบบท่อต่าง ๆ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดไฟไหม้ขนาดใหญ่ เนื่องจากในห้องเครื่องจะเต็มไปด้วยเชื้อเพลิง ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติอันนี้จะเป็นขั้นตอนการปฏิบัติของเจ้าหน้าที่ประจำห้องเครื่อง เมื่อเกิดเหตุท่อทางของระบบต่าง ๆ ในห้องเครื่องแตกหรือเกิดเหตุไฟไหม้ขึ้นในห้องเครื่องซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นและจะเป็นคนละเล่มกับหนังสือคู่มือการดับไฟห้องเครื่องจักรใหญ่ โดยมีระบบต่าง ๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

- 2.1 ขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อท่อทางระบบไอแตก
- 2.2 ขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อท่อทางระบบน้ำมันเชื้อเพลิงแตกหรือรั่ว
- 2.3 ขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุไฟไหม้ในห้องเครื่อง
- 2.4 ขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อท่อทางน้ำดับเพลิงชำรุด
- 2.5 ขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อห้องเครื่องได้รับอันตรายจากตอร์ปิโดหรือทุ่นระเบิด

3. ระบบการไฟฟ้า ภายในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อระบบการไฟฟ้าของเรือขัดข้อง โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

- 3.1 ระบบไฟฟ้าของระบบเครื่องควบคุมการยิงขัดข้อง

- 3.2 ระบบไฟฟ้าของระบบขับเคลื่อนจัดซื้อ
- 3.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างจัดซื้อ
- 3.4 ระบบระบายอากาศจัดซื้อ
- 3.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจัดซื้อ
- 3.6 ไฟใหม่แผงสวิทช์บอร์ด
- 3.7 การจ่ายภาระของเครื่องไฟฟ้าฉุกเฉิน
- 3.8 ระบบเครื่องสื่อสารภายในจัดซื้อ
- 3.9 แผงสวิทช์บอร์ดจัดซื้อ
- 3.10 การต่อสาย Casualty Cable

ในหนังสือเล่มนี้จะต้องมีหัวข้อที่กล่าวถึงแนวทางในการปฏิบัติของนายทหารยามพรรคกลินเรือเดิน และเรือจอดในระหว่างการเข้ายาม รวมทั้งข้อควรระมัดระวังในระหว่างการเข้ายามซึ่งเรือแต่ละลำจะมีข้อควรระวังแตกต่างกัน

หมายเหตุ

สำหรับเรือที่มีหนังสือเอกสารประจำเรือตามมาตรฐาน ทร.สหรัฐฯ เช่น ร.ล.จักรีนฤเบศร หรือที่ต่อมาจากสหรัฐฯ ดังมีรายชื่อดังต่อไปนี้

- หนังสือ piping booklet
- หนังสือ ship information book
- หนังสือ damage control book
- หนังสือ ship organization หรือหนังสือคู่มือเรือที่จะกล่าวถึงการจัดหน่วย การจัดสายการบังคับ

บัญชาทั้งในทางยุทธการและทางสายธุการ การจัดสถานีเรือต่าง ๆ (เช่น สถานีรับ-ส่งสิ่งของในทะเล สถานีปฏิบัติการการบิน สถานีรบ สถานียามเรือเดิน สถานีเก็บคนตกน้ำ) การจัดสถานีพิเศษ เช่น สถานีฉุกเฉินในท่าเรือ (การจัดสถานีป้องกันความเสียหายเรือจอด) รวมทั้งในหนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงหน้าที่ของนายทหารแต่ละนายภายในเรือ

ซึ่งเรือที่มีหนังสือเอกสารประจำเรือตามมาตรฐาน ทร.สหรัฐฯ ก็ให้ใช้หนังสือที่ได้กล่าวมาทั้ง 4 เล่มในการทำงานร่วมกับหนังสือการควบคุมความเสียหายทางช่างกล (Engineering Casualty Control Manual) ส่วนเรือที่ไม่มีหนังสือเอกสารทั้ง 4 เล่ม หรือมีแต่ไม่ครบก็ควรที่จะมีข้อมูลทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับเรือ ข้อมูลเกี่ยวกับระบบแปลนและท่อทาง ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดสถานีเรือต่าง ๆ เพิ่มลงในหนังสือคู่มือการควบคุมความเสียหายทางช่างกลของเรือแต่ละลำด้วย

การ plot เกี่ยวกับความเสียหายทางช่างกล การ plot จะต้องทำทั้งในศูนย์ DC. ห้องควบคุมเครื่องจักร และหน่วยซ่อม 5

รายละเอียดขั้นตอนการทำคู่มือการควบคุมความเสียหายทางช่างกล ในการทำคู่มือการควบคุมความเสียหายทางช่างกล จะมีรายละเอียดขั้นตอนการทำดังนี้คือ

1. อาการที่เกิด (symptoms)

2. สาเหตุ (causes)
3. การดำเนินการแก้ไข (remedial action)
4. ความเป็นไปได้ของการที่จะเกิดเหตุเพิ่ม (possible additional casualties)

ตัวอย่าง ระบบน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องจักรใหญ่

1. อาการที่เกิด
 - 1.1 ใต้ถื่นน้ำมันหล่อลื่นที่มีอุณหภูมิร้อน
 - 1.2 มีการฟุ้งกระจายของ นมล.บริเวณที่มีรอยรั่ว
 - 1.3 ตัววัดระดับ นมล.แสดงว่ามีระดับ นมล.ต่ำกว่าปกติ
 - 1.4 ตรวจพบ นมล.ในน้ำห้องเรือมากกว่าปกติ
2. สาเหตุ
 - 2.1 มีรอยแตกรั่วของท่อยาง
 - 2.2 ท่อทางและซีลเสื่อมสภาพ
 - 2.3 การประกอบท่อทางหรือซีลของระบบน้ำมันหล่อลื่นไม่ดี
 - 2.4 การตรวจสอบกรองของระบบน้ำมันหล่อลื่นหลังจากทำความสะอาดไม่ดี
3. การดำเนินการแก้ไข
 - 3.1 การดำเนินการของ จนท.ประจำห้อง
 - รายงานการรั่วไปยังห้องควบคุมเครื่องจักร
 - พิจารณาลักษณะของการรั่วและดำเนินการตัดท่อทางบริเวณที่รั่ว
 - พิจารณาถ้าหากการรั่วในระดับที่อาจจะมีอันตรายให้ขออนุญาตหยุดเครื่องจักรใหญ่
 - และถือโอกาสไปจักร
 - ปิดไฟคลุมบริเวณที่เกิดเหตุ
 - สูบน้ำห้องเรือไปลงถังเก็บน้ำมันเสีย
 - ตรวจสอบระดับของ นมล.จากตัววัดระดับ นมล.
 - ดำเนินการซ่อมทำแก้ไขข้อขัดข้องบริเวณที่รั่ว
 - เติม นมล.ลงไปในระบบเพื่อทดแทน
 - ทดลองระบบตรวจสอบกำลังดัน นมล.
 - ขออนุญาตปลดถือโอกาสไปจักรและทดลองเครื่องจักรใหญ่
 - 3.2 การดำเนินการของห้องควบคุมเครื่องจักรใหญ่
 - รายงานสะพานของข้อขัดข้อง
 - ขออนุญาตหยุดเครื่องเพื่อดำเนินการซ่อมทำพร้อมทั้งประมาณเวลาในการซ่อมทำ
 - ขออนุญาตทดลองเครื่องเมื่อซ่อมทำเสร็จ
4. ความเป็นไปได้ในการที่จะเกิดเหตุเสียหายต่อไปได้
 - กำลังดัน นมล.เครื่องจักรใหญ่ตก

- แบตเตอรี่เครื่องจักรใหญ่ร้อน
- เกิดไฟประเภท ข.

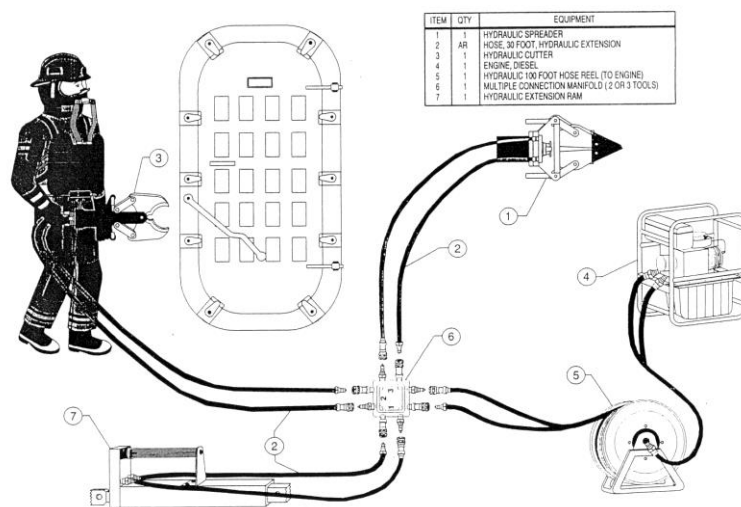
การแจกจ่ายหนังสือคู่มือการควบคุมความเสียหายทางช่างกล (Engineering Casualty Control)

ควรทำสำเนาแจกจ่ายไปยังห้องควบคุมเครื่องจักร ศูนย์ dc. สะพานเดินเรือ หน่วยซ่อม 5

27. การซ่อมทำความเสียหายจากการรบ (BATTLE DAMAGE REPAIR)

กล่าวโดยทั่วไป

ในบทนี้จะกล่าวถึงการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การป้องกันความเสียหาย ในการลด ผลกระทบหรือควบคุมความเสียหาย การควบคุมการทรงตัวของเรือให้กลับสู่สภาพปกติ บางครั้งความเสียหายที่เกิดขึ้นเราไม่สามารถใช้เครื่องมือพิเศษเนื่องจากบนเรือของเราไม่มี ดังนั้นเราจะต้องประยุกต์ใช้เครื่องมือที่มีอยู่ในเรือในการแก้ไขปัญหาในปัจจุบันเครื่องมือและอุปกรณ์การป้องกันความเสียหายได้ถูกพัฒนาและเพิ่มเติมไปค่อนข้างมาก อันเนื่องมาจากบทเรียนทั้งจากสงคราม หมู่เกาะฟอล์กแลนด์และในสงครามอ่าวเปอร์เซีย ซึ่งภัยคุกคามจากอาวุธปล่อยนำวิถีต่อต้านเรือ ซึ่งนอกจากจะเกิดอันตรายจากการระเบิดเมื่อกระทบกับเป้าหมายแล้วยังทำให้โครงสร้างของตัวเรือผิดรูป ทำให้ไม่สามารถเปิดประตูผ่านเข้าไปดับไฟได้ จึงต้องมีการเพิ่มเติมเครื่องมือในการตัดและถ่างประตูและช่องทาง ซึ่งนอกจากสามารถตัดแผ่นเหล็กตัวเรือได้เหมือนกับกรรไกรตัดกระดาษแล้วยังสามารถใช้ในการตัดโครงสร้างของอากาศยานช่วยเหลือนักบินจากอากาศยานตกบนหาดฟ้าบิน เนื่องจากจะไม่ทำให้เกิดประกายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ส่วนเชื้อเพลิงของอาวุธปล่อยที่ยังใช้ไม่หมดยังทำให้เกิดไฟไหม้ขนาดใหญ่ตามมาได้อีก



รูปที่ 2.1 แสดงชุดเครื่องมือไฮดรอลิกสำหรับตัดและช่วยเหลือผู้กัก

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการป้องกันความเสียหาย

กำลังพลที่อยู่ในหน่วยซ่อมจะต้องมีความรู้ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการป้องกันความเสียหายทุกชนิดที่อยู่ในเรือ ซึ่งอุปกรณ์การป้องกันความเสียหายจะมีทั้งที่เก็บในหน่วยซ่อม และเก็บไว้ตามสถานที่ต่าง ๆ ภายในเรือเพื่อสะดวกในการใช้งาน ในตู้เก็บเครื่องมือป้องกันความเสียหายในหน่วยซ่อมควรจะต้องมีเครื่องมือเหล่านี้ประจำหน่วยซ่อม

- เครื่องช่วยหายใจแบบอากาศอัดพร้อมขวดอากาศสำรอง
- ชุดดับเพลิงพร้อมอุปกรณ์ป้องกันบุคคล

- สายช่วยชีวิต (tending lines)
- ไฟฉายติดศีรษะ
- ไฟฉายทั่วไป
- ลูกตุ้มหยั่งความลึก
- เสื้อชูชีพ
- ชุดเครื่องมือช่าง
- ชุดเครื่องมือช่างไฟฟ้า
- เชือกมะนิลา
- สายโทรศัพท์ถูกเงิน
- ชุดหน้ากากเครื่องช่วยหายใจพร้อมสายต่อท่ออากาศสำหรับลงไปทำงานในถัง
- ชุดเครื่องมือสำหรับตรวจก๊าซ
- ถังมือช่างไฟฟ้า
- ชุดเครื่องตัดและแล่นประสานก๊าซ (ชุดขนาดเล็กประจำหน่วยซ่อม)
- สายสูบ
- หน้าแปลนต่อท่อ, หัวต่อท่อ
- หีบเครื่องมือค้ำจุน
- ถังเครื่องมืออุดปะพร้อมลิ้มลูกอุดและอุปกรณ์ปะท่อ
- แผ่นยางช่างไฟฟ้า
- อุปกรณ์ป้องกันบุคคลสงคราม นชค.
- คราดและบันไดดับไฟ
- เครื่องฟองทางกลแบบเคลื่อนที่

ความเสียหายจากการรบ

ในการวางแผนและเตรียมการสำหรับควบคุมความเสียหายนั้นเราจะต้องมีความเข้าใจว่าการเริ่มต้นความเสียหายจากเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจึงมีความแตกต่างกันทั้งลักษณะผลกระทบรวมทั้งขั้นตอนการปฏิบัติในการแก้ไขความเสียหายที่เกิดขึ้น ถึงแม้ว่าสิ่งที่เกิดขึ้นจะคล้ายกัน ทั้งสาเหตุของความเสียหาย ลักษณะของความเสียหาย บริเวณที่เกิดเหตุซึ่งจะเห็นได้ว่าเราจะต้องใช้หลักการและความรู้พื้นฐานในการควบคุมความเสียหายไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขเหตุการณ์ความเสียหายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

การประเมินลักษณะของความเสียหาย

สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการรู้วิธีการที่จะซ่อมทำความเสียหายที่เกิดขึ้นในทันทีทันใดหลังจากมีความเสียหายเกิดขึ้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดวิธีในการซ่อมทำคือการตัดสินใจว่าเรือจะทำการรบต่อไปหรือจะถอนตัวเพื่อกลับไปซ่อมทำที่ฐาน โดยทั่วไปลักษณะของความเสียหายจะแยกแยะออกได้หลายลักษณะคือ

1. รุขนาดใหญ่บริเวณตัวเรือได้แนวน้ำ
2. รุขนาดเล็กและมีรอยรั่วบริเวณตัวเรือได้แนวน้ำ

3. รูปบริเวณตัวเรือเหนือแนวน้ำ
4. ผนังกันน้ำปิดตัว, โคนงอหมดสภาพความแข็งแรง
5. น้ำท่วมห้องเครื่องจักรหรือห้องที่สำคัญ
6. ประตูลิ้นกันน้ำและฝาแฮทซ์ปิดตัว
7. คานรับน้ำหนักต่าง ๆ บิดงอหมดสภาพความแข็งแรง
8. พื้นดาดฟ้าแยกหมดสภาพความแข็งแรง
9. ระบบท่อทางแตกชำรุด
10. ความเสียหายทำให้ไม่สามารถทำงานได้
11. สายไฟขาด
12. จุดยึดและโครงสร้างรองรับเครื่องจักรต่าง ๆ ชำรุด
13. ระบบเครื่องจักรต่าง ๆ ชำรุด
14. ไฟไหม้ทำให้เกิดความร้อน, ควันและความเสียหายอื่น ๆ ต่ออุปกรณ์

ความเสียหายจากการระเบิดบริเวณตัวเรือใต้แนวน้ำจะทำให้ความแข็งแรงของตัวเรือ (strength of ship) ลดลงได้สองทางคือ

1. ความแข็งแรงของโครงสร้างถูกทำให้ฉีกขาดหรือบิดงอ
2. เกิดน้ำท่วมในห้องและทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นซึ่งพร้อมที่จะทำให้ออกเสตามยาว (girders) ได้รับความเสียหาย

โดยปกติการระเบิดบริเวณตัวเรือใต้แนวน้ำจะทำให้เปลือกตัวเรือด้านข้างเปิดเป็นรูขนาดใหญ่ซึ่งจะมีผลเสียหายต่อเรือขนาดใหญ่มากกว่าเรือขนาดเล็ก แต่ว่าเรือขนาดใหญ่จะดีกว่าเรือขนาดเล็กในเรื่องความสามารถในการหยุดยั้งความเสียหายของโครงสร้างตัวเรือ เพราะเป็นส่วนประกอบเล็ก ๆ ของโครงสร้างขนาดใหญ่เท่านั้นที่จะได้รับความเสียหาย

สิ่งที่จำเป็นต้องปฏิบัติทันที

หลังจากที่เรือได้รับความเสียหายจากการถูกโจมตี ความเสียหายจะต้องได้รับการสำรวจตามหลักการในการสำรวจความเสียหายสี่ข้อคือ มีความระมัดระวังในการทำงาน การรายงานผลการสำรวจต้องชัดเจน การรายงานผลต้องรวดเร็ว และต้องมีการสำรวจความเสียหายซ้ำอีกครั้ง เรือหลายลำได้สูญเสียไปเนื่องจากผู้สำรวจความเสียหายได้ละเลยข้อหนึ่งข้อใดหรือมากกว่าหนึ่งข้อ ด้วยการรายงานที่ถูกต้องจากผู้สำรวจหลายคน ทำให้นายทหารป้องกันความเสียหายสามารถที่จะมองเห็นภาพและวิเคราะห์สถานการณ์ความเสียหายรวมทั้งแก้ไขสถานการณ์ความเสียหายได้อย่างถูกต้อง

การสำรวจความเสียหาย

ผู้สำรวจความเสียหายจะต้องคำนึงถึงหลักการข้อแรกในการสำรวจความเสียหายเสมอ นั่นคือจะต้องมีความระมัดระวังในการทำงานซึ่งงานของผู้สำรวจความเสียหายจะมีอันตรายค่อนข้างมาก รวมทั้งต้องมีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน จากบทเรียนเรือหลายลำต้องสูญเสียไปเพียงจุดเริ่มต้นจากไฟหรือน้ำท่วมขนาดเล็กที่ทำอันตรายให้กับเรือได้ค่อนข้างน้อย แต่ต่อมาสามารถลุกลามได้ใหญ่โตจนถึงขั้นสูญเสียเรือไปอันเนื่องมาจาก

ความไม่รอบคอบในการสำรวจความเสียหาย และต้องพึงระลึกอยู่เสมอว่า ผู้สำรวจความเสียหายจะต้องทำงานโดยมีผู้ช่วยสำรวจความเสียหายเสมอ ด้วยเหตุผลทางด้านความปลอดภัยและผู้ที่จะกระทำการสำรวจความเสียหายจะต้องมีและปฏิบัติในสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

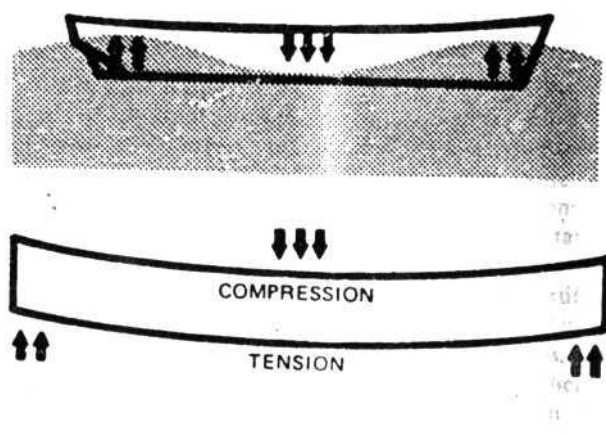
1. ความรู้เกี่ยวกับเรือ
2. สำรวจอย่างละเอียดถี่ถ้วน
3. สำรวจด้วยความระมัดระวัง
4. รายงานสิ่งผิดปกติที่ตรวจพบ
5. ทำการสำรวจซ้ำ
6. ไม่ลืมทำการปิดประตูล้นก้นน้ำ
7. จะต้องทำห้องให้มั่นคงและปลอดภัยหลังจากออกจากห้องนั้น ๆ
8. สำรวจความเสียหายที่อาจซ่อนเร้น

ภาระจากน้ำที่ท่วมห้อง

น้ำหนักที่กระทำต่อคานตามยาวของตัวเรือจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามปริมาณของน้ำที่ท่วมเรือการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่กระทำจะเกิดขึ้นได้สองลักษณะขึ้นอยู่กับตำบลที่ของน้ำที่ท่วมเรือ ดังนี้

1. Sagging หรือสภาวะการตกท้องช้างดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งเกิดจากการที่มีน้ำท่วมในส่วนกลางของลำเรือ ทำให้มีความดันเพิ่มขึ้นที่ส่วนท้องของลำเรือและเพิ่มแรงกดที่ส่วนบนของคานตามยาวของตัวเรือซึ่งมีวิธีแก้ 3 วิธีดังนี้

- 1.1 สูบน้ำออกจากกลางลำเรือซึ่งหมายรวมถึงน้ำที่ท่วมห้องและของเหลวที่อยู่ในถังในบริเวณกลางลำเรือ
- 1.2 ย้ายของเหลวจากส่วนกลางลำเรือไปท้ายเรือ
- 1.3 แก้ไขน้ำที่ท่วมห้อง



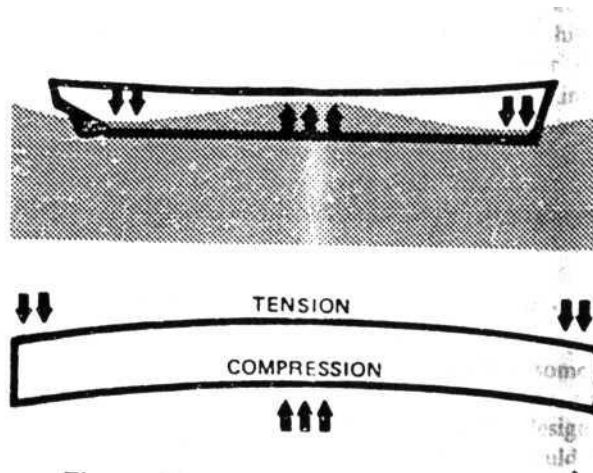
รูปที่ 2.2

2. Hogging เกิดจากการที่มีน้ำท่วมที่ส่วนท้ายของเรือทำให้เกิดมีการเพิ่มความดันที่ส่วนบนและเพิ่มแรงกดที่ส่วนท้องของเรือดังแสดงในรูปที่ 2.3 ในสภาวะนี้การปรับแต่งทริมที่ถูกต้องจะช่วยลดการเกิดคั่งที่ส่วนกลางซึ่งสามารถกระทำได้ดังนี้

2.1 ถ้ายของเหลวไปยังส่วนกลางลำเรือ

2.2 สูบน้ำออกนอกเรือซึ่งหมายรวมถึงน้ำที่ท่วมเรือและของเหลวในถังบริเวณนั้นซึ่งจะต้องระมัดระวังในเรื่องการนำของเหลวในส่วนที่ช่วยในการทรงตัวขึ้นออกนอกเรือ

2.3 ปล่อยน้ำเข้าท่วมถึงบริเวณกลางลำเรือ



รูปที่ 2.3

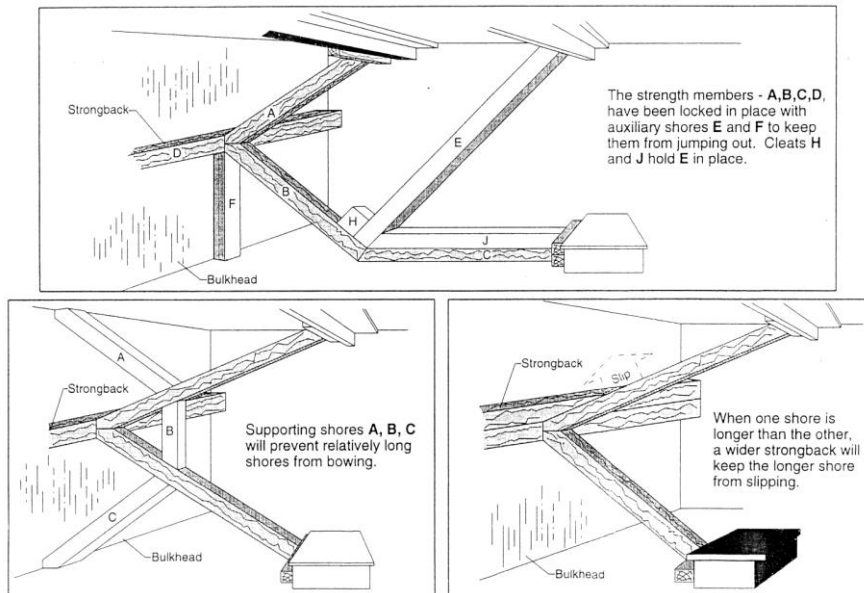
จากข้างต้นที่ได้กล่าวมาทั้งหมดเป็นการปฏิบัติเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาความเสียหายจากการรบซึ่งในรายละเอียดการอุดปะ ค้ำจุน การปะท้อโลหะฉุกเฉินซึ่งเป็นหัวข้อต่อเนื่องในการซ่อมทำความเสียหายจากการรบจะกล่าวถึงในบทต่อไป

28. การค้ำจุน (Shoring)

กล่าวโดยทั่วไป

การค้ำจุนคือวิธีการในการจัดวางเพื่อเสริมความแข็งแรงด้านข้างหรือด้านบนและด้านล่างของโครงสร้างเพื่อป้องกันการล้าของโลหะ, การตกร่องข้างและโป่งนูน แรงภายในของเรือจะช่วยเสริมพื้นคาค้ำฟ้าที่แยกชำรุดและช่วยเสริมความแข็งแรงของประตูหรือผนังที่ไม่แข็งแรงอันเกิดจากการกระทำของทะเลอยู่เสมอ ซึ่งถ้าหากฝาแสบทซ์หรือประตูที่เสริมความแข็งแรงได้รับความเสียหาย ก็ต้องทำการค้ำจุนเพื่อเสริมความแข็งแรงขึ้นส่วนโครงสร้างหลักในการค้ำจุน

1. ไม้ค้ำจุน (Shore) เป็นท่อนไม้ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก
2. ดิม (Wedge) เป็นชิ้นไม้เมื่อมองด้านข้างจะเห็นเป็นรูปสามเหลี่ยมแต่เมื่อมองทางปลายด้านท้ายจะมองเห็นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
3. ไม้หมอน (Sholes) เป็นไม้แผ่นเรียบซึ่งสามารถใช้วางรองรับทางด้านปลายของไม้ค้ำเพื่อที่จะใช้กระจายน้ำหนักและแรงกด
4. ไม้เกลี้ยกำลัง (Strongback) มีลักษณะเป็นท่อนหรือคานของไม้หรือโลหะแต่จะต้องสั้นกว่าไม้ค้ำจุนเสมอ โดยใช้ในการเกลี้ยแรงดันหรือช่วยเสริมแนวป้องกันแผ่นปะรูทะเลต่าง ๆ หรือเสริมความแข็งแรงของผนังดังแสดงขึ้นส่วนโครงสร้างตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขึ้นส่วนโครงสร้างของการค้ำจุน

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการค้ำจุน

1. วัสดุที่ใช้

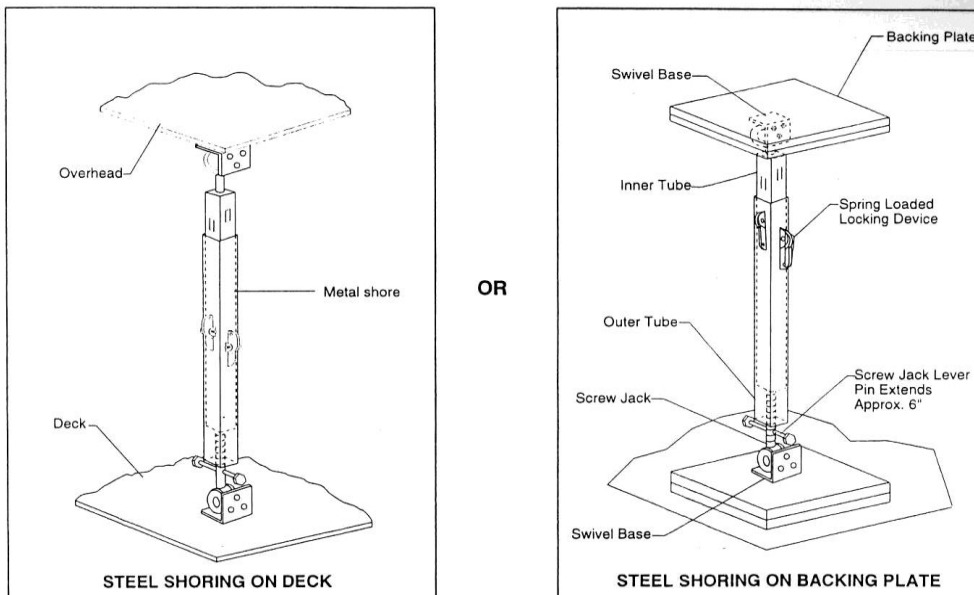
1.1 ไม้ค้ำ (Wood Shore) ควรจะเป็นไม้เนื้ออ่อนที่เหนียวและแข็งแรง ไม้เนื้อแข็งอาจจะใช้ได้ แต่มีความยากลำบากในการตัดและตอกตะปูแต่ถ้าทำได้ควรใช้ไม้ที่อบน้ำยากันไฟและต้องมีความยาวไม่เกิน 30 เท่าของความหนาของเนื้อไม้และไม่ควรตัดไว้ล่วงหน้า

1.2 ลิ่ม (Wedge) ควรทำมาจากไม้เนื้ออ่อนไม่ต้องทาสีหรือกระทำการใดปล่อยให้เนื้อหยาบธรรมชาติ ส่วนลิ่มพิเศษที่ใช้ไม้เนื้อแข็งควรเก็บไว้ในตู้เก็บภายในหน่วยซ่อม ความกว้างของลิ่มควรจะทำเท่ากับความกว้างของไม้ค้ำ ความยาวควรเป็น ๖ เท่าของความหนา

1.3 ไม้หมอน (Sholes) ควรเป็นไม้ที่ทำมาจากไม้ Douglas Fir หรือ ไม้ Yellow Pine ที่มีความหนา 1 นิ้ว หรือมากกว่าและกว้าง 8 ถึง 12 นิ้ว หากต้องการให้กว้างกว่านี้ให้ใช้ไม้สองแผ่นมาเรียงต่อแล้วเย็บให้ติดกัน ไม่ควรตัดไว้สำเร็จรูปก่อนที่จะใช้เพราะอาจจะไม่พอดีกับการใช้งานจริง

1.4 ไม้เหล็กค้ำ (Strongbacks) ไม้เหล็กค้ำอาจใช้ไม้ค้ำจุนมาตัดใช้งานเพียงส่วนเดียวดังนั้นเศษไม้ค้ำจุนทุกอันที่เหลือสามารถเก็บเอาไว้มาทำไม้เหล็กค้ำได้

1.5 เหล็กค้ำจุนแบบปรับระยะได้ (Adjustable steel shores) ในปัจจุบันมีการใช้งานอย่างแพร่หลายใน ทร.สหรัฐ ฯ ส่วนของ ทร.ไทยเรามีใช้งานบน ร.ล.จักรีนฤเบศร (แสดงตามรูปที่ 3.2) แสดงข้อดี คือไม่ต้องตัดไม้ค้ำจุนระยะความยาวของเหล็กสามารถปรับได้ตามความต้องการใช้งาน โดยขนาดของเหล็กค้ำจุนจะมีใช้งานอยู่สองขนาดคือ 3' - 5' จะสามารถรับน้ำหนักเมื่อมีความยาวของเหล็กประมาณ 3' ได้ ประมาณ 20,000 ปอนด์ แต่ถ้าหากขยความยาวสุดประมาณ 6' จะสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 12,000 ปอนด์ ส่วนขนาด 6' - 11' จะสามารถรับน้ำหนักได้เมื่อปรับความยาวประมาณ 6' ได้ 20,000 ปอนด์ แต่ถ้าหากยืดความยาวออกเต็มที่ประมาณ 11' จะสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 6,000 ปอนด์



รูปที่ 3.2

หีบเครื่องมือค้ำจุน

ตามหน่วยซ่อมที่อยู่คาดฟ้าป้องกันความเสียหาย (คาดฟ้าชั้นสอง) ควรมีหีบเครื่องมือค้ำจุนไว้ประจำหน่วยซ่อมดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งส่วนใหญ่จะแบ่งช่องเก็บเครื่องมือต่าง ๆ เอาไว้สามช่อง โดยช่องแรกจะเอาไว้

เก็บพวกลิ้มต่าง ๆ ช่องที่สองเป็นที่เก็บก้อนสองอัน ลูกค้อนหยั่งความลึก เทปเหล็กวัดขนาดยาว 100 ฟุต ค้อนดอกขนาดใหญ่ ตะปูขนาดต่าง ๆ ส่วนช่องสุดท้ายจะบรรจุพวกไม้ลิ้มลูกอุดขนาดต่าง ๆ ส่วนที่ฝาด้านในจะเป็นที่เก็บ เลื่อย

NAVSEA 0901-LP-079-0020

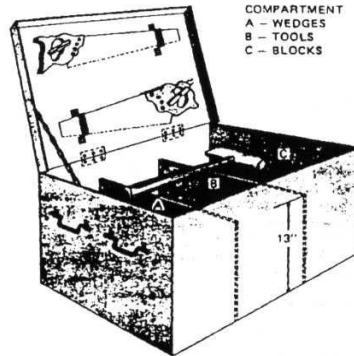


Figure 079-179. Damage Control Shoring Chest

224

รูปที่ 3.3

ถุงเครื่องมือค้ำจุน (Shoring Kit)

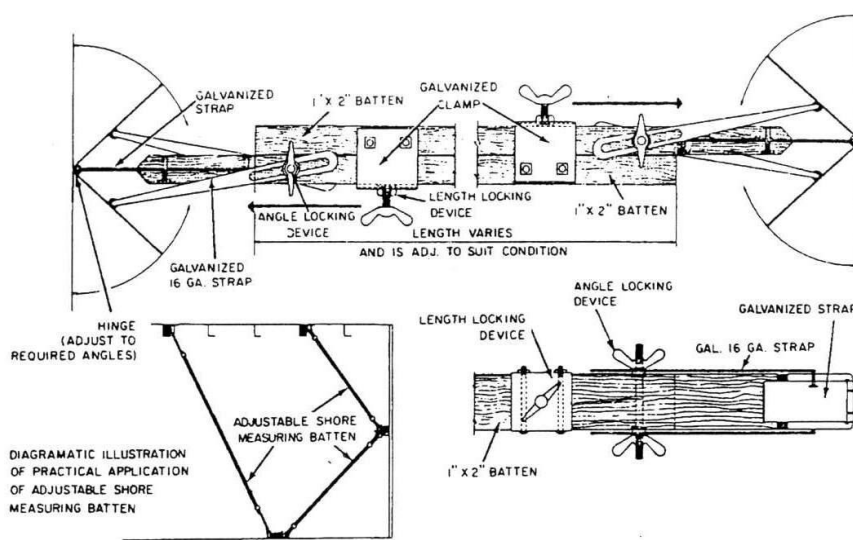
ถุงเครื่องมือค้ำจุนจะใช้บรรจุบรรดาเครื่องมือในการค้ำจุนต่าง ๆ เนื่องจากมีความสะดวกสำหรับผู้สำรวจความเสียหายหรือกำลังพลชุดอุปะสามารถนำเอาเครื่องมือไปทำงานได้สะดวกกว่าถังเครื่องมือค้ำจุน

การวัดและการตัดไม้ค้ำจุน

การวัดไม้ค้ำจุนที่เร็วที่สุดคือการใช้วัดค้ำจุน (shoring battens) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งสามารถปรับแต่งวัดความยาวได้ วิธีใช้ไม้วัดค้ำจุนขั้นแรกขยายระยะออกตามความยาวที่ต้องการและล็อกเอาไว้จากนั้นจึงทำการวัดมุมที่จะตัดหัวไม้โดยแต่งที่แผ่น โลหะซึ่งสามารถพับได้ที่ปลายไม้แล้วทำการล็อกเอาไว้จากนั้นจึงวางไม้วัดลงบนไม้ที่ต้องการตัดจากนั้นก็ทำการลอกแบบโดยการใช้นิ้วสอดข้างไม้ซึ่งจะได้รูปร่างและมุมตามแบบที่ไม้ค้ำจุน ที่ต้องการจากนั้นจึงทำการตัดตามแบบที่วัดเอาไว้ โดยปกติเรามักจะตัดไม้ค้ำจุนให้สั้นกว่าที่วัดเอาไว้ครั้งนั้นเสมอเพื่อเอาไว้สอดลิ้มเข้าไป

ถ้าหากเรือลำใดไม่มีไม้วัดค้ำจุนเราอาจใช้เทปเหล็กธรรมดาวัดความยาวโดยใช้ร่วมกับไม้วัดข้างไม้ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งได้แสดงลำดับวิธีการวัดไว้ดังนี้

1. วัดระยะ A จากกึ่งกลางไม้เฉลี่ยกำลังถึงพื้นคาดฟ้าจากนั้นจึงวัดระยะ B จากขอบของจุดที่ใช้ยันไม้ค้ำถึงระยะของผนังที่จะทำการค้ำจุนแล้วลบออกด้วยความหนาของไม้เฉลี่ยกำลัง
2. ตั้งระยะ A และ B ลงบนไม้วัดฉากข้างไม้ (Carpenter's Square) โดยการย่อสเกลจากของจริงลงบนไม้ฉากจาก 1 ฟุต เท่ากับ 1 นิ้ว ซึ่งเศษส่วนเป็นนิ้วของจริงเราสามารถแปลงเป็นขนาดนี้บนไม้วัดฉากข้างไม้ได้ตามตารางที่ 3.1 โดยใช้ทศนิยมใกล้เคียง 1/16 มากที่สุด



NAVSEA 0901-LP-079-0020

Figure 079-190. Use of Measuring Batten in Shoring

รูปที่ 3.4

NAVSEA 0901-LP-079-0020

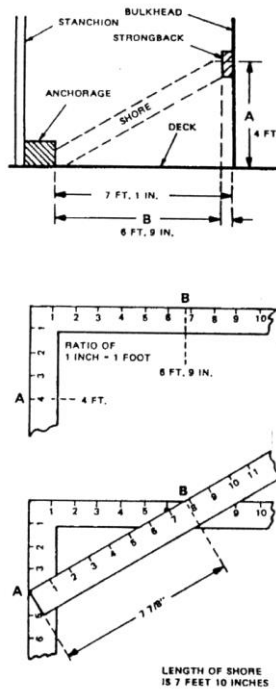


Figure 079-191. Determining Length of Shore

รูปที่ 3.5

แสดงตารางที่ 3.1

ตัวเลขวัดจริง (นิ้ว)	ตัวเลขที่ใช้วัดบนไม้วัดฉากข้างไม้ (นิ้ว)
3/4	1/16
1 1/2	1/8
2 1/4	3/16
3	1/4
3 3/4	5/16
4 1/2	3/8
5 1/2	7/16
6	1/2
6 3/4	9/16
7 1/2	5/8
8 1/4	11/16
9	3/4
9 3/4	13/16
10 1/2	7/8
11 1/2	15/16
12	1

3. วัดระยะทะแยง AB ตามรูปที่ 3.5 ได้ $7 \frac{7}{8}$ นิ้ว เนื่องจากใช้สเกล 1 ฟุตต่อ 1 นิ้ว จึงทำเป็นฟุตได้ $7 \frac{7}{8}$ ฟุต หรือ 7 ฟุต $10 \frac{1}{2}$ นิ้ว ซึ่งเป็นความยาวของไม้ค้ำจุนที่จะใช้

4. หักความยาวของไม้ค้ำจุนออก $\frac{1}{2}$ นิ้ว เนื่องจากไม้ค้ำจุนที่จะใช้สั้นกว่าความยาวจริง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ดังนั้นความยาวของไม้ค้ำจุนที่จะได้ครั้งสุดท้ายจึงเป็น 7 ฟุต 10 นิ้ว

ไม้วัดฉากข้างไม้อาจใช้วัดมุมหัวไม้ค้ำจุนซึ่งจะต้องปาดออกดังแสดงตามรูปที่ 3.6 โดยการวัดเช่นวิธีที่กล่าวมาแล้วหลังจากนั้นจึงดำเนินการต่อไปตามลำดับดังนี้

1. วางไม้วัดลงบนไม้ค้ำจุนตามภาพที่ 1 ของรูปที่ 3.6 โดยให้ระยะ A คือ 4 นิ้ว และระยะ B คือ $6 \frac{3}{4}$ นิ้ว อยู่บนเส้นเดียวกันตัดหัวไม้ตามเส้นที่ทำเครื่องหมายไว้

2. จากเส้นกึ่งกลางของหัวไม้ที่ตัดเอาไว้แล้วให้ลากเส้นตั้งฉากออกมาตามภาพที่ 2 ทำเครื่องหมายเอาไว้แล้วตัดตามเส้นนี้จะได้หัวไม้ค้ำจุนเสร็จไปหนึ่งด้าน

3. ลากเส้นแบ่งกึ่งกลางไม้วัดระยะไปตามเส้นนี้ให้ได้เท่ากับความยาวของไม้ค้ำจุน (7 ฟุต 10 นิ้ว) แล้วทำเครื่องหมายเส้นตั้งฉากไว้ที่ปลายด้านที่เหลือดังแสดงในภาพที่ 3

4. เลื่อนไม้วัดมาที่ปลายที่เหลือ ใช้ระยะและวิธีการวางไม้เช่นเดียวกับข้อ 1 แต่คราวนี้ทำการตัดตามเส้นซึ่งขีดจากอีกด้านหนึ่งของไม้วัดดังแสดงในภาพที่ 4

5. ลากเส้นตั้งฉากจากจุดตัดระหว่างเส้นกึ่งกลาง และหัวไม้ที่ถูกตัดแล้วเลื่อยตามเส้นตั้งฉากนี้ เราจะได้ไม้ค้ำจุนยาว 7 ฟุต 10 นิ้ว และหัวไม้ที่ตัดไว้ถูกต้อง

การตัดไม้ค้ำจุนให้ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการทำการค้ำจุน โดยปกติแล้วการตัดไม้ค้ำจุนมักจะใช้เลื่อยวงเดือน (Circular Saw) อย่างไรก็ตามอาจใช้เลื่อยแบบของช่างไม้ (Carpenter's Handsaw) แทนได้ เจ้าหน้าที่หน่วยซ่อมทุกคนควรจะได้ศึกษาให้รู้ถึงวิธีใช้เครื่องมือเหล่านี้ หากทำการตัดไม้ค้ำจุนไม่ถูกต้องแล้ว อาจเป็นเหตุให้การค้ำจุนล่าช้าหรือทำการค้ำจุนไม่เป็นผลสำเร็จ ทั้งนี้เพราะไม้ค้ำจุนและลิ้มไม้ได้ส่วนที่สามารถสอดให้พอดีกันได้ ไม้เปียกมักจะตัดออกยากหากไม่ใช้วิธีการเลื่อยที่ถูกต้อง ในการตัดไม้ค้ำที่หนักกว่าธรรมดาจำนวนมาก ๆ มักใช้ไม้เลื่อยซุงช่วยซึ่งจะทำให้ลดเวลาในการตัดลงได้มาก นอกจากนั้นยังใช้เครื่องมืออื่น ๆ ช่วยอีก เช่น ลีว ขวาน เป็นต้น

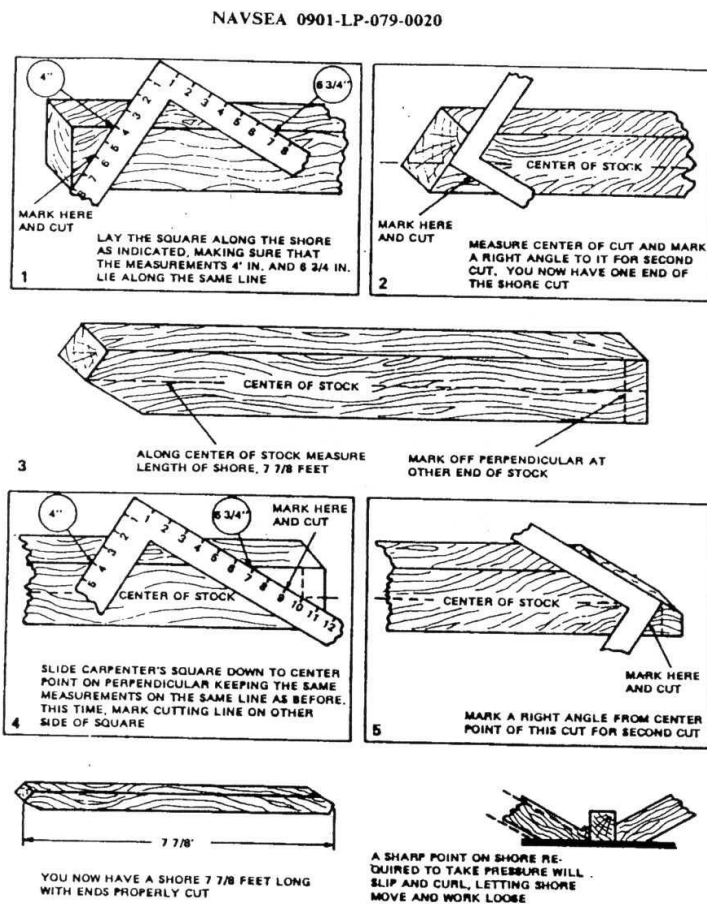


Figure 079-192. Cutting Angles of Shore

หลักในการค้ำจุน

การค้ำจุนส่วนมากมักจะกระทำต่อผนังเรือหรือประตู่เสาเสทซ์ต่าง ๆ ที่ต้องรับแรงดันจากน้ำซึ่งอาจจะพังลงมาได้ การค้ำจุนจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของตัวเรือ ดังนั้นในการเตรียมการค้ำจุนจะต้องตรวจสอบและทำทุกอย่างด้วยความปราณีตและระมัดระวัง กฎโดยทั่วไปในการค้ำจุนมีดังต่อไปนี้

1. จงกระทำทุกอย่างเพื่อให้มีความปลอดภัยอยู่เสมอ อย่าประหยัดไม้ค้ำจุน ใช้ให้เพียงพอต่อความต้องการ
2. จงกระจายแรงกดออกไป ใช้โครงสร้างของเรือให้เป็นประโยชน์ให้มากที่สุดในการยึดไม้ค้ำจุน เช่น ชี้อ เสากง หรือฐานต่าง ๆ ที่ยกสูงขึ้นมาจากพื้นคาค้ำ ถ้าสามารถทำได้ควรให้ไม้ค้ำทำมุมกับไม้เฉลี่ยกำลังเป็นมุม 45 องศา หรือ 90 องศา ซึ่งจะก่อให้เกิดความแข็งแรงมากที่สุด
3. จงอย่าพยายามดันให้ผนังเรือที่โค้งหรือดุ้งกลับเข้าที่เดิม จงทำการค้ำจุนทั้ง ๆ ที่เรืออยู่ในสภาพนั้น ๆ
4. หากสามารถทำได้ควรเสริมความแข็งแรงของไม้ค้ำจุนหลักด้วยไม้ค้ำจุนช่วย เพื่อเฉลี่ยกำลังกดไปให้ไม้ค้ำจุนช่วย

การฝึกการค้ำจุน

หากท่านเป็นผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับการค้ำจุนทั้งหมด และท่านมีไม้ค้ำจุนอยู่ในเรือจำนวนมากพอที่จะเป็นการดีที่จะให้คนของท่านทำการฝึกการค้ำจุน ขณะที่ผู้รับการฝึกแสดงให้ท่านเห็นผลของการค้ำจุนของเขา ก็ควรชี้แจงให้ผู้รับการฝึกเห็นว่าสิ่งไหนถูกและสิ่งไหนผิด ทำไมจึงถูกและทำไมจึงผิด ขณะเดียวกันก็ตรวจสอบว่าผู้รับการฝึกได้ยึดหลักในการกระจายกำลังกดค้ำหรือไม่ นอกจากนั้น ควรตรวจสอบวิธีการวัดและการตัดไม้ค้ำจุนว่าทำได้ถูกต้องหรือไม่

หลังจากที่ได้มีการฝึกการค้ำจุนในห้องเรียนเรียบร้อยแล้วหากสามารถทำได้ ก็ควรขออนุญาตให้คนไม้ค้ำจุนในลักษณะนั้นไว้สักสองหรือสามวัน ทั้งนี้เพื่อให้เป็นตัวอย่างให้ผู้อื่นได้เห็นและศึกษาไปในตัว

ในขณะที่ทำการฝึกการค้ำจุนในเรือ ไม่ควรให้ผู้รับการฝึกตัดไม้ค้ำจุนเกินกว่าความจำเป็น เพราะในเรืออาจมีไม้ค้ำจุนไม่เหลือเฟือนัก หากมีไม้ค้ำจุนไม่พอสำหรับการฝึกควรใช้เศษไม้เล็ก ๆ มาสร้างแบบจำลอง (Mockups) โดยย่อสเกลให้เล็กลง ซึ่งก็ให้ผลในการฝึกเช่นเดียวกัน แม้ว่าจะไม่เหมือนการฝึกการค้ำจุนจริง ๆ ก็ตาม ข้อดีของแบบจำลองก็คือเราสามารถศึกษาปัญหาการค้ำจุนต่าง ๆ ได้ทุกแง่มุมนอกจากนั้นยังสามารถเก็บไว้ใช้ในการฝึกคราวต่อ ๆ ไปได้อีกด้วย

หลังจากได้ทำการฝึกการค้ำจุนเสร็จสมบูรณ์แล้ว (ไม่ว่าจะเป็นการฝึกค้ำจุนจริง ๆ หรือใช้แบบจำลองก็ตาม) ควรให้มีการถกเถียงกันถึงผลงานของเขาเหล่านั้น รวมทั้งให้มีการวิจารณ์ถึงแง่ดีและแง่เสียของการค้ำจุนปัญหาที่จะนำมาพิจารณาเป็นข้อถกเถียงกันควรเป็นดังนี้

1. การค้ำจุนที่ทำไปแล้วได้ผลหรือไม่
2. สามารถทำการค้ำจุนด้วยจำนวนไม้ค้ำจุนที่น้อยกว่านี้หรือไม่
3. ควรจะเพิ่มจำนวนไม้ค้ำจุนเข้าไปอีกหรือไม่

4. การคำนวณนั้น ได้มีการกระจายกำลังกดดันออกไปอย่างถูกต้อง

5. การสอดคล้องกระทำถูกต้องหรือไม่

ปัญหาและการพิจารณาดังกล่าวแล้วนี้สามารถให้ผลดียังยิ่งในการนำไปใช้เป็นเครื่องมือพิจารณา
คนของท่านว่าได้เข้าใจปัญหาและกฎในการคำนวณมากน้อยแค่ไหนเพียงใด

29. การอุดปะเรือ

(Plugging and Patching Holes)

กล่าวโดยทั่วไป

ต่อเนื่องมาจากในบทที่ 2 ซึ่งกล่าวถึงการซ่อมทำความเสียหายจากการรบ ซึ่งความเสียหายที่เกิดจากอาวุธต่าง ๆ ที่กระทำต่อตัวเรือจะมีความอันตรายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตำบลที่ที่ได้รับความเสียหายว่าอยู่ใต้แนวน้ำหรือเหนือแนวน้ำดังจะได้กล่าวต่อไป

รูทะลุที่ตัวเรือ

รอยแตกแยกหรือรูทะลุที่แผ่นเหล็กนอกตัวเรือ โดยเฉพาะถ้ารอยเหล่านี้อยู่ใต้แนวน้ำย่อมเป็นเหตุให้น้ำเข้าเรือได้หากไม่สามารถควบคุมน้ำเข้าเรือไว้ได้เรือก็ต้องจมลงในที่สุด ในกรณีที่มีรอยทะลุที่ตัวเรือใต้แนวน้ำจะมีวิธีแก้ไขเพียงสองประการเท่านั้น ประการแรกคืออุดรูรั่วนั้น ประการที่สองคือการจำกัดขอบเขตของการท่วมของน้ำไม่ให้ลุกลามไปที่อื่น ๆ หลังจากที่ใช้มาตรการในการแก้ไขสองประการดังนี้แล้วจึงจะสามารถสูบน้ำออกจากเรือได้เป็นผลสำเร็จ

สิ่งสำคัญที่พึงระลึกไว้เสมอก็คือ รูทะลุเล็ก ๆ หลายรูที่เห็นอย่างไม่สำคัญนัก อาจจะมีผลให้น้ำท่วมเรือได้มากเท่ากับรูใหญ่ ๆ ที่เห็นได้ชัด คนทั่วไปมักจะมีความโน้มเอียงโดยธรรมชาติในการที่จะแก้ไขความเสียหายที่เห็นได้ชัดและเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกในขณะที่เดียวกันก็มองข้ามรูทะลุที่ตัวเรือและฝาผนังเรือชั้นใน ความโน้มเอียงดังกล่าวมานี้ย่อมเป็นเหตุนำมา ซึ่งทำให้เรือจมลงได้ บางโอกาส คนเรามักจะเสียเวลาเป็นเวลาหลาย ๆ ชั่วโมงในการที่จะพยายามทำการปะรูใหญ่ ๆ ที่ห้องซึ่งมีน้ำท่วมอยู่เต็มขณะเดียวกันก็ไม่สนใจกับรูเล็ก ๆ ซึ่งทำให้น้ำเข้าเรือทีละน้อย ในกรณีเช่นนี้เราควรจะมุ่งการซ่อมทำไปยังรูเล็ก ๆ เหล่านี้ ดีกว่าที่จะไปเสียเวลากับรูใหญ่ ๆ ที่ไม่ได้ผลดีอะไรขึ้นมาตามกฎทั่วไปแล้วรูใหญ่ ๆ ที่ตัวเรือใต้แนวน้ำมักจะไม่สามารถซ่อมทำได้จนกว่าเรือจะเข้าอู่แห้งแล้ว

รูทะลุที่ตัวเรือทุกแห่งไม่ว่าจะใหญ่หรือเล็กควรที่จะได้รับการอุดให้สมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือถ้าไม่สามารถอุดได้เต็มที่แล้วก็ควรที่จะได้รับการอุดไว้ สิ่งสำคัญที่พึงระลึกไว้ก็คือการอุดไว้เป็นบางส่วนย่อมสามารถลดปริมาณน้ำเข้าเรือได้ นั่นคือ จะลดอันตรายในการที่เรือจะจมลง

รูทะลุที่ตัวเรือเหนือแนวน้ำเล็กน้อยควรได้รับการสนใจทันที แม้ว่ารูเหล่านี้อาจจะเห็นว่าเป็นไม่อันตรายต่อตัวเรือ แต่โดยแท้จริงแล้ว ย่อมนำมาซึ่งภัยอันใหญ่หลวง ในขณะที่เรือเอียงไปมาหรือสูญเสียการลอยตัวรูต่าง ๆ เหล่านี้ จะจมมิดลงในน้ำและเป็นเหตุให้น้ำเข้ามาในเรือในระดับที่อยู่สูงกว่าจุดศูนย์ถ่วงของเรือ ซึ่งนับว่าเป็นอันตรายอย่างยิ่ง รูทะลุเหล่านี้ควรจะได้รับการอุดโดยทันทีทันใดโดยให้ความเร่งด่วนเท่าเทียมกับรูทะลุที่แนวน้ำหรือใต้แนวน้ำ

วิธีการและวัสดุที่ใช้ในการซ่อมทำรูทะลุที่อยู่เหนือแนวน้ำ ส่วนใหญ่มักคล้ายคลึงกับการซ่อมทำรูทะลุใต้แนวน้ำนี้ โดยการที่ซ่อมทำรูทะลุใต้แนวน้ำนี้ ปกติแล้วมักจะยากกว่าการซ่อมทำรูทะลุเหนือแนวน้ำ ฉะนั้นเจ้าหน้าที่ป้องกันความเสียหายผู้ซึ่งสามารถซ่อมทำความเสียหายใต้แนวน้ำ ย่อมถือว่าต้องมีความสามารถซ่อมทำ

ความเสียหายเหนือแนวน้ำไปในตัวด้วย ด้วยเหตุผลอันนี้ ในบทนี้จึงกล่าวถึงการซ่อมทำความเสียหายได้แนวน้ำ เป็นส่วนใหญ่

ปัจจัยที่มีผลต่อการซ่อมทำได้แนวน้ำ

มูลเหตุที่สำคัญสองประการ ในการที่จะทำให้การซ่อมทำรูทะลุได้แนวน้ำยากขึ้นได้แก่ ความกดดันของน้ำ และการไม่สามารถเข้าไปถึงที่เกิดความเสียหายนั้น ๆ ความยุ่งยากที่เกิดขึ้นจากความกดดันของน้ำย่อมมีมากเสมอ โดยความเป็นจริงรูทะลุที่อยู่ใต้แนวน้ำลงไป 7 ฟุต ย่อมมีความกดดันของน้ำประมาณ 3 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

อุปสรรคอันยิ่งใหญ่ในการซ่อมทำความเสียหายได้แนวน้ำ ได้แก่การเข้าไปไม่ถึงที่เกิดความเสียหาย ถ้าน้ำเกิดท่วมห้องลึกเข้าไปภายในตัวเรือพวกประตูหรือฝาช่องทางที่เปิดเข้าไปยังที่เกิดความเสียหายนั้น จะมีผลทำให้ท่วมในห้องอื่นเพิ่มขึ้น ในกรณีเช่นนี้ ปกติจึงจำเป็นต้องส่งนักดำลงไปเพื่อลอดเข้าไปในห้องนั้น งานในการซ่อมทำของนักดำพวกนี้อาจจะถูกขัดขวางโดยสิ่งปรักหักพังที่อยู่ใต้แนวน้ำ การขาดแสงสว่างในการที่จะใช้ทำงาน และความลำบากในการที่จะพยายามกดวัตถุซ่อมทำที่ลอยตัวได้ให้ลงไปได้น้ำ

การอุดและการปะรูทะลุ (Plugging and Patching Holes)

วิธีการในการอุดและปะรูทะลุดังกล่าวต่อไปนี้ ใช้สำหรับในกรณีฉุกเฉินเท่านั้นและถือเป็นการซ่อมทำชั่วคราวในขณะที่เรือทำการรบเพื่อที่จะรักษาให้เรือลอยล้าอยู่ได้ การซ่อมทำเหล่านี้ ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือเครื่องใช้ที่ละเอียดมากนัก โดยทั่วไปมักจะใช้พวกลูกอุดสิ่งของที่ใช้ปะสำเร็จรูปหรือวัตถุอื่นซึ่งสามารถหามาได้โดยทันที

การปฏิบัติในการซ่อมทำรูทะลุชั่วคราว โดยทั่วไปมีสองวิธีได้แก่การอัดสิ่งของเข้าไปในรูและการครอบโปะเหนือรูในกรณีทั้งสองนี้จะทำให้เกิดการลดเนื้อที่ที่น้ำจะสามารถเข้าเรือได้หรือลดความสามารถการลุกลามของน้ำไปยังห้องต่าง ๆ

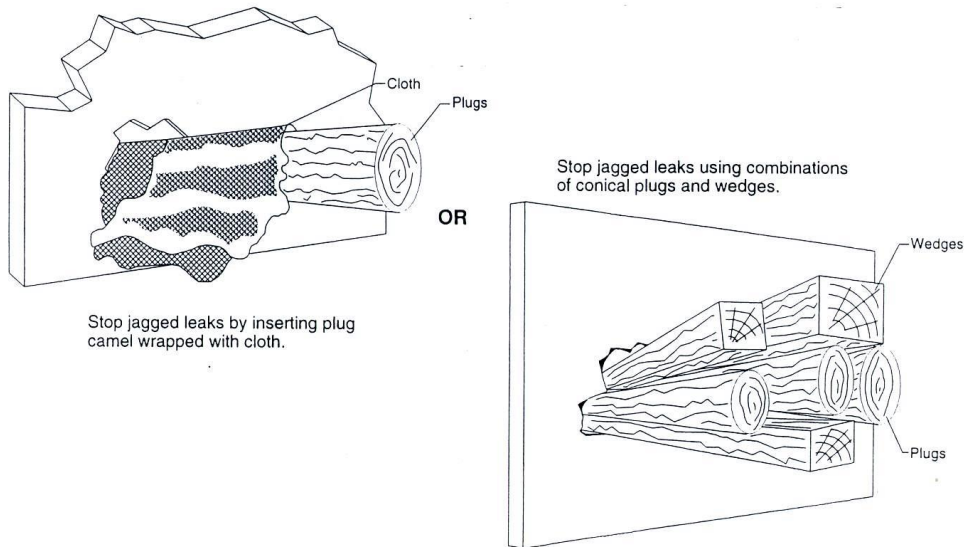
การอุด (plugging)

วิธีง่าย ๆ ในการที่จะอุดรูทะลุเล็ก ๆ ก็คือการสอดลูกอุดเข้าไป ลูกอุดนี้ทำด้วยไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้เฮลโลไฟน์ หรือ ไม้เฟอร์ขนาด 3 นิ้ว ลูกอุดเหล่านี้บางครั้งอาจใช้อุดรูทะลุใหญ่ ๆ ได้เช่นเดียวกัน

หีบลูกอุดประกอบด้วยลูกอุดและลิ่มขนาดต่าง ๆ พร้อมด้วยเครื่องมือเครื่องใช้ นอกจากนั้นยังมี ยุดและผ้าชำระรวมอยู่ด้วยเครื่องมือที่ใช้ในหีบนี้จะมีพวกค้อนไม้ ขวานเล็ก ๆ เลื่อย ลิว ค้อนเหล็ก และลิ่มสำหรับตอกพวกผ้าชำระหรือยุดเข้าไปในบริเวณช่องว่างที่ยังมีอยู่หลังจากที่ตอกลูกอุดและลิ่มลงไปแล้ว ลูกอุดและลิ่มยุด อาจจะใช้โดยลำพังตัวเองถ้าพอดีกับรูทะลุ นั้น อย่างไรก็ตามวิธีที่ดีที่สุดมักจะใช้ร่วมกันระหว่างลูกอุดที่เป็นกรวยรูปปลายตัดสี่เหลี่ยม และรูปลิ่มเพื่อรวมกันให้พอดีกับรูทะลุ นั้นดังแสดงในรูปที่ 4.1

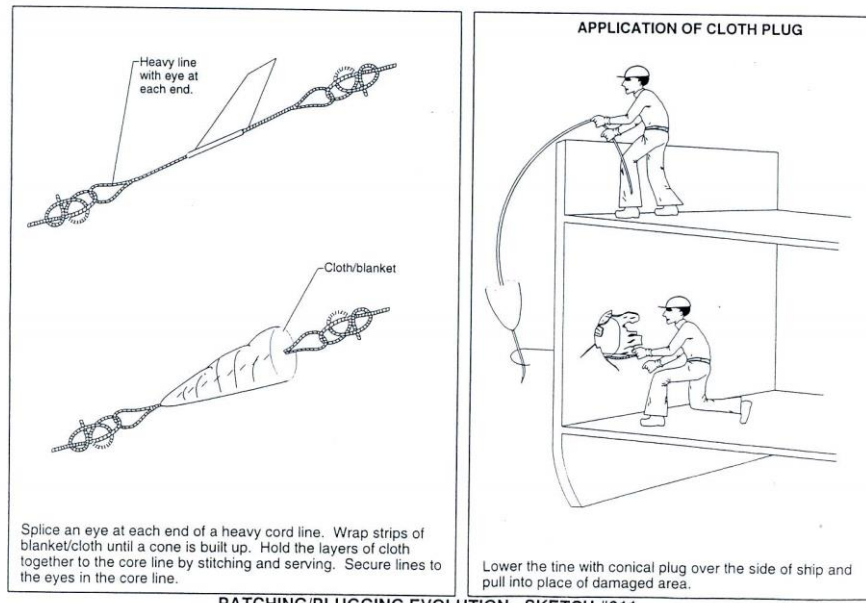
ตามปกติการอุดวิธีที่ดีที่สุดควรหุ้มลูกอุดด้วยผ้าเบา ๆ ก่อนอุดเข้าไปเพื่อให้ลูกอุดแนบกับรูที่รั่ว และผ้าจะเข้าไปอุดตามช่องว่างระหว่างลูกอุด ลูกอุดเหล่านี้ปกติจะไม่ทำการผนึกน้ำแต่จะช่วยลดอัตราการรั่วไหลได้มากโดยการใช้ลูกอุดและตอกพวกผ้าชำระ ยุด หรือลิ่มและลูกอุดเล็ก ๆ ลงไปตามช่องว่างที่เหลือ ตามปกติทั่วไป ถ้ารูทะลุที่แผ่นเหล็กซึ่งมีความหนาไม่เกิน $\frac{1}{4}$ นิ้ว แล้ว ลูกอุดที่มีปลายเป็นรูปเหลี่ยมมักจะอุดได้ดีกว่าลูกอุดรูปกรวย

การอุดเรือส่วนมากจะทำการอุดจากด้าน ในตัวเรือเมื่อเป็นเช่นนั้นเจ้าหน้าที่ป้องกันความเสียหาย จะต้องต่อสู้กับขอบเหล็กที่แตกปลายและยื่นเข้าไปในตัวเรือ แต่ถ้าอุดจากด้านนอกตัวเรือจะไม่พบกับอุปสรรคอันนี้ อย่างไรก็ตามการอุดจากด้านนอกตัวเรือทำไม่ได้ง่ายนัก นอกจากนั้นลูกอุดยังไม่สามารถยึดแน่นอยู่กับที่ได้เป็น เวลานานอีกด้วย หากมีความจำเป็นที่จะต้องทำการอุดจากภายนอกตัวเรือปลายลูกอุดด้านในตัวเรือควรจะต้องติดห่วงไว้ แล้วใช้เชือกผูกติดกับห่วงนี้ โยงไปผูกติดกับข้อเพื่อช่วยในการยึดลูกอุดให้ดียิ่งขึ้นตามภาพที่ 4.2



PATCHING/PLUGGING EVOLUTION - SKETCH #001
Use of Wooden Plugs and Wedges in Filling Holes

รูปที่ 4.1



PATCHING/PLUGGING EVOLUTION - SKETCH #011
Cloth Patch

10-12

รูปที่ 4.2

การปะ (Patching)

หีบปะ (Box Patch) ใช้ประโยชน์ในการใช้ประทุทะลุที่มีผิวขรุขระยื่นเข้าไปในตัวเรือตามรูปที่ ๔.๓ ภาพด้านซ้ายมือได้แสดงให้เห็นหีบเหล็กปะ (Metal Box Patch) ภาพกลางแสดงถึงการปะหีบเหล็กโดยใช้ไม้ค้ำ ภาพขวาสุด แสดงถึงการประสานหีบเหล็กปะเข้ากับรูทะลุ

แผ่นปะพับได้ (Hinged Patch) ใช้ประโยชน์สำหรับประทุรั่วเล็ก ๆ การปะลักษณะนี้ ไม่มีการยึดในทางตั้ง ตามรูปที่ 4.4 ได้แสดงให้เห็นแผ่นปะก่อนทำการปะระหว่างทำการปะและหลังจากทำการปะแล้ว

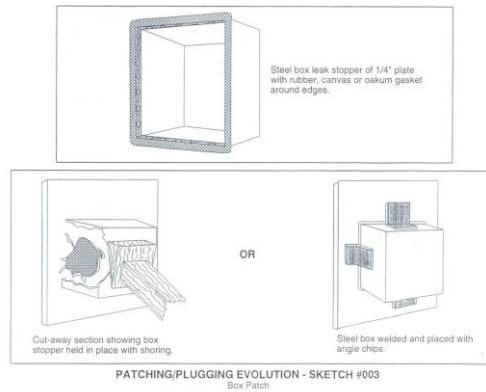
ขอเกี่ยว (Hookbolt) เป็นขอยาวปกติทำด้วยแท่งเหล็กกลม มีหลายขนาดและหลายแบบ ที่หัวทำเป็นตะขอสำหรับเกี่ยวเข้ากับแผ่นเหล็กตัวเรือ ตามรูปที่ 4.5 ได้แสดงให้เห็นขอเกี่ยวรูปตัวที (T - Shape) รูปตัว J (J - Shape) และรูปตัว L (L - Shape) และได้แสดงให้เห็นการใช้ขอเกี่ยวร่วมกับแผ่นปะ ที่ด้ามขอเกี่ยวจะมีนอตควดไว้ ขอเกี่ยวนี้อาจสามารถใช้ร่วมกับไม้หรือเหล็กเกลี้ยกำลัง (Strongbacks) ได้

วิธีการใช้ขอเกี่ยว ครั้งแรกสอดหัวเกี่ยวเข้าไปในรูทะลุ พร้อมกับหมุนไปมาเพื่อแต่งให้ขอเกี่ยวอยู่จนไม่สามารถดึงกลับออกมาได้ ต่อจากนั้นจึงสอดพวกหมอนหรือแป๊กกิ่งอื่น ๆ โดยมีไม้เกลี้ยกำลังหนุนอยู่ด้านหลังเข้าไปจากปลายขอเกี่ยวแล้วขันนอตตามเข้าไปให้แน่น โดยทั่วไปแล้วมักจำเป็นต้องใช้ขอเกี่ยวสองอันรวมกันเสมอ

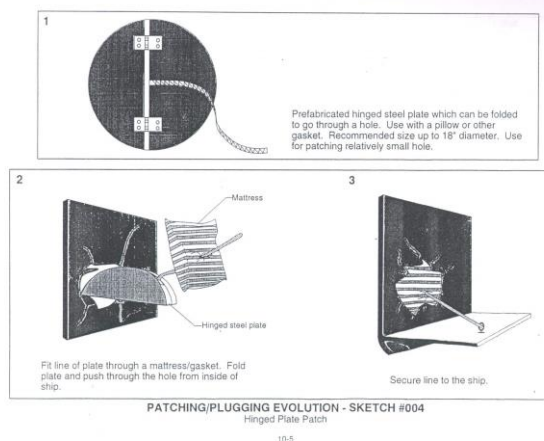
ขอเกี่ยวรูปตัว T พับได้มีลักษณะคล้ายคลึงกับขอเกี่ยวรูปตัว T ธรรมดาต่างกันตรงที่สามารถพับลงมาได้ เพื่อให้สามารถสอดเข้าไปในรูทะลุเล็ก ๆ ได้ทำนองเองและเมื่อดึงกลับออกมา แขนรูปตัว T ก็จะยึดอยู่กับแผ่นเหล็กตัวเรือ โดยการใส่ขอพับรูปตัว T นี้ เจ้าหน้าที่ที่อยู่ภายในตัวเรือก็สามารถสอดวัตถุที่ใช้ปะ (Patch) เข้าไปจากภายในเรือหรือภายนอกเรือได้โดยผูกเชือกเส้นหนึ่งเข้ากับหัวขอเกี่ยวสอดหมอนที่เจาะรูเข้าไปตามเชือกแล้วพับหมอนให้พอที่จะลอดผ่านรูทะลุได้ ต่อจากนั้นดึงเชือกกลับมาขอเกี่ยวและหมอนก็จะแนบกับแผ่นเหล็กตัวเรือ แผ่นปะแบบนี้สามารถปรับแต่งให้แนบกับตัวเรือได้มากตามต้องการ นอกจากนั้นยังสามารถสอดหมอน

หรือแผ่นปะอื่น ๆ เข้าไปตามด้านขอเกี่ยวจากภายในเรือ ได้อีกด้วยนอตและแหวนรองรับนี้มีไว้สำหรับยึดแผ่นปะให้แน่น นอตที่ใช้มักจะเป็นแบบหัวแบนใหญ่

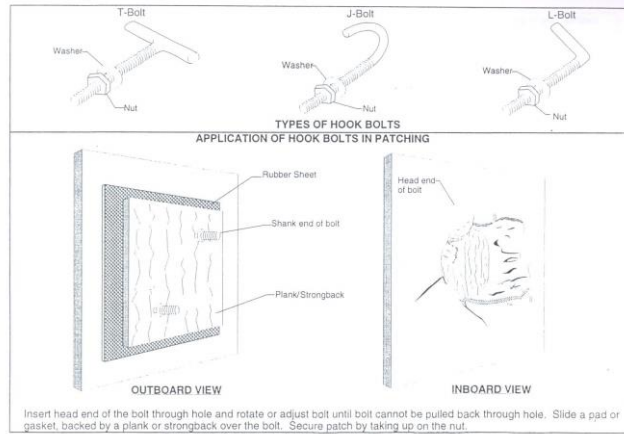
ตามธรรมเนียมอนทั่ว ๆ ไปเมื่อถูกน้ำเปียกข้อมจะขุดตัวลง ซึ่งเมื่อใช้ปะจะไม่สามารถคงรูปเดิมไว้ได้ด้วยเหตุนี้เรือบางลำจึงได้จัดหาหมอนชนิดพิเศษซึ่งทำด้วยผ้าใบและใยไฟเบอร์ (Oakum) ผสมกันดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.6 เพื่อใช้ในการปะรูทะลุโดยตรง



รูปที่ 4.3

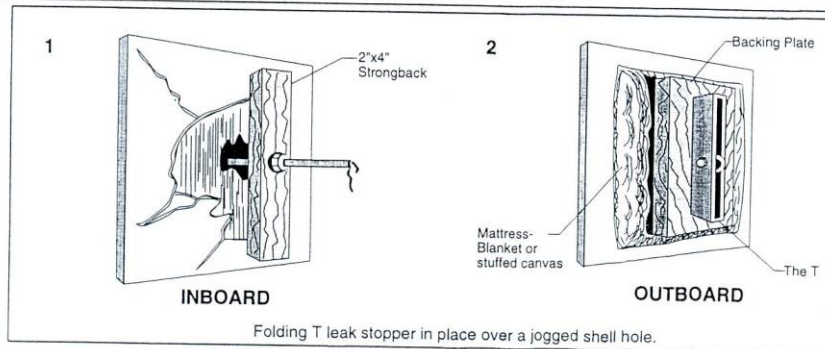
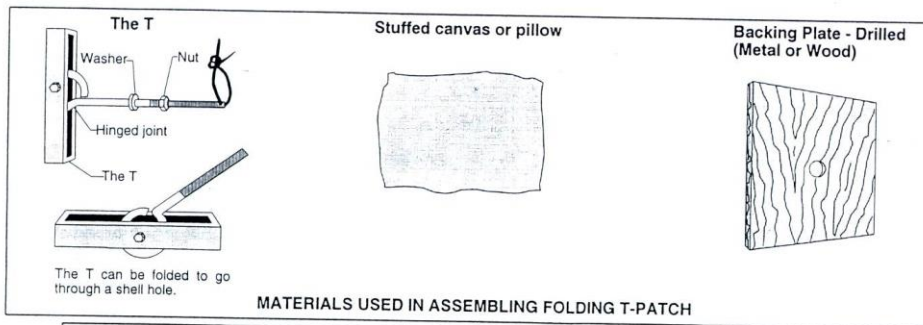


รูปที่ 4.4



PATCHING/PLUGGING EVOLUTION - SKETCH #005
Securing Patch with Hook Bolts

รูปที่ 4.5



PATCHING/PLUGGING EVOLUTION - SKETCH #006
Folding T-Patch

รูปที่ 4.6

30. การปะท้อโลหะฉุกเฉิน

(Emergency Damage Control Metallic Pipe Patch)

การทำการปะท้อฉุกเฉินเป็นเทคนิคอีกอย่างหนึ่งของเจ้าหน้าที่ป้องกันความเสียหายซึ่งจำเป็นต้องใช้อยู่เสมอ บางครั้งเราจะพบรูทะลุที่ท่อหรือท่อฉีกขาดเสียหายมากหากไม่สามารถทำการปะได้ก็อาจต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งท่อ การตัดสินใจที่จะทำการปะหรือเปลี่ยนใหม่ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้นั้นก่อนที่จะเริ่มทำการซ่อมท่อจะต้อง ปล่อยกำลังดันภายในออกให้หมดเสียก่อน

ซอฟแพช (Soft Patches)

ซอฟแพชเป็นวิธีการปะรูทะลุหรือรอยแตกที่ท่อซึ่งใช้กำลังดันต่ำ (150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ถูกเก็บเครื่องมือซอฟแพชควรมีสั่งของดังต่อไปนี้

1. ลูกอุดและลิ้มเล็ก ๆ (มากพอที่จะอุดรูทะลุขนาด 12 นิ้วได้)
2. แป๊กกึ่งยางขนาด 1/2 นิ้ว ประมาณ 2 ตารางฟุต
3. ด้ายหนึ่งขด
4. ยูด หรือผ้าที่ชำระ
5. ผ้าใบประมาณ 1/2 หลา
6. เลื่อยตัดเหล็ก
7. ขวานหรือสิ่ว
8. ค้อน
9. กรรไกรหรือมีด

ก่อนอื่นถ้าสามารถทำได้ควรอุดรูทะลุด้วยลิ้มเสียก่อนเพื่อลดเนื้อที่ของรูทะลุให้เล็กลงอย่าตอกลิ้มให้ลึกลงไปมากนักเพราะจะไปด้านทานการไหลของของเหลวในท่อ สำหรับลิ้มที่โผล่อยู่ด้านนอกของท่อควรแต่งให้เรียบแนบกับท่อนั้น ต่อจากนั้นจึงหุ้มไว้ควรให้ขอบเกยกันข้างละสองนิ้ว ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องตัดปลายลิ้มซึ่งยื่นเข้าไปในท่อออกเพื่อให้ของเหลวไหลสะดวกหากเป็นไปได้ขอแนะนำว่าควรสอดแผ่นโลหะเบาบางไว้ระหว่าง แป๊กกึ่งและด้ายที่พันอยู่แล้วใช้ตะกั่วอบ ผิวหน้าแป๊กกึ่งอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้กระชับเข้า ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.1

ยูดและด้ายถักมีประโยชน์มากในการใช้อุดรอยแตก โดยเฉพาะในกรณีที่รูทะลุเป็นมุมแหลมแล้วการใช้ยูดด้วยแป๊กกึ่งมักไม่ได้ผลจึงมักใช้พวกนี้แทนโดยใช้ร่วมกับลิ้มและพลาสติก นอกจากนี้ได้กล่าวมาแล้ว ตามเรือขนาดใหญ่จะมีคีมหนีบ (Hand Clamping Tool) และสายรัดโลหะ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 เครื่องมือเหล่านี้มีประโยชน์สำหรับการยึดซอฟแพชและยึดสายสูบลูกเข้ากับเกลียวต่อหรือท่อทางต่าง ๆ

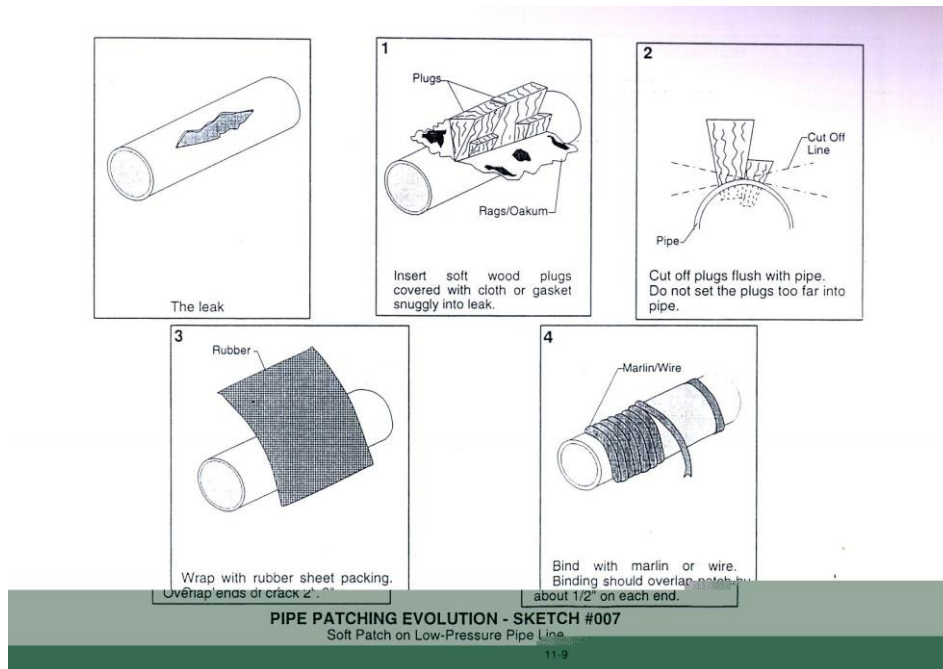
เรือทุกลำที่มีเครื่องมือคีมหนีบ ควรจะมีสายรัดและเหล็กยึดสายรัดสำรองไว้มาก ๆ เพื่อไว้ใช้สำหรับฝึกหัดเจ้าหน้าที่ให้มีการใช้ของจริงลูกอุดไม้ที่ท่อไว้ด้วยผ้าสามารถอุดรูทะลุที่แตกปลายได้ผลดียิ่ง บางโอกาสอาจจำเป็นต้องใช้ลูกอุดจำนวนมากร่วมกันอุดอุดเหล่านี้ ควรใช้ค้อนตอกลงไปแล้วยึดไว้ด้วยสายรัดหรือลวดถ่วงท่อไม้ โตนักก็อาจแต่งรูทะลุเพื่อให้ลูกอุดที่มีเกลียวกวาดลงไปได้

การปะท่อด้วยเครื่องมือจูบิลี่ (Jubilee Pipe Patch)

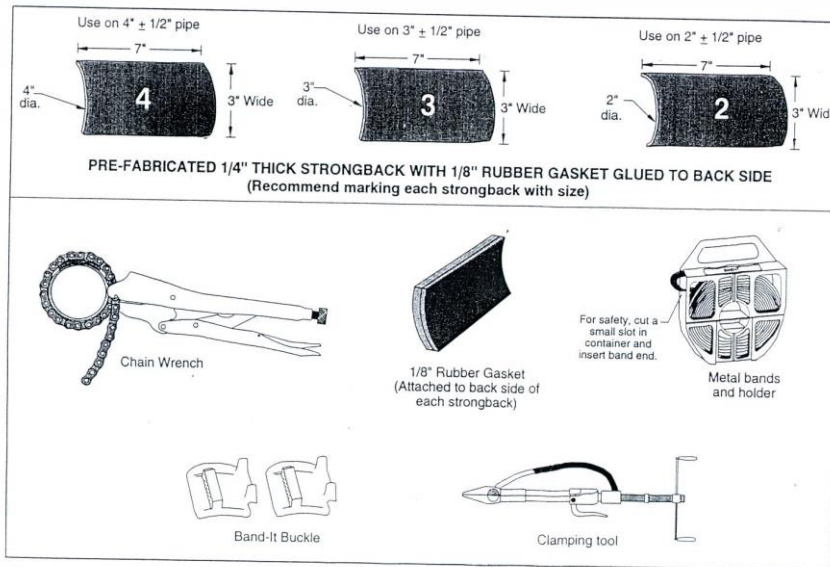
เครื่องมือจูบิลี่ประกอบด้วยแผ่นโลหะม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.3 ตรงรอยผ่าที่มาพบกัน ได้ตัดเป็นช่องว่าง (Gab) ไว้เพื่อเป็นที่ติดแผ่นประกบ (Flange) ได้ การติดแผ่นประกบทำได้โดยนำแผ่นประกบมาประสานติดกับรอยผ่าทั้งสองด้านของรูปทรงกระบอกต่อจากนั้น จึงเจาะรูที่แผ่นประกบทั้งสอง ประมาณ 3 ถึง 5 รูรอบประสานนี้ควรอยู่ด้านหลังของเหล็กรูปทรงกระบอก ทั้งนี้เพื่อให้แผ่นประกบมีโอกาสขยับตัวได้ตามกำลังดันภายในท่อนั้น เครื่องมือจูบิลี่นี้ควรทำด้วยเหล็กที่แข็งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในขณะที่เดียวกันก็ควรให้สามารถงอตัวหรือยืดตัวออก เพื่อสามารถคร่อมอยู่บนท่อได้ การปะท่อด้วยเครื่องมือจูบิลี่มีวิธีการทำดังนี้ ครั้งแรกอุดรูรั่วด้วยแป๊กกิ้งเสียก่อน ต่อไปจึงใช้เครื่องมือจูบิลี่คลุมท่อไว้เหนือแป๊กกิ้งนั้นแล้วจึงขันนอตให้แน่นการปะท่อด้วยวิธีนี้จะสามารถทนกำลังดันภายในท่อได้สูงกว่า 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตามผู้เก็บเครื่องมือป้องกันความเสียหาย จึงควรมีเครื่องมือจูบิลี่ไว้หลาย ๆ ขนาด เพื่อให้สามารถใช้กับท่อขนาดต่าง ๆ ได้

ซอฟต์แวร์นี้ไม่ควรให้มีการใช้กับท่อไอน้ำกำลังดันสูง แต่สำหรับท่อไอน้ำกำลังดันต่ำแล้วได้ผลดีมาก หลังจากปะเข้าไปแล้วและปล่อยไอน้ำแป๊กกิ้งยางจะละลายส่งกลิ่นเหม็นคุ้งแต่จะยังทำให้แน่นเข้าไปอีก ท่อไอน้ำที่มีกำลังดันสูงขึ้นไปถึง 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ควรซ่อมด้วยวิธีใช้เชือกพันรอบรอยแตกโดยให้เชือกนี้ฝังอยู่ในพลาสติก

กับท่อน้ำมันเบนซินแล้ว ไม่ขอแนะนำให้ใช้วิธีซอฟต์แวร์ เพราะรอยรั่วที่เล็กที่สุดจะทำให้เกิดไฟขึ้นได้ วิธีที่ดีที่สุดคือควรเปลี่ยนท่อเสียใหม่แต่ถ้ามีเวลาซ่อมทำมากพอก็ควรใช้คอนกรีตหุ้มไว้ แล้วใช้ผ้าคลุมไว้อีกชั้นหนึ่ง

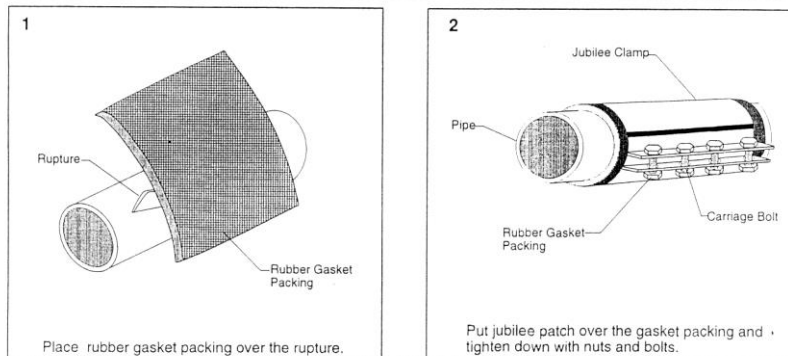
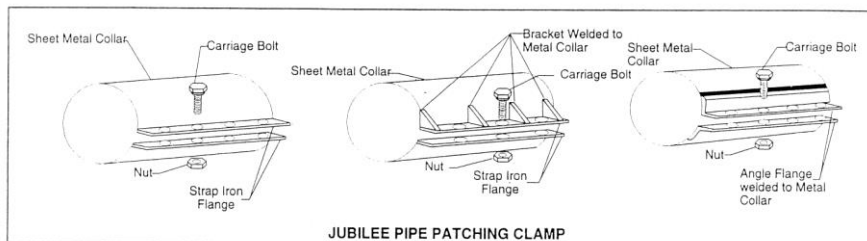


แสดงรูปที่ 5.1



PIPE PATCHING EVOLUTION - SKETCH #001
Pipe Patching Equipment

รูปที่ 5.2



PIPE PATCHING EVOLUTION - SKETCH #006
Jubilee Pipe Patch

รูปที่ 5.3

การปะท่อโลหะ(Metallic Pipe Patch)

ชุดซ่อมปะท่อโลหะโดยส่วนใหญ่จะเป็นชุดซ่อมท่อด้วยพลาสติกซึ่งชุดนี้ในการปะท่อด้วยพลาสติกจะเป็นชุดที่มาตรฐานประจำหน่วยซ่อม ในชุดซ่อมนี้จะประกอบไปด้วยวัสดุหลายตัวซึ่งการซ่อมทำด้วยวิธีนี้ จะสามารถทำให้ระบบท่อทางของเรือกลับมาทำงานได้ในเวลาไม่เกิน ๖๐ นาที

ข้อดีในการปะท่อด้วยวิธีนี้คือสามารถปะท่อได้กับลักษณะความเสียหายของท่อได้หลากหลายไม่จำกัดทั้งแบบเรียบ, แบบฉีกเป็นพื้นปลา, ลักษณะท่อที่โค้งงอหรือซ่อมรอยแตกของหน้าแปลนต่าง ๆ ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้กับท่อในหลาย ๆ ประเภท เช่นท่อเหล็ก , ท่อทองแดง , copper-nickle ซึ่งถ้าเรามีการเตรียมการอย่างดี และถูกต้องผลของการปะทอก็จะได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความรวดเร็วในการปะจะประมาณ 10 นาที หรือน้อยกว่าขึ้นอยู่กับวิธีการฝึกฝนของกำลังพล

ชุดอุปกรณ์ซ่อมท่อจะประกอบไปด้วยวัสดุที่สำคัญดังต่อไปนี้

- resin ขนาด 400 กรัมจำนวน 4 กระป๋อง
- hardener ขนาด 100 กรัมจำนวน 4 กระป๋อง
- ผ้า fiberglass cloth หรือ woven roving cloth ขนาด 20 คูณ 40 นิ้ว
- แผ่นปิด void cover ขนาด 8 คูณ 36 นิ้ว
- แผ่นฟิล์ม polyvinyl chloride (pvc) ขนาด 48 คูณ 60 นิ้ว
- เชือก chalk line

หมายเหตุ ตัว liquid resin และตัว paste ก็คือ Epoxy ชนิดหนึ่ง

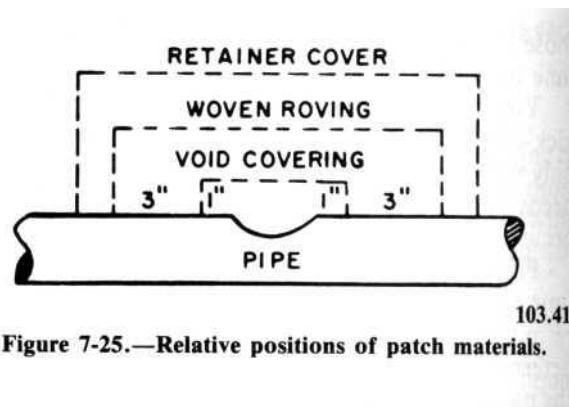


Figure 7-25.—Relative positions of patch materials.

รูปที่ 5.4 แสดงลำดับตำแหน่งวัสดุในการปะท่อ

ขั้นตอนในการปะท่อแบบธรรมดา(Simple Pipe Patch)

ขั้นตอนในการปะท่อแบบนี้ให้ดูรูปประกอบที่ 5.5 ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ใส่อุปกรณ์ป้องกันตาและถุงมือจากนั้นจึงเปิดกระป๋อง liquid resin และ liquid hardener
- ผสม liquid resin กับ hardener ส่วนผสมตามคู่มือ คนให้เข้ากันประมาณ 2 นาทีหรือจนกระทั่งส่วนผสมของทั้งสองรวมตัวกันจนเป็นสีเทา
- ทาส่วนผสมของ resin-hardener ดังกล่าวลงไปที่ทั้งสองด้านของแผ่นปะ (void cover)

จากนั้นเอาไปพันรอบท่อและมัดให้แข็งแรงด้วยเชือก (แผ่นปะ void cover ซึ่งก็คือวัสดุประเภทผ้าใยแก้วที่เมื่อได้รับการทาด้วย resin – hardener ก็จะมี ความแข็งแรงเพียงพอในการปิดทับพื้นที่ที่ได้รับ ความเสียหาย) คูภาพ A จากรูปที่ 5.5

- วางแผ่นผ้า woven roving ลงบนพื้นผิวที่เรียบและสะอาด จากนั้นจึงทาส่วนผสมของ resin - hardener ลงบนพื้นผิวของผ้าซึ่งเราจะทาเพียงด้านเดียวเท่านั้น ส่วนขอบด้านข้างของผ้าจะต้องทำให้เรียบร้อยและให้ทั่ว ซึ่งในข้อนี้จำเป็นที่จะต้องใช้ช้อนปากแบนหรือเกรียงขนาดเล็กในการทำงาน

- วางผ้า woven roving cloth จากข้อที่ผ่านมาพันทับลงบนแผ่น void cover โดยจะต้องเอาด้านที่ทา resin-hardener ทับลงบนท่อไม่น้อยกว่าสามรอบแต่ต้องไม่เกินสี่รอบ คูภาพ B จากรูปที่ 5.5

- พันแผ่นฟิล์ม PVC ลงทับอย่างน้อยสองรอบจากนั้นมัดด้วยเชือกโดยเริ่มต้นจากกึ่งกลางของ patch ไปยังปลายของอีกด้านหนึ่งโดยที่ ทำให้ระยะห่างของวงของเชือกห่างกันประมาณครึ่งนิ้วและเมื่อพันจนสุดปลาย ก็ให้ทำการมัดแล้วจึงพันกลับมาหาจุดกึ่งกลางของ patch และจากนั้นให้ทำการพันจากจุดกึ่งกลางไปยังปลายอีกด้านหนึ่งที่ยังไม่ได้พันเมื่อพันจนสุดแล้วให้ทำการมัดเก็บให้เรียบร้อย จากนั้นประมาณ 30 ถึง 40 นาทีท่อนั้นก็จะสามารถกลับมาใช้งานได้อีก คูภาพ C จากรูปประกอบที่ 5.5

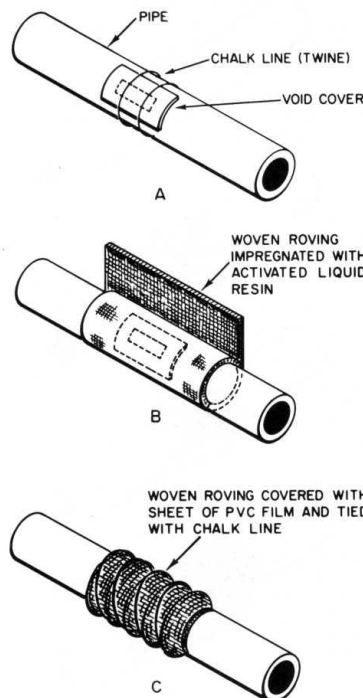


Figure 7-26.—Simple pipe patch.

103.43

รูปที่ 5.5

การปะท่อโค้งงอ(Elbow Patch)

การปะท่อที่โค้งงอตามรูปที่ 5.6 จะใช้หลักการเดียวกันกับการปะท่อแบบธรรมดาตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

- ตัดปลายของแผ่นปิด (void cover) ให้ครอบคลุมเกินกว่าส่วนโค้งของท่อประมาณ 2 ถึง 3 นิ้ว ของความโค้งในแต่ละด้านของข้อ
- หลังจากทาส่วนผสม resin-hardener ลงบนแผ่น woven roving cloth แล้วให้วางลงพันรอบท่อจากนั้นจึงใช้มือที่สวมถุงมือทำการรีดแผ่นปะให้แนบตามรูปทรงความโค้งของท่อ
- จากนั้นจึงใช้แผ่น PVC พันรอบแล้วทำการมัดตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

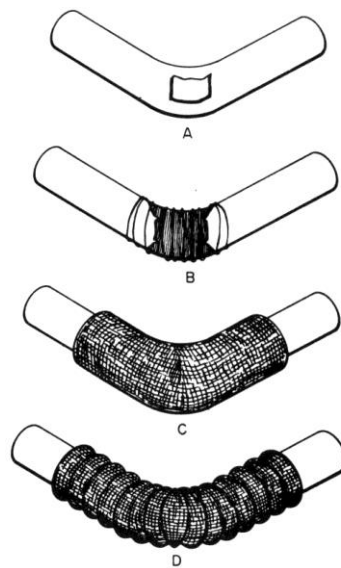


Figure 7-27.—Elbow pipe patch.

103.44

รูปที่ 5.6

การปะท่อที่ขาด (severed pipe patch)

ท่อขาดตามรูปที่ 5.7 ซึ่งเราอาจจะใช้วิธีการเช่นเดียวกับการปะท่อทั่วไปแต่อาจมีขั้นตอนบางอย่างที่เพิ่มเติมเข้ามาดังนี้

- ถ้าหากช่องว่างระหว่างท่อเกินกว่าสี่นิ้วแผ่น โลหะบางหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสมอาจจะใช้ในการทำแผ่นปิดในการเชื่อมต่อระหว่างช่องว่างซึ่งวัสดุที่ใช้จะถูกตัดให้ครอบคลุมพื้นที่ท่อทางจากรอยต่อทั้งสองด้านเป็นระยะทางอย่างน้อยสองนิ้วและวัสดุที่ใช้ทำแผ่นปิดจะต้องพันให้ได้รอบรอยต่อเกินกว่าหนึ่งรอบมาเป็นระยะประมาณสองนิ้วจากนั้นให้มัดด้วยเชือกให้แข็งแรง

- ตัดแผ่นผ้า woven roving cloth ให้มีความใหญ่เกินกว่าแผ่นปิดอย่างน้อยด้านละสี่นิ้วส่วนขั้นตอนการทา resin-hardener ก็จะเหมือนกับที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

- นำแผ่นฟิล์ม PVC มาทำการพันรอบ และมัดตามวิธีการเช่นเดิม

การปะแบบผสม(Compound Patch)

เมื่อมีการซ่อมทำความเสียหายจากการรบกวนลักษณะรูปแบบท่อทางแตกเสียหายมักจะไม่สามารถแสดงให้เห็นตามรูปที่ 5.8 ดังนั้นเราจะต้องตัดแปลงรูปแบบการปะเล็กน้อยดังนี้

- มัดเชือกบริเวณเหนือรอยลักษณะของท่อทางตามภาพ B ของรูปที่ 5.8 โดยการพันให้พันสลับไปมาให้มากเท่าที่จะทำได้ซึ่งเชือกที่พันจะทำหน้าที่รองรับแผ่นผ้า woven roving cloth ไม่ให้ตกลงไปในช่องท่อซึ่งในที่นี้เราจะไม่มีการใช้แผ่นปิดเหมือนวิธีการที่ผ่านมาซึ่งเป็นการยากที่จะตัดแผ่นปิดที่พอดีกับรอยลักษณะของท่อ

- ตัดแผ่นผ้า woven roving cloth ขนาดเล็กแล้วทาด้วย resin-hardener ลงบนรอยลักษณะตามภาพ C ของรูปที่ 5.8 ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นมวลสารและเป็นฉนวน

- พันผ้า woven roving cloth ที่เตรียมเอาไว้ตามวิธีการแล้วนำไปพันรอบแผ่นผ้าขนาดเล็กตามภาพ D ในรูปที่ 5.8 จากนั้นก็ทำการมัดตามวิธีการ

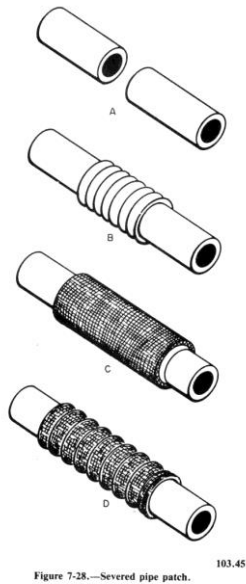


Figure 7-28.—Severed pipe patch. 103.45

รูปที่ 5.7

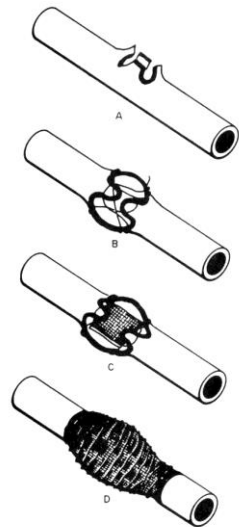


Figure 7-29.—Compound rupture patch, edges not removed. 103.46

รูปที่ 5.8

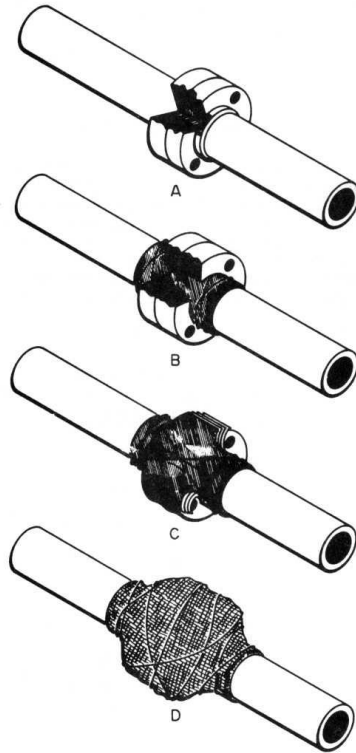
การปะหน้าแปลน(Flange Patch)

วิธีการนี้จะใช้ในการซ่อมหน้าแปลนที่ได้รับความเสียหายซึ่งวิธีการก็จะคล้ายกับวิธีการปะท่อแบบธรรมดาที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะมีวิธีการดังต่อไปนี้ซึ่งแสดงในรูปที่ 5.9

- ตัดแผ่นปิดเป็นรูปตัว H คูภาพ B ของรูปที่ 5.9 จากนั้นนำไปทาด้วย resin-hardener ตามวิธีการ จากนั้นวางลงในช่องว่างของหน้าแปลนที่แตกแล้วจัดการมัดให้เรียบร้อย

- ตัดแผ่นผ้า woven roving cloth ซึ่งจะต้องตัดให้พันเกินหนึ่งรอบประมาณหนึ่งนิ้วจากนั้นตัดออกเป็นรูปตัว H จากนั้นลองพันรอบหน้าแปลน จากนั้นให้นำไปทาด้วย resin-hardener แล้วนำไปพันรอบหน้าแปลนตามภาพ C ของรูปที่ 5.9

- นำแผ่นฟิล์ม PVC ไปพันทับจากนี้ก็ให้ พันด้วยเชือก โดยเริ่มต้นพันด้านปลายก่อนแล้วทำการ พันรอบหน้าแปลน ไขว้เป็นรูปตัว X หลังจากนั้นให้พันเก็บปลายอีกด้านหนึ่งให้เรียบร้อย



103.47

Figure 7-30.—Flange rupture patch.

รูปที่ 5.9

31. เครื่องตรวจแก๊สระเบิดและตะเกียงนิรภัย (Exploident Meter and Flame Safety Lamp)

- ก. ความมุ่งหมายสำหรับการตรวจสอบบรรยากาศภายในห้อง
1. สถานการณ์อันตราย ที่เกิดขึ้นภายในเรือตลอดเวลา
 - ก. อันเนื่องจากไอระเหยอย่างร้ายแรงภายในถังหรือในห้อง
 - ข. อันเนื่องจากออกซิเจนไม่เพียงพอ หรือมีแก๊สพิษภายในถังหรือในห้อง
 2. ไอระเหยที่ระเบิดได้อย่างธรรมดา ที่เป็นพิษหรือแก๊สที่เข้าแทนที่ออกซิเจน
 - ก. ไอระเหยของเชื้อเพลิง
 1. หนักกว่าอากาศ
 2. จะลอยลงสู่เบื้องต่ำ
 3. อาจระเบิดได้หากผสมกับอากาศพอเหมาะ
 4. จะพบตามท้องเรือ ใกล้ถังที่รั่วหรือชำรุด
 5. อาจจุดให้ติดไฟได้โดยการ Spark เปลวไฟ หรือการเชื่อมประสาน
 - ข. ไอระเหยของแก๊สโซลีน
 1. อุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำแข็ง มีไอระเหยได้
 2. ไอระเหยหนักกว่าอากาศ
 3. ลอยลงสู่เบื้องต่ำ ไปได้ไกลตามกระแสอากาศ
 4. น้ำมันแก๊สโซลีน 1 แกลลอน ไอระเหยจะมีกำลังดันระเบิดเท่ากับดินระเบิด 83 ปอนด์
 5. ช่วงระยะระเบิด E.R. 1 - 6% ในอากาศ
 6. ไอระเหยอาจเป็นพิษได้ ถ้ามี Tetra Ethyl Lead ผสม
 7. จุดให้ติดไฟได้ง่ายด้วยเปลวไฟ และการ Spark
 8. ถังเปล่ามีอันตรายมาก
 9. เชื้อเพลิง ไอพ่น เช่นเดียวกับแก๊สโซลีน
 - ค. แก๊สเอเซททีลีน
 1. ใช้ในการเชื่อมประสาน
 2. ปลอดภัย ถ้าอยู่ในขวดมาตรฐาน
 3. อาจจรั่วไหลถ้าไม่ใช่ขวดมาตรฐาน ไม่คงตัว ปฏิกริยากับสารอื่นอย่างรุนแรง
 4. ช่วงระยะการระเบิดกว้าง 2.5 ถึง 82 % ในอากาศ
 5. อยู่ในสถานะเป็นแก๊ส ภายใต้กำลังดันของอากาศ 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว ใว้ต่อการถูกทำให้ เกิดการ กระแทก หรือความร้อน
 - ง. แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์
 1. เกิดจากการเผาไหม้ไม่หมด

2. แก๊สเสียเกิดจากการเผาไหม้ ภายในเครื่องยนต์
 3. เป็นแก๊สพิษอันตรายอย่างร้ายแรง
 4. อาจทำให้ตายได้ แม้แต่เพียงเปอร์เซ็นต์เล็กน้อย
 5. ยากที่จะทำการตรวจ
 6. ช่วงระยะการระเบิดกว้างขวาง
- จ. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
1. ใช้ในการดับไฟได้
 2. ไม่มี สี กลิ่น และรส
 3. นหนักกว่าอากาศ
 4. ไม่เกิดระเบิด
 5. ไม่เป็นพิษ ไม่ช่วยในการดำรงชีวิต และเข้าแทนที่ออกซิเจนในอากาศ
 6. ยากที่จะทำการตรวจสอบ เพราะไม่มีการเตือน
- ฉ. แก๊สไฮโดรเจน
1. เกิดขึ้นจากหม้อเบตเตอรี
 2. ช่วงระยะการระเบิดกว้างขวางมาก
 3. 5 ถึง 75 % ในอากาศจะทำให้การระเบิดได้ตลอดเวลาเมื่อถูกกับความร้อน
 4. ไม่เป็นพิษ
 5. เข้าแทนที่ออกซิเจนได้เป็นจำนวนมาก
- ช. ไฮโดรเจนซัลไฟด์
1. เป็นพิษที่ร้ายแรงมาก
 2. ระเบิดได้รวดเร็วมาก
 3. เกิดจากการบูดเน่าของอาหาร, เสื้อผ้า, หนังสัตว์และไม้
 4. มักจะเกิดขึ้นกับเครื่องทำความเย็น ที่เกิดขึ้นในห้องที่มีน้ำท่วม
 5. 4.3 ถึง 46 % ในอากาศจะเกิดการระเบิดจากเปลวไฟหรือไฟอาร์ค
 6. ความเข้มข้นอย่างต่ำ 0.01 % ในอากาศทำให้ตาย ถ้าหายใจเข้าไปเป็นเวลานาน
 7. กลิ่นเหมือนไข่เน่า
 8. อาจใช้จุ่มกมทดสอบ
- ข. เครื่องตรวจสอบแก๊สระเบิดแบบธรรมดา 2 แบบ
1. แบบ MSA Explodent meter & Davis Vapor Tester
 - ก. ใช้ก่อนเครื่องมือตรวจสอบชนิดอื่น
 - ข. ใช้ตรวจแก๊สหลาย ๆ อย่างรวมกัน
 1. ไฮโดรเจน
 2. แก๊สโซลีน

3. ไอรระเหยของเชื้อเพลิง
4. แอลกอฮอล์
5. อะเซทิลีน
6. ไฮโดรเจนซัลไฟด์

ค. ผู้ใช้ควรสวม **O.B.A.** หรือหน้ากากมีท่อเข้าไปในห้องที่ผนึกทึบหรือถัง

2. หลักในการใช้เครื่อง

- ก. เปิดฝาครอบ อ่านคำแนะนำที่ปิดไว้ภายใน
- ข. ยกเค็บบังคับ
- ค. หมุนปุ่ม **Rheostat** ตามเข็มนาฬิกา
- ง. บีบโป่งลูกยางสูบลมอากาศบริสุทธิ์
- จ. แต่งปุ่ม **Rheostat** จนกระทั่งลูกศรไปที่ศูนย์ **ON** (ตามเข็มนาฬิกา ซ้าย ๆ)
- ฉ. ต่อสายสำหรับดูดแก๊สตัวอย่างหากจำเป็น (หย่อนสายลงข้างล่าง หรือนำเครื่องมือไปยังที่บริเวณตัวอย่าง)
- ช. ตั้งลูกศรไปที่ศูนย์อีกครั้งหนึ่ง
- ซ. ดูดแก๊สตัวอย่างเข้าเครื่องมือตรวจ จนกระทั่งปรากฏว่าลูกศรชี้ในตำแหน่งสูงสุด บีบโป่งลูกยางประมาณ 5 ครั้ง (บีบ 2 ครั้ง ทุกความยาวของสายดูด 10 ฟุต)
- ฅ. อ่านลูกศรแสดงความเข้มข้นของ แก๊สหรือไอรระเหยตัวอย่างที่ติด
- ญ. ชำระด้วยอากาศบริสุทธิ์หลังจากการใช้ทุกครั้ง ณ สถานที่ทุกตำแหน่ง
- ฎ. หมุน **Rheostat** กลับทวนเข็มนาฬิกา ไว้ตำแหน่ง **Off** เค็บบังคับจะต้องตกลงที่ช่อง
- ฏ. ปิดฝาครอบ
- ฐ. นำเก็บเข้าที่

3. การอ่านความหมาย

ก. ช่วงระยะการระเบิด **Explosive Range** เมื่อทำการตรวจสอบ และลูกศรเคลื่อนไปอยู่

ใน

ตำแหน่งขวาสุดแล้วหยุดนิ่ง แสดงว่ามีแก๊สระเบิด

- ข. ต่ำกว่า **E.R.** ลูกศรชี้ค้างในตำแหน่งต่ำกว่าขวาสุดของสเกล
- ค. สูงกว่า **E.R.** เข็มเคลื่อนไปตำแหน่งขวาสุดอย่างรวดเร็ว และลดต่ำกว่าศูนย์
- ง. แบตเตอรี่เสื่อม เมื่อลูกศรอยู่ในตำแหน่งต่ำกว่าศูนย์ และไม่สามารถแต่งไปที่ศูนย์ได้ แสดงว่า แบตเตอรี่เสื่อม
- จ. เครื่องตรวจชำรุด หากลูกศรเคลื่อนไปอยู่ตำแหน่งขวาสุด และไม่สามารถแต่งไปที่ศูนย์ได้ แสดงว่า **Filament** ถูกเผาไหม้เสียหายต้องเปลี่ยนใหม่

4. ตะเกียงนิรภัย (Flame Safety Lamp)

- ก. ใช้ในการตรวจสอบออกซิเจนเท่านั้นที่ไม่พอต่อการหายใจ เมื่อคนเข้าไปทำงาน ควรใช้หลังจากการทดสอบด้วยเครื่อง **Exploident Meter** เครื่องตรวจแก๊สพิษอ่านค่าเป็นลบ
- ข. ในห้องที่สงสัยว่าจะมีแก๊สระเบิด หรือไอระเหยที่เกิดอันตรายต้องงดเว้น
- ค. ป้องกันแก๊สออกซิเจนหรือไฮโดรเจนไม่ได้

5. หลักในการใช้

- ก. น้ำมันใช้จุดไส้ตะเกียง
 1. Naphtha
 2. White Unlead Gasoline
 3. Light Fluid
- ข. อย่าใช้แอลกอฮอล์ เพราะจะลุกไหม้ในออกซิเจนที่เหลือน้อยกว่าคนที่อาศัยอยู่ได้
- ค. เปลวไฟจะแสดงว่ามีออกซิเจนหรือขาดออกซิเจน

6. การใช้ตะเกียง

- ก. ตรวจสอบความเรียบร้อย
 1. ตรวจสอบน้ำมัน
 2. ตะแกงลวด
 3. แผ่นกั้นแอสเบสทอส
 4. ทำความสะอาด และความเรียบร้อยโปิ๊ะครอบ
 5. ตรวจสอบห่วงขยายทองแดง
 6. ใส่กุญแจ กวดให้แน่น
- ข. หมุนไส้ตะเกียงขึ้น (ปุ่มอยู่ที่ท้ายตะเกียง)
- ค. ดันปุ่มจุดไส้ตะเกียงขึ้น (ปุ่มอยู่ที่ท้ายตะเกียง)
- ง. หมุนปุ่มแล้วจุด (แล้วดึงลง)
- จ. แต่งเปลวไฟ ปล่อยให้ลูกติดอยู่ประมาณ 5 นาที ดังนั้นเปลวไฟจะอยู่ในอุณหภูมิปกติ แต่งไส้ตะเกียงให้สูงประมาณ 3/8 นิ้ว
- ฉ. การนำเข้าไปตรวจ ถือตะเกียงอยู่ในลักษณะตั้งตรงอยู่ตลอดเวลา เคลื่อนไหวช้า ๆ นำตะเกียงไปทุกส่วนของห้องกั้นน้ำ สังเกตเปลวไฟอยู่ตลอดเวลา
- ช. การดับตะเกียง หมุนไส้ลง เช็ดให้สะอาด แล้วเก็บเข้าที่

7. อาการของเปลวไฟ

- ก. เปลวไฟดับ เกิดจาก ออกซิเจนไม่เพียงพอ (น้อยกว่า 16%)
- ข. เปลวไฟลุกขึ้น พร้อมกับได้ยินเสียงหึ่งเบา ๆ แสดงว่ามีความเข้มข้นของแก๊สหรือไอระเหยที่ระเบิดได้
- ค. เปลวไฟลุกสว่างจ้า แสดงว่ามีความเข้มข้นของแก๊สหรือไอระเหยที่ระเบิดได้น้อย
- ง. เปลวไฟลุกสว่างจ้าแล้วดับ แสดงว่ามีความเข้มข้นของแก๊สหรือไอระเหยที่ระเบิดได้อยู่นาน

32. ความทนทะเล

(Sea Worthiness)

- ก. กรมอุทธร.สหรัฐ ฯ ได้จัดทำหนังสือเกี่ยวกับสภาพการทรงตัวของเรือไว้ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มหรือ ถ่ายน้ำมันออกจากเรือ และที่เกี่ยวกับการทดแทนโมเมนต์ เพื่อรักษากำลังลอยและการทรงตัวของเรือให้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากจะมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก หรือ โมเมนต์ขึ้นกับเรือ เรือสหรัฐ ฯ แต่ละลำจะมีรายการเกี่ยวกับระยะ G หรือ KG ไว้ ตามสภาพที่เรือบรรทุกหรือเรือเดินทางปฏิบัติงานตามปกติ ค่า KG นี้ใช้สำหรับคำนวณหาความเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเรือ
- ข. สำหรับสหรัฐนาวิ เมื่อมีการซ่อมทำดัดแปลงตัวเรือใหม่ จะต้องขออนุมัติพร้อมกับแสดงรายการ น้ำหนัก และโมเมนต์ ที่ทดแทนด้วย (Buships Ins. 4720)
- ค. Buships Ins. 9290.28 ได้กำหนดสถานะภาพ (Status) และ KG ของเรือต่าง ๆ ไว้ (อยู่ใน Enalasure I) ซึ่ง ทร.ไทยพอจะอนุโลมใช้บางรายการได้คือ
1. คำจำกัดความของสถานะภาพต่าง ๆ มีดังนี้
 - ก. Status 1 ยอมให้มีการเพิ่มน้ำหนัก และจุด G เลื่อนสูงขึ้น ได้เพิ่ม KG การเพิ่มน้ำหนัก ซึ่งจะส่งผลไปถึงโมเมนต์ (เนื่องจากการเปลี่ยนน้ำหนัก) ไม่ต้องการการทดแทนใด ๆ ถ้ามีมากเกินไปนัก
 - ข. Status 2 ห้ามเพิ่มน้ำหนักหรือจุด G เลื่อนขึ้น (KG เท่าเดิม)
 - ค. Status 3 ยอมให้เพิ่มน้ำหนักได้ แต่ห้ามเลื่อนจุด G ขึ้น (เพิ่ม KG)
 - ง. Status 4 ยอมให้เพิ่ม KG ได้ แต่ห้ามเพิ่มน้ำหนัก และจะต้องมีการทดแทนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยยกน้ำหนัก (ที่ไม่จำเป็นบางอันออก) ออกเท่ากันหรืออาจมากกว่า โดยจะยกออกจากที่ไหนระดับใดก็ได้
 2. รายการ KG สำหรับใช้คำนวณโมเมนต์ทดแทน หรือคำนวณเรื่องอื่นจะ (เฉพาะที่ควรทราบเกี่ยวกับ ทร.ไทย)

เรือ	Status	KG
APA (128-239)	1	23
DD (692-790)	2	16
LSD (28-35)	1	28
LST (1171-1178)	4	19

ตัวอย่างการคำนวณเกี่ยวกับการเพิ่มลดน้ำหนักและโมเมนต์

1. การคำนวณน้ำหนักและโมเมนต์

เมื่อพิจารณาว่า เมื่อมีการดัดแปลงซ่อมทำเรือจะมีผลต่อกำลังลอยสำรอง (Reserve Buoyancy) และการทรงตัวของเรืออย่างไร น้ำหนักที่เพิ่มทั้งหมดจะลดกำลังลอยสำรองลงและระยะสุทธิตั้งที่ KG เพิ่ม (จุด G เลื่อนขึ้น) จะลดการทรงตัวของเรือลง

ก. การคำนวณน้ำหนัก

- นน.เพิ่มคิดเป็นบวก (+) ลดเป็นลบ (-)
- นน.ที่เคลื่อนย้ายไปวางหรือติดตั้งที่ใหม่ ให้คิดเป็นยกออก (-) จากจุดเดิม แล้วไปใส่ที่จุดใหม่ (+)
- นน.สุทธิที่ได้เป็นผลลัพธ์คือ ผลรวมทางพีชคณิตของน้ำหนักเพิ่มลด

ข. การคำนวณโมเมนต์ทางแนวตั้ง

- มีวิธีคิด 2 วิธี สำหรับหาโมเมนต์ คือ คิรวบเส้นฐาน (Baseline) กับคิดลบจุด G ของเรือ แต่วิธีต้องง่ายและสะดวก
 ๑. ใช้ระยะแขนความพยายาม (Lever) เท่ากับความยาวของเส้นตั้งที่อยู่ระหว่างเส้นนอกที่ผ่าน G กับที่ผ่านน้ำหนัก และให้คิดเครื่องหมายเป็นบวก (+) ถ้าน้ำหนักอยู่สูงกว่า G ลบ (-) เมื่อต่ำกว่า G ใช้เครื่องหมายและทำแบบเดียวกับการคำนวณน้ำหนัก จะได้ผลรวมทางพีชคณิตของโมเมนต์ เป็นโมเมนต์สุทธิรวมจุด G โมเมนต์ได้ค่าเป็นลบ (-) คือโมเมนต์ที่ทำให้การทรงตัวของเรือดีขึ้น และตรงข้ามโมเมนต์ที่ได้ค่าเป็นบวก (+) จะทำให้คุณสมบัติของการทรงตัวลดลงหรือไม่มี

ค. โจทย์ตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักและโมเมนต์

โจทย์ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นเรื่องที่ นายทหาร ปคส. มักจะพบและใช้เสมอเมื่อมีการเข้าอุ้มท่า ดัดแปลงเรือและเป็นโจทย์ที่พอจะถือเป็นแบบอย่างได้

กำหนดให้ เรือลำหนึ่งมีจุด G อยู่สูงกว่ากระดูกงูเรือ 20 ฟุต (KG=๒๐ฟุต) คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มลดน้ำหนัก ดังนี้

น้ำหนัก	น้ำหนักที่เอาออก	น้ำหนักย้ายที่
5 ตัน 35 ฟุต เหนือ K	7 ตัน 30 ฟุต เหนือ K	ย้าย 10 4 ตัน จาก 10 ตัน
3 ตัน 20 ฟุต เหนือ K	1 ตัน 10 ฟุต เหนือ K	เหนือ K ไปไว้ที่ 20 เหนือ
2 ตัน 5 ฟุต เหนือ K		

จากวิธีการคำนวณหาโมเมนต์รอบจุด G ของเรือ จะได้

น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง	ระยะเหนือจุด	โมเมนต์รอบจุด
+ 5 ตัน	+ 15	+ 75 ฟุตตัน
+ 3 ตัน	0	0
+ 2 ตัน	- 15	- 30
- 7 ตัน	+ 10	- 70
- 1 ตัน	- 10	+ 10
- 4 ตัน	- 10	+ 40
+ 4 ตัน	0	0

น้ำหนักที่ +2 เปลี่ยนสุทธิ

โมเมนต์ + 25 ตัน ที่เปลี่ยนแปลงรอบ G

ผลรวม ศูนย์กลางน้ำหนักเท่ากับ 25 = 12.5 ฟุต เหนือ G จากการที่น้ำหนักเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 2 ตัน (+2) ผลรวมของโมเมนต์ + 25 ฟุตตัน ผลที่เกิดขึ้นต่อความทรงตัวของเรือ คือ ลดความทรงตัวของเรือลง

2. ความต้องการทดแทนน้ำหนักและโมเมนต์ ตามตัวอย่างขึ้นอยู่กับ Status ของเรือ

ก. ถ้าเป็น Status 1 คือ ให้น้ำหนักหรือโมเมนต์ เพิ่มได้เล็กน้อย โดยไม่ต้องมีการทดแทน ก็ไม่ต้องทำอะไร

ข. ถ้าเป็น Status 2 อย่างน้อยจะต้องเอาน้ำหนักออกเสีย 2 ตัน เพื่อเป็นการทดแทนจากการที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นมาเป็น 2 ตัน และเพื่อทดแทนโมเมนต์ด้วย น้ำหนักที่เอาออกนั้น จะต้องเอาออกจากที่ ๆ อยู่สูงกว่า G (20 ฟุต ตามโจทย์กำหนด) สมมุติว่า เอาที่ 25 ฟุต น้ำหนักอย่างน้อยที่สุดที่จะต้องเอาออกหาได้จาก

น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง	ระยะจากจุด	โมเมนต์รอบจุด
+ 2 ตัน	+ 12.5 ฟุต	+ 25 ฟุตตัน
- W ตัน	+ 5 ฟุต	- 5 W
น้ำหนักเอาออก 2 - ตัน		25 - 5 W. ฟุต-ตัน

โมเมนต์นี้ต้องการ - 0 - 25 - 5 W

$$5 W = 25$$

$$W = 5 \text{ ตัน}$$

นั่นคือ จะต้องเอาน้ำหนัก 5 ตัน ที่ 25 ฟุต ออกไป

ในการคำนวณหาน้ำหนักที่ต้องเอาออก สำหรับจุดอื่น ๆ ในเรือก็คงคำนวณแบบเดียวกัน ข้อสำคัญคือน้ำหนักที่เอาออกจะต้องอย่างน้อยที่สุดเท่ากับน้ำหนักสุทธิที่เพิ่มขึ้นและจะต้องเอาน้ำหนักที่อยู่เหนือ G ออก เพิ่มมิให้ G สูงขึ้น (KG ยาวขึ้น)

ค. ถ้าเป็น Status 3 น้ำหนักเพิ่มไม่เป็นไร แต่จะต้องทดแทนสำหรับโมเมนต์เพื่อกันมิให้ G เลื่อนขึ้น ถ้าการทดแทนทำได้ไม่พอ (โดยการยกน้ำหนักเหนือ G ออก) ก็ให้เอาน้ำหนักใส่เพิ่มได้จุด G ถ้าตามโจทย์ตัวอย่างเราต้องการทดแทนโมเมนต์โดยการเพิ่ม Solid Balleets สมมุติว่า 4 ฟุตจากกระดูกงู ก็จะคำนวณหาน้ำหนักที่ต้องใส่ได้ ดังนี้

น้ำหนักเพิ่ม	ระยะจากจุด	โมเมนต์รอบจุด
+ 2 ตัน	+ 12.5 ฟุต	+ 25 ฟุต-ตัน
+ W ตัน	- 16 ฟุต	- 16 W ฟุต-ตัน
= 2 + W		= 25 - 16 W

$$\text{โมเมนต์ที่ต้องการ} = 0 = 25 - 16 W$$

$$16 W = 25$$

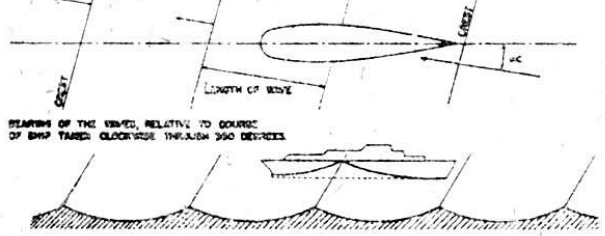
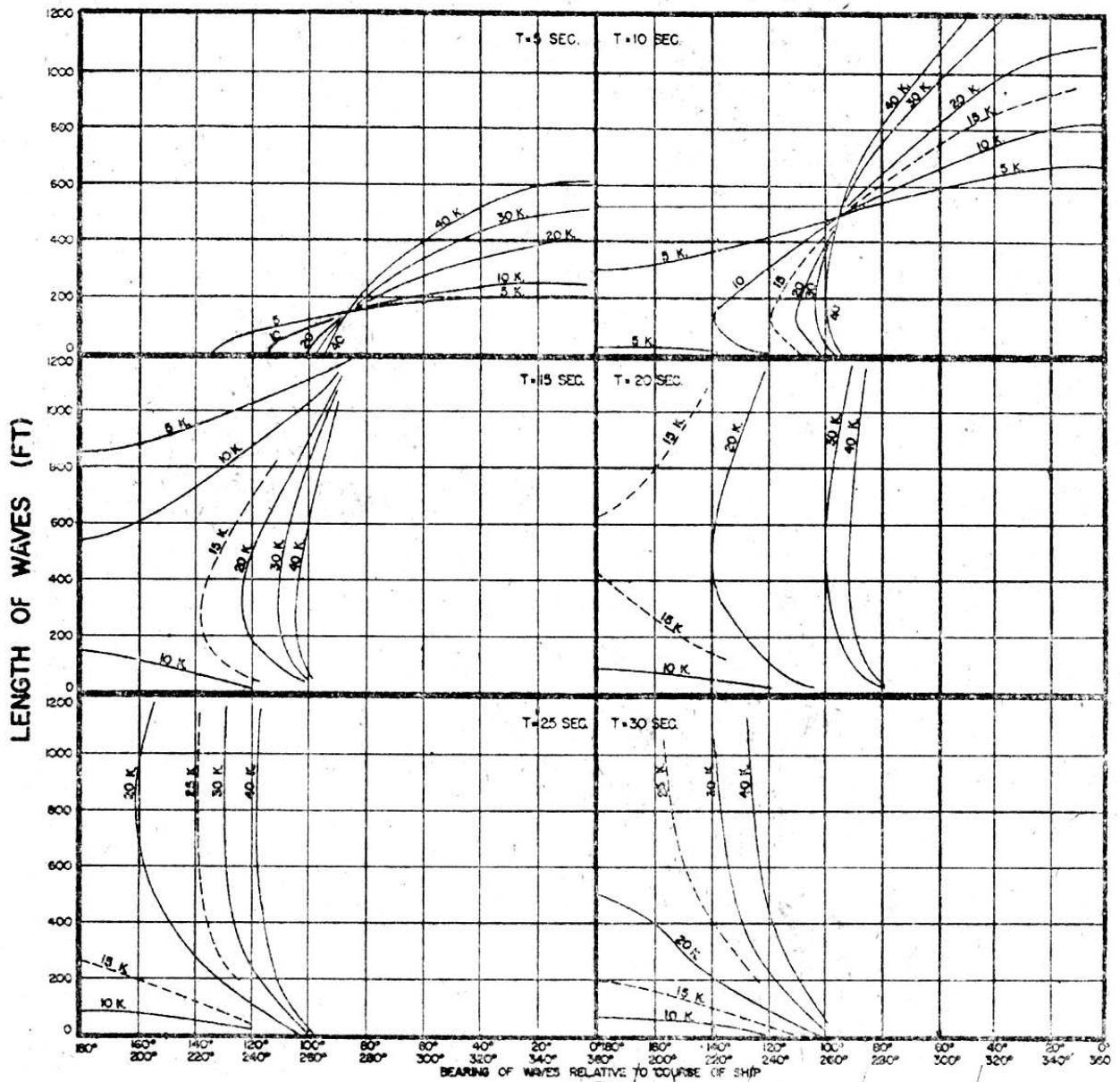
$$W = 1.6 \text{ ตัน}$$

นั่นคือ น้ำหนัก Balleets ที่ต้องการคือ 1.6 ตัน

- ง. ถ้าเป็น Status 4 ซึ่งห้ามเพิ่มน้ำหนัก แต่ยอมให้เลื่อนขึ้น หรือ KG เพิ่มได้ ฉะนั้นตามโจทย์ตัวอย่าง จึงต้องเอาน้ำหนักออกเสีย 2 ตัน ซึ่งจะเอาออกที่ระดับไหนก็ได้ที่พอสำหรับการทดแทนน้ำหนักเพิ่มเท่านั้น โมเมนต์ไม่ต้องคำนึงถึง

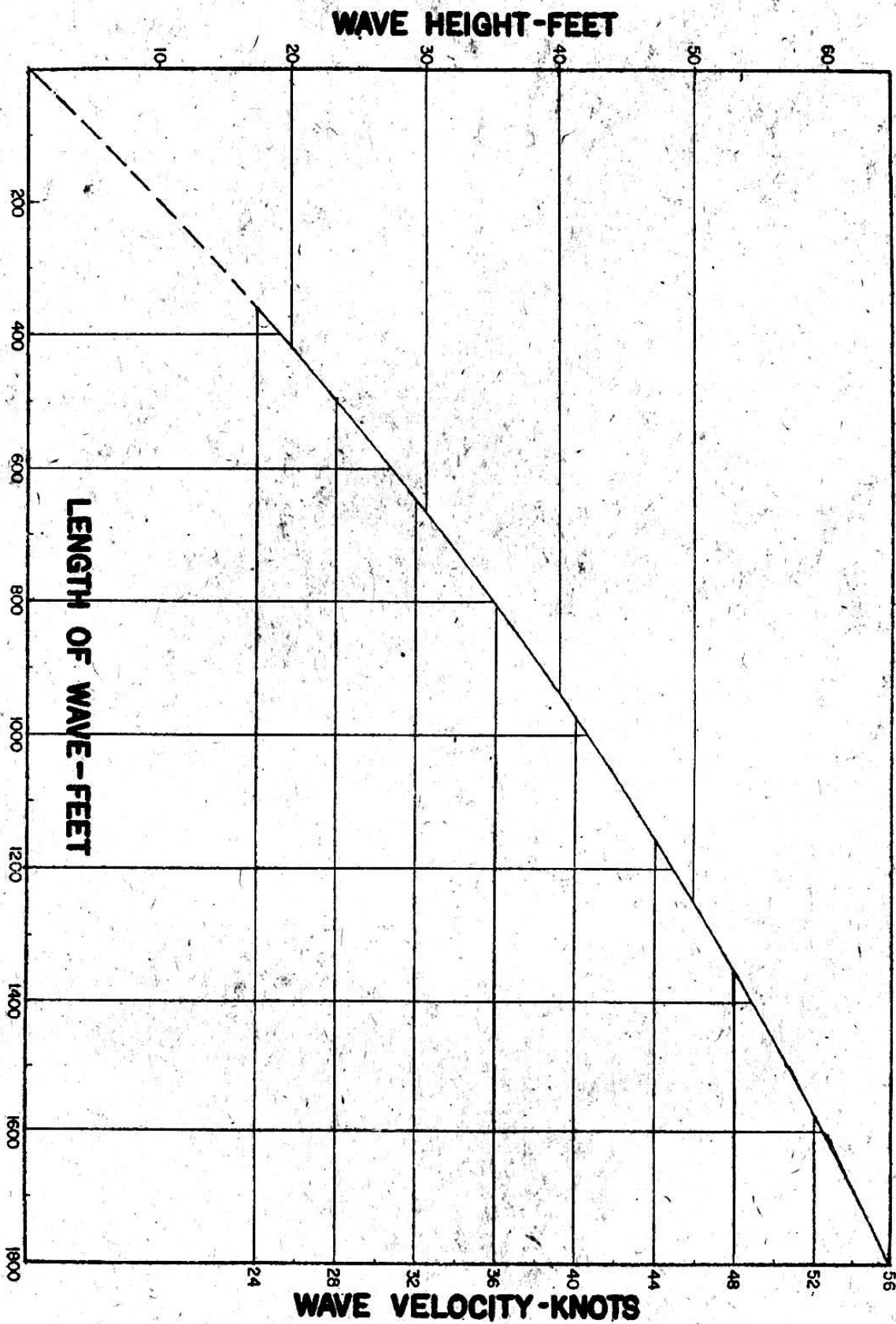
ROLL & PITCH SYNCHRONISM CHART

CORRESPONDING VALUES OF WAVELENGTH, SPEED AND COURSE FOR SYNCHRONOUS ROLLING OR PITCHING



12ND P7290

WAVE LENGTH, HEIGHT AND VELOCITY RELATIONSHIP



33. การประสพอากาศเลว (The Effects of Heavy Weather)

ก. นายทหารป้องกันความเสียหาย จะต้องทราบมาตรการที่จะปฏิบัติต่อเรือของตน เพื่อต่อสู้อากาศเลว ในอันที่จะให้เรือได้รับความปลอดภัยจากอันตรายทุกอย่าง โดยเฉพาะที่จะทำให้เรือเอียง หรือคว่ำ ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับ

- มาตรการที่จะรักษาการทรงตัวของเรือไว้
- มาตรการที่จะลด หรือขจัดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น

ข. ผลที่เรือจะได้รับจากสภาพอากาศเลว

1. Hull Stress กำล้างตัวเรือ

- Hogging และ Sagging
- การบิดตัวของเรือ Torsion
- แรงกระทำภายนอก (Dynamic Force) เช่น คลื่นที่ปะทะกับตัวเรือ หรือ โลมเข้าฟาดเรือ อาจทำให้เกิดการสั่นสะเทือน กระแทกตัวเรือ ฯลฯ

2. คลื่นและลม โดยเฉพาะถ้าเดินเข็มที่จะถูกลมพัดทางข้างเรือ (Beam)

ก. คลื่นและลมที่มาในทิศทางเดียวกัน ถ้าซัดเข้าหาเรือทางข้าง จะทำให้เรือโคลง (Roll) ซึ่งจะเป็นอันตรายมาก ถ้าคาบการโคลงของเรือพอดี หรือ Synchronies กับจังหวะของคลื่น อาจทำให้เอียงมาก ถึงคว่ำ (Capsizes)

ข. พิจารณาคลื่น เฉพาะ 1 ช่วงคลื่น จะมีอัตราส่วนถือเป็นบรรทัดฐานได้ดังนี้

$$\text{อัตราส่วน} \quad H/L = 1/7$$

เมื่อ H เป็นความสูงของคลื่น (จากท้องเรือถึงยอดคลื่น)

L เป็นความยาวระหว่างยอดคลื่น ถึงยอดคลื่นที่ถัดไป

ตามปกติถ้าอัตราส่วนมากกว่า 1 : 7 ทะเลมีคลื่นหัวแตกเสมอ และความสูงของคลื่นจะประมาณเท่ากับ 0.65 ของความเร็วลมเสมอ

ค. ทร.สหรัฐฯ ได้จัดทำแผน (Chart) เพื่อหาเบริงของคลื่นที่จะ Synchronism สมการ โคลงของเรือ

1. Chart แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของคลื่น (Length of Wave) กับความเร็วเรือต่าง ๆ กันตามเส้นโค้ง และต่างกันไปตามแต่จะคาบหรือช่วงเวลาของการโคลง (T) อ่านผลลัพธ์ออกเป็นทิศที่คลื่นจะเข้าหาเรือ (Bearing of Wave Relative to Course of Ship)

2. ด้านการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Wave Length, Height & Velocity

ก. จากความสูงของคลื่นที่สังเกตเห็นหรือประมาณได้จากที่เห็นเมื่อมาเขียนเส้นตัดกับเส้นโค้ง ก็จะได้ความยาวของคลื่นเป็นฟุต

ข. ความยาวของคลื่นที่ได้นี้ สำหรับใช้ในการอ่าน Chart

ง. คาบหรือช่วงเวลา การโคลงของเรือหาได้จากสูตร

$$GM = C^2 B^2 / T^2$$

หรือ $T = C.B./GM$

เมื่อ $C =$ ค่า Constant

$$= 0.44 \text{ สำหรับเรือผิวน้ำทั่ว ๆ ไป}$$

$$B = \text{ความกว้างของเรือ}$$

ค. โจทย์ตัวอย่าง

ในวันที่ 15 มีนาคม 07 ขณะที่ ร.ล.พาลี กำลังเดินทางอยู่ในระหว่างไปซ่อมทำที่เกาะกวม เมื่อออกจาก อ่าวชูปิค มาได้ 7 ชั่วโมง เข้ม 150° ได้ประสพกับสภาพอากาศเลว ท่านเป็นนายทหาร ปคส. สังเกตเห็นว่า เรือถูกคลื่นปะทะข้างเรือค่อนข้างแรงนำเป็นอันตราย ท่านประมาณได้ว่าขณะนี้คลื่นสูงราว 32 ถึง 38 ฟุต ความเร็วเรือทำได้ขณะนั้น 10 น็อต คาบการโคลงของเรือ 15 วินาที ลมมาทางทิศ 290° ผบ.เรือถามท่านว่า ถ้าจะไปเข็มเดิมต่อไปเรือจะเป็นอันตรายจาก Synchronous Roll หรือไม่ ท่านจะให้คำแนะนำเพิ่มเติมอย่างไร

วิธีทำ 1. จาก Chart ความสัมพันธ์ระหว่าง Wave Height กับ Length of Wave

$$\text{Wave Height} = 32 \text{ ถึง } 38$$

อ่าน Length of Wave ได้ 700 ถึง 900 ฟุต

2. จาก Roll & Pitch. Synchronism Chart ดูที่คาบการโคลง

$$T = 15 \text{ วินาที}$$

เส้นโค้งความเร็ว 10 น็อต และความยาวคลื่นจาก 1. 70 ถึง 900 ฟุต จะอ่านแบร็งที่สัมพันธ์กับเข็มเรือได้ 140° , 220° , และ 110° , 250°

3. เข้มเรือ 150° จาก 2. แสดงว่าคลื่นมาในแบร็งสัมพันธ์ 110° ถึง 140° หรือ 220° ถึง 250° เรือจะเป็นอันตรายจาก Synchronous Roll ได้จากแบร็ง 140° สัมพันธ์เข็มเรือ

150° จริง จะเป็นแบร็งจริงของคลื่น ที่จะทำให้เกิด Synchronous Roll เท่ากับ

$$140^\circ + 150^\circ = 290^\circ$$

ฉะนั้นลมมาจากทิศ 290° จริง ก็แสดงว่า เรือที่เดินเข็ม 150° ยังพอจะปลอดภัยจาก Synchronous Roll แต่ควรจะแนะนำ ผบ.เรือ เพื่อความปลอดภัยควรถือเข็มหลบไปทางซ้าย คือให้น้อยกว่า 150° เล็กน้อย เพื่อหลบ Synchronous Roll เพราะเป็น 150° นั้น เกือบ ๆ จะเข้า Synchronous Roll อยู่

ง. การเตรียมการเพื่อรับอากาศเหลว

1. สูบน้ำที่องเรือออกให้หมด และสูบน้ำใส่ถังทุกถังให้เต็มเพื่อลด Free Surface จัดการถ่วงถ่วง Ballast ตามที่ ผบ.เรือ จะสั่งการ
2. จัดการเก็บผูกมัดบรรดาลิ่งของ หรือพวกที่เคลื่อนไหวได้ที่อยู่บนดาดฟ้าชั้นบน ๆ หรือถ้าทำได้ก็ให้เคลื่อนย้ายลงไปที่ ๆ อยู่ต่ำ (ใต้จุด G)
3. จัดยามตรวจหยั่งน้ำมันตามถังบรรจุ หรือถังว่าง เพื่อจะได้ตรวจสอบรู้ทันทีเมื่อเกิดรั่วขึ้น เตรียมการสูบน้ำถังว่างไว้
4. เตรียมการทิ้งของ เพื่อรักษาสมดุลย์ของเรือตามรายการในบัตรที่ได้กะไว้ล่วงหน้า

อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นการเพิ่มเติมในการรักษาการทรงตัวของเรือ นายทหาร ปคส. ร่วมกับ ตก.เรือ และนายภาคทุกภาค ควรจะได้ร่วมมือกันรับผิดชอบในเรื่องเกี่ยวกับความสมบูรณ์ของการผืนน้ำ ซึ่งควรมีการเตรียมการบางอย่างดังนี้

1. ตั้งเตรียมเรือ ตามขั้นการเตรียมเรือ (Material Condition) ที่เหมาะสม
2. จัดการปิดทางระบาย และช่องปิด-เปิด ที่อยู่เหนือดาดฟ้าเปิดทั้งหมด เพื่อกันน้ำเข้าเรือ
3. จัดการผูกยึดของเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่อาจกระเด็นกระจัดกระจาย เป็นอันตรายต่อคนหรืออุปกรณ์ได้

34. การฝึกและการศึกษาในเรือ (Shipboard Training and Education)

การฝึกหัดศึกษาของคนประจำเรืออยู่ในความรับผิดชอบของนายทหารทุกคนในเรือ คนประจำเรือจะมีบุคลิกและคุณภาพดีที่สุดในที่สุด จะต้องได้รับการชี้แจงให้ถูกเรื่องว่า “อย่างไร และทำไม” (How & Way) จะต้องทำเช่นนี้เช่นนั้น การฝึกหัดและศึกษาซึ่งเป็นของควบคู่กัน และการดำเนินการอย่างถูกต้องตามแบบแผนเท่านั้นที่จะเป็นเครื่องมือ (Tools) จัดหาคำตอบให้ ฉะนั้นการจัดระบบงานและวิธีการดำเนินการสำหรับการฝึกหัดและศึกษาตลอดจนหัวข้อการฝึก และการเตรียมการนั้นจะต้องกระทำทุกครั้งในระหว่างการฝึกภาคองค์บุคคล (Refresher Training)

ก. องค์ประกอบ (Factors) ที่จะทำให้การฝึกได้ผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คือ

1. ในการปฏิบัติการฝึกให้ได้ผลลุล่วงไปด้วยดีนั้น มีองค์ประกอบอยู่ 3 ประการ คือ

ก. ขวัญ และกำลังใจ (Morals)

ข. การเก็บระวางรักษาวัสดุ (Maintenance of Material)

ค. การฝึกหัด (Training)

2. การเก็บระวางรักษาวัสดุ และการฝึกหัดนั้นมีความสำคัญเท่า ๆ กัน ในการที่จะทำให้เรืออยู่ในสภาพที่พร้อมอยู่เสมอ เว้นแต่รู้สึกคล้ายกับการฝึกหัดมีความจำเป็นมากกว่าการที่จะมีเครื่องมือเครื่องใช้สมบูรณ์

3. การฝึกหัดในเรือจะทำให้นายทหารในเรือเกิดความคิดใหม่ ๆ และก่อให้เกิดความสนใจและเป็นที่น่าสนใจแก่ผู้บังคับบัญชา

4. ขวัญและกำลังใจ จะดีขึ้น ได้ประการหนึ่งก็คือผู้เข้ารับการฝึกทุกคนมีความสนใจและต้องการขวนขวายหาความรู้

ข. นโยบายและการจัดระบบงานการฝึกหัดของกองเรือ

1. ระดับผู้บังคับการกองเรือยุทธการ

ก. การฝึกหัดศึกษาของเรือต่างๆ ในกองเรือยุทธการอยู่ในความรับผิดชอบดูแลและควบคุมของ ผู้บัญชาการกองเรือยุทธการ

ข. ผู้บัญชาการกองเรือยุทธการฝึกหัดศึกษาทหาร โดยมอบความรับผิดชอบต่อไปยังผู้บังคับการกองเรือต่าง ๆ

2. ระดับผู้บังคับการกองเรือต่าง ๆ (Type Commanders)

ผู้บังคับการกองเรือต่างๆ ภายใต้การบังคับบัญชาของผู้บัญชาการกองเรือยุทธการ มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการฝึกหัดศึกษาดังต่อไปนี้

ก. จัดระเบียบงานและควบคุมเรือทุกลำที่อยู่ในบังคับบัญชา ให้ทำการฝึกหัดเป็นไปตามตารางการฝึกหัดที่ตนกำหนด

ข. ประเมินผลการฝึกของเรือรวมทุกลำที่อยู่ในการบังคับบัญชา

ค. ประเมินค่าการฝึกของเรือแต่ละลำที่อยู่ในการบังคับบัญชา

ง. ทำการกำหนดหัวข้อการฝึก และวางมาตรฐานต่ำกว่า ของการฝึกไว้เป็นแนวปฏิบัติ

2. คุณสมบัติของการฝึกที่ได้ผล
 - ก. เพื่อให้การฝึกได้ผลดี จึงต้องเอาใจใส่ในเรื่อง หัวข้อการฝึก และการดำเนินการฝึกต้องมีการเคลื่อนไหว และรุดหน้า เป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนดสม่ำเสมอ การเอาใจใส่ของผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ จะทำให้การฝึกฝนตนเองของแต่ละคนได้ผลก้าวหน้า
 - ข. ตารางผลการฝึกต้องประกอบด้วย ความมุ่งหมายของการฝึกหัด การจัดระบบงานสำหรับการฝึก และตารางการฝึก
3. การจัดระบบงานสำหรับการฝึกและการฝึกในเรือ
 - ก. หัวหน้าฝึก (Training Officer) ผบ.เรือ จะกำหนดนายทหารคนหนึ่งให้ทำหน้าที่เป็นหัวหน้าการฝึก (Training Officer) เพื่อทำหน้าที่ช่วยเหลือต้นเรือในการฝึกหัดในเรือ ฉะนั้นนายทหารผู้นี้ควรมียศและตำแหน่งสูงพอสมควรที่จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของตน
 - ข. คณะกรรมการวางแผนฝึก (The Planning Board for Training) คณะกรรมการดังกล่าวประกอบด้วยต้นเรือ เป็นประธานโดยตำแหน่ง กรรมการอื่น ๆ ประกอบด้วยหัวหน้าแผนกต่าง ๆ และหัวหน้าฝึก คณะกรรมการมีหน้าที่ดังนี้
 1. ให้ข้อเสนอแนะแก่ผู้บังคับบัญชาระดับสูง ในการกำหนดนโยบายแผนการฝึก
 2. วางรากฐานแผนการฝึก
 3. ทบทวนการฝึกที่ผ่านมาแล้ว
 4. วางรากฐานหลักสูตรสำหรับนายทหารสัญญาบัตร และสำหรับชั้นประทวน
4. การจัดแผนการฝึกและศึกษา (Scheduling)
 - ก. แผนระยะยาว (Long Range Training Schedule) แผนการฝึกหัดระยะยาวสำคัญที่สุด เพราะกำหนดระหว่างเรือเข้าอู่ซ่อมใหญ่ (Training Cycle-Between Overhauls Period) และการฝึกภาคประจำปี (Fiscal Year) ซึ่งรวมถึงการฝึกเป็นรายบุคคล และฝึกรวมติดต่อกันไปทั้งในเรือและหลักสูตรต่าง ๆ บนบก แผนการฝึกหัดระยะยาวนี้ยังใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการจัดทำแผนการฝึกระยะสั้นอีกด้วย
 - ข. แผนการฝึกทุก ๆ 3 เดือน (Quarterly Forecast) อ้างอิงจากแผนการฝึกระยะยาว (Long Range Training Schedule) มีรายละเอียดและส่วนปลีกย่อยสำหรับแผนการฝึกประจำภาค (3 เดือน) ซึ่งพิจารณาจากแผนการฝึกประจำภาคของเรือ และจัดให้มีการฝึกหัด การทบทวน และมีการบรรยายในห้องเรียนด้วย
 - ค. แผนการฝึกประจำสัปดาห์และประจำวัน (Weekly and Daily Training Directives) เป็นส่วนที่ทำให้แผนการฝึกประจำภาค (Quarterly) สมบูรณ์ และรวมทั้งรายละเอียดปลีกย่อยขั้นสุดท้ายต่าง ๆ คือ
 1. ชื่อผู้ทำการฝึกหัด
 2. สถานที่
 3. หัวข้อวิชา และวิชาสำรองที่อาจมีการเปลี่ยนแปลง
 4. เวลาที่ใช้ทำการฝึก
 5. รายละเอียดอื่น ๆ ตามความเหมาะสม

5. การเตรียมตารางการฝึก (Applications of Program)

ก. องค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการฝึกในเรื่อง คือ

1. ชนิดของครูและนักเรียน (Instructor-Student Type)
2. ชั้นเรียน (Classes)
3. การปฏิบัติงานฝึก (On The Job)
4. ขณะเข้ายามหรือประจำสถานี (On Watch or Duty Station)

สำหรับครูผู้ฝึกต้องเป็นผู้มีความรู้ในวิชานั้นอย่างแตกฉาน และมีความสามารถในการถ่ายทอดด้วย จึงต้องควรเลือกครูผู้ฝึกสอนที่มีคุณสมบัติดังกล่าวแล้วอย่างเข้มงวด นอกจากนี้ยังควรเป็นผู้มีความสนใจเหล่านักเรียน และเสียงดังพอสมควร

ข. การสอนมีอยู่ 5 วิธี คือ

1. การสอนแบบบรรยาย (Lecture)
2. การสอนแบบปรึกษาหารือ (Conference)
3. การสอนแบบสาธิต (Demonstration)
4. การสอนแบบครู-นักเรียน (Coach and Pupil)
5. การสอนแบบฝึกพร้อมกัน (Group Performance)

ค. การฝึกทบทวนเพื่อให้เกิดความชำนาญ (Skill Training) มี 4 ชั้น

1. ครูบอกและทำไปด้วย (Instructor Tells and Does)
2. นักเรียนบอกครูทำ (Trainee Tells Instructor Does)
3. นักเรียนบอกและทำไปด้วย (Trainee Tells and Does)
4. นักเรียนภายใต้คำแนะนำ (Trainee Does Under Supervision)

6. การทำสถิติและรายงาน (Records and Reports)

ก. เพื่อแสดงให้นายทหารที่มีหน้าที่รับผิดชอบได้ทราบว่าการฝึกได้ดำเนินไปมากน้อยเพียงใด และยังเหลือการฝึกอยู่เท่าใด สถิตินี้ไม่ใช่เป็นการแสดงปัญหาอุปสรรค หากแต่เป็นการชี้ให้เห็นว่าการฝึกแต่ละหัวข้อ แต่ละคนต้องการปฏิบัติซ้ำเพียงใดและใช้เวลาเพิ่มขึ้นอีกเท่าใด ระบบนี้เพื่อแสดงให้หัวหน้าแผนกต่าง ๆ ในเรือรักษาสถิติการฝึกของคนในบังคับบัญชาไว้ โดยพยายามจดเวลาในการฝึกให้น้อยลงไปเรื่อย ๆ

ข. เรือแต่ละลำต้องทำรายงานการฝึกภายใต้ความรับผิดชอบของผู้บังคับบัญชา ความมุ่งหมายในการทำรายงานการฝึก ก็เพื่อเป็นการแจ้งให้ผู้บังคับบัญชาให้ทราบถึงสภาวะการณ์ของการฝึกของเรือคนตลอดจนเพื่อเป็นการวิจยหาข้อเท็จจริงในการฝึกอีกด้วย

ค. เอกสารอุเทศที่ใช้เป็นแนวการศึกษาในเรือ

1. Education and Training, Navpers 10827
2. Shipboard Training Manual, Navpers 90110
3. Exp-3 (B)
4. NWP-50 Series.