การประเมินตำแหน่งวิกฤตของการชนกันของเรือเร็วด้วยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์
Critical Point Evaluation of Speed Boat Collision using Finite Element Models

เกริกขจร ถนัดรบ[1,2] และ ชาคริต สุวรรณจำรัส[1,2]*

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 25/25 ถ.พุทธมณฑลสาย 4 ต. ศาลายา อ. พุทธมณฑล จ. นครปฐม 73170
[2] ห้องปฏิบัติการกลศาสตร์เชิงคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 25/25 ถ.พุทธมณฑลสาย 4 ต. ศาลายา อ. พุทธมณฑล จ. นครปฐม 73170
*ติดต่อ: อีเมล์ chakrit.suv@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

เรือเร็ว (Speed Boat) นิยมใช้ขนส่งนักท่องเที่ยวระหว่างชายฝั่งพัทยาและเกาะล้าน เรือเร็วที่บรรทุกผู้โดยสารเมื่อถูกเรือเร็วพุ่งเข้าชนจนทะลุเป็นเหตุให้ผู้โดยสารบาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้ โครงสร้างเรือเร็วบรรทุกผู้โดยสารต้องไม่ถูกชนทะลุโดยง่ายจึงจะสามารถป้องกันชีวิตผู้โดยสารได้ ด้วยเหตุนี้การศึกษาการชนกันของเรือเร็วจึงมีความจำเป็นเพื่อใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างของเรือเร็ว งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์การชนกันของเรือเร็วสองลำ เรือเร็วลำหนึ่งจะพุ่งเข้าชนตั้งฉากกับเรือเร็วอีกลำที่จอดหยุดนิ่ง แบบจำลองของเรือเร็วทั้งสองลำจะถูกจำลองด้วยซอฟต์แวร์ CAD (Solid Works) ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของการชนเชิงสัมผัส (Contact-Impact) ได้ถูกนำมาประยุกต์เพื่อวิเคราะห์การชนกันของเรือเร็วด้วยการใช้ซอฟต์แวร์ MSC.Dytran ข้อจำกัดการแตกหักของวัสดุที่ใช้สร้างเรือเร็วได้ถูกนำมาประยุกต์กับแบบจำลองวัสดุไอโซทรอปิกเพื่อศึกษาการทะลุของโครงสร้างเรือเร็วจากการถูกชน ค่าพลังงานความเครียดรวมของโครงสร้างเรือจากการถูกชนที่ตำแหน่งต่างๆ ได้ถูกนำมาพล็อตกราฟเพื่อระบุตำแหน่งวิกฤตซึ่งเกิดอันตรายแก่ผู้โดยสารมากที่สุด ตำแหน่งวิกฤตที่ได้จากการศึกษาในงานวิจัยนี้จะถูกนำไปใช้ปรับปรุงโครงสร้างของเรือเร็วให้แข็งแรงเพิ่มขึ้นต่อไปในอนาคต

คำหลัก: วิกฤต การประเมิน เรือเร็ว การชน ไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

Speed boats are preferred to transfer tourists between Pattaya coast and Koh–Larn island. The speed boat which was loaded passengers was pierced by the striking speed boat cause of injury or fatal passengers. The structure of struck speed boats must not be easily penetrated; therefore, it can protect the passenger life. Consequently, the study of speed boat collision is necessary to use for improving the speed boat structure. This research had analyzed the collision of two speed boats. The striking speed boat was normal to crush the struck speed boat. Both of speed boats were modeled by the CAD software–SolidWorks. The finite element method based on the contact–impact was applied for analysis of the speed boats collision using MSC.Dytran software. The failure limit of material which used to build speed boats was applied with isotropic model to study the penetration of speed boat structure from collision. The total strain energy by crashing any point of the struck speed boat was plotted graphs to specify the critical point which was the most dangerous for the passenger. The

critical point which obtains from this study will be used to increase strength of the speed boat structure in the future work.

Keywords: Critical, Evaluation, Speed Boat, Collision, Finite Element.

1. บทนำ

เมืองพัทยาซึ่งอยู่ใน จังหวัดชลบุรี เป็นเมืองชายฝั่งทะเลที่มีปริมาณการจราจรทางน้ำหนาแน่นตลอดทั้งปี เรือเร็วเป็นยานพาหนะทางน้ำที่นิยมใช้สำหรับขนส่งผู้โดยสารระหว่างอ่าวพัทยาและเกาะล้าน เนื่องจากปริมาณเรือเร็วมีจำนวนมากการชนกันของเรือเร็วจึงมีเกิดขึ้นบ่อยครั้ง [1] ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและชีวิตของผู้โดยสารเรือเร็ว การออกแบบและต่อเรือเร็วในประเทศไม่มีการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างของเรือต่อการชนและไม่มีข้อกำหนด เพื่อควบคุมการต่อเรือเร็วที่มีความปลอดภัย คอมพิวเตอร์ช่วยงานวิศวกรรม (Computer-Aided Engineering) หรือ CAE โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ได้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างของเรือจากการถูกชนซึ่งมีอันตรายและไม่สามารถทดสอบได้จริง Liu และ Soares [2] ได้นำเสนอการวิเคราะห์อย่างง่าย (A Simplified Analytical Method) เพื่อวิเคราะห์การรองรับพลังงานของโครงสร้างเรือแบบผนังสองชั้น ความถูกต้องของวิธีที่นำเสนอได้นำไปเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้ตรวจสอบความถูกต้องกับการทดลองโดยย่อส่วนโครงสร้างจริง Servis และ Samuelides [3] ได้สร้างแบบจำลองการชนของชิ้นส่วนเรือด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของการชนกันของเรือเร็วที่สามารถทำนายเหตุการณ์ชนกันได้อย่างแม่นยำ จึงได้มีการวิเคราะห์ชนิดของเอลิเมนต์ ผลกระทบของน้ำและแบบจำลองวัสดุที่นำมาใช้สร้างแบบจำลอง Ozguc และ คณะ [4] ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการชนกันของเรือ Drucker และ คณะ [5] ได้จำลองการชนของโดรนใต้น้ำ (Underwater Glider) กับผนังของเรือเร็ว มุมและความเร็วของการชนจะทำให้ผนังเรือเกิดความเสียหาย ซึ่งสามารถจำลองความเสียหายได้ Julien และ คณะ [6] ได้วิเคราะห์โครงสร้างของเปลือกเรือที่เหมาะสมในการรับแรงกระแทกจากผิวน้ำขณะแล่นเรือด้วยความเร็วสูง วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างของไหลและโครงสร้าง (Fluid-Structure Interaction) ได้ถูกนำมาใช้กับการวิเคราะห์ดังกล่าว งานวิจัยที่ได้ตรวจสอบเอกสารมีการใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์การชนของเรือโดยส่วนมากแล้วจะเป็นเรือเหล็กที่มีขนาดใหญ่ การวิเคราะห์การชนกันของเรือเร็วยังไม่มีทฤษฎีรองรับการออกแบบโครงสร้างเรือเร็วที่มีความแข็งแรงต่อการชน

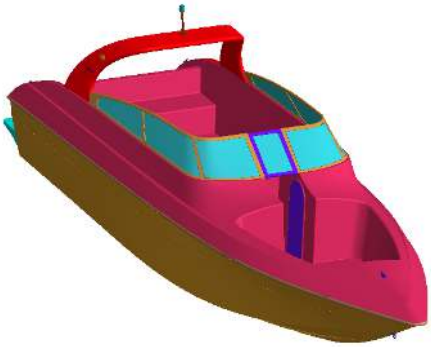
งานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์วิเคราะห์การชนกันของเรือไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) จุดที่ได้รับความเสียหายจากการชนจะถูกแสดงด้วยผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์และถูกนำไปปรับปรุง โดยสร้างบริเวณดังกล่าวให้สามารถป้องกันความรุนแรงจากการชนที่มีต่อผู้โดยสารได้ต่อไป

2. แบบจำลองเรือเร็ว

เรือเร็วที่นิยมใช้งานในเมืองพัทยา สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามวัสดุที่ใช้ในการต่อเรือ ได้แก่ เรือเร็วที่มีโครงสร้างเป็นไฟเบอร์กลาส และเรือเร็วที่มีโครงสร้างเป็นไม้ ในปัจจุบันไม้มีราคาที่สูงมากขึ้น จึงทำให้เรือเร็วที่มีโครงสร้างเป็นไม้มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่เรือเร็วที่มีโครงสร้างเป็นไฟเบอร์กลาสซึ่งมีราคาวัสดุถูกกว่าไม้มีแนวโน้มมากขึ้น งานวิจัยนี้ได้ประเมินตำแหน่งวิกฤตจากการชนกันของเรือเร็วไฟเบอร์กลาส เรือที่นำมาวิเคราะห์จะเป็นเรือเร็วรุ่น SB369 ของบริษัท ซีทโบ๊ตจำกัด (รูปที่ 1) ซึ่งมีขนาด 2 เครื่องยนต์ สามารถบรรทุกผู้โดยสารได้ไม่เกิน 16 คน ตัวเรือมีขนาดความยาว 11.25 เมตร ความกว้าง 1.38 เมตร และความสูง 2.77 เมตร

ตามลำดับ โครงสร้างของเรือเร็วจะถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลองพื้นผิว (Surface Model) 3 มิติ โดยใช้ซอฟต์แวร์ CAD แบบจำลองพื้นผิวของเรือเร็วได้ถูกตัดชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นต่อการวิเคราะห์การชนออกซึ่งได้แก่ เบาะนั่ง แผงควบคุม และ เครื่องยนต์ เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Model) แบบจำลองพื้นผิว 3 มิติ ของเรือเร็วซึ่งถูกดัดแปลงให้เหมาะสมแสดงในรูปที่ 2 โดยแบบจำลอง 3 มิติ ของเรือเร็วนี้จะถูกนำไปสร้างเป็นแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ต่อไป

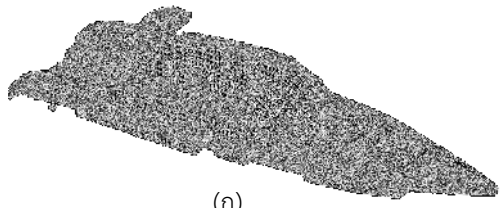
รูปที่ 1 เรือเร็วไฟเบอร์กลาส รุ่น SB369 ของบริษัท ซีท โบ๊ต จำกัด



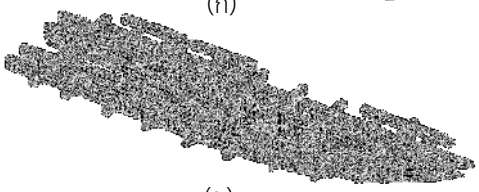
รูปที่ 2 แบบจำลอง 3 มิติ ของเรือเร็ว

3. แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของเรือเร็ว

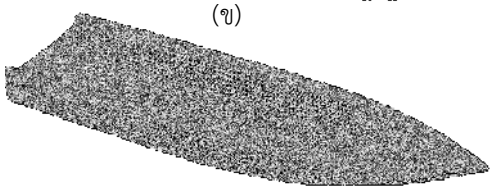
แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของเรือเร็วถูกสร้างโดยใช้ซอฟต์แวร์ MSC.Patran โดยแบ่งเป็นสามชิ้นส่วนประกอบด้วย ดาดฟ้าเรือ (Deck) โครงเรือ (Frame) และเปลือกเรือ (Hull) ตามลำดับ ชิ้นส่วนทั้งสามได้ประกอบขึ้นจากเอลิเมนต์ 2 มิติ ชนิดสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม แสดงในรูปที่ 3 โดยมีจำนวนของเอลิเมนต์แต่ละชนิดแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของชิ้นส่วนเรือจะถูกนำมาประกอบรวมกันเพื่อ



(ก)

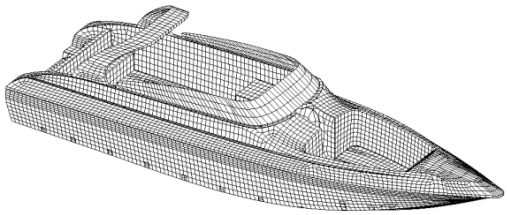


(ข)



(ค)

รูปที่ 3 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของชิ้นส่วนเรือเร็ว ประกอบด้วย (ก) ดาดฟ้าเรือ (ข) โครงเรือ และ (ค) เปลือกเรือ



รูปที่ 4 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของเรือเร็ว

ตารางที่ 1 แสดงชนิดและจำนวนเอลิเมนต์ของแบบจำลองเรือเร็ว

ชิ้นส่วน	เอลิเมนต์ สามเหลี่ยม	เอลิเมนต์ สี่เหลี่ยม
ดาดฟ้าเรือ	208	8,848
โครงเรือ	64	3,800
เปลือกเรือ	130	7,508

สร้างเป็นแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของเรือเร็วแสดงได้ในรูปที่ 4 ความหนาของเอลิเมนต์ถูกกำหนดเท่ากับ 8 มิลลิเมตร การวิเคราะห์การชนกันของเรือใช้ซอฟต์แวร์ MSC.Dytran ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์วิเคราะห์แบบชัดแจ้งของพลศาสตร์ไม่คงที่กับเวลา (Explicit Transient Dynamic) ผลของการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์จะถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงเรือเร็วให้มีความแข็งแรง และสามารถป้องกันผู้โดยสารขณะเกิดอุบัติเหตุได้ต่อไป

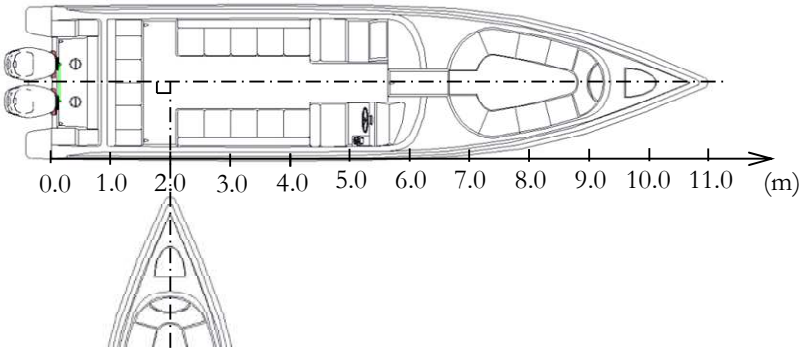
4. แบบจำลองวัสดุไฟเบอร์กลาส

แผ่นวัสดุที่ใช้สร้างเรือเร็วมีขนาด 600 x 600 มิลลิเมตร มีความหนา 8 มิลลิเมตร และมีความหนาแน่นเท่ากับ 1,288.01 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ได้ถูกนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกลของวัสดุโดยใช้มาตรฐานการทดสอบ ASTM D790 [7] เนื่องจากแผ่นวัสดุเป็นวัสดุผสม (Composite Material) ที่มีการเสริมแรงด้วยไฟ-เบอร์กลาส ทำให้มีคุณสมบัติเชิงกลในแต่ละแนวแกนไม่เท่ากัน ชิ้นทดสอบ (Specimen) ขนาดความกว้าง 30 มิลลิเมตร ความยาว 144 มิลลิเมตร และความหนา 8 มิลลิเมตร ถูกตัดออกจากแผ่นวัสดุตามแนวแกนซึ่งทำมุม 0, 45 และ 90 องศา เพื่อนำมาทำการทดสอบ การทดสอบดัดโค้งแบบสามจุด (Three Points Bending) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D790 ถูกใช้เพื่อหาค่าคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ ค่าคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่หาได้ประกอบด้วยค่ามอดูลัสของยัง (Young's Modulus) ในแนวนอน (E_{11}) ค่ามอดูลัสของยังในแนวตั้ง (E_{22}) ค่ามอดูลัสของยังในแนวเฉียง (E_{12} หรือ E_{21}) อัตราส่วนปัวซอง (ν) ค่าความเค้นล้มเหลว (Failure Stress) ในแนวนอน ค่าความเค้นล้มเหลวในแนวตั้ง และค่าความเค้นล้มเหลวในแนวเฉียง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5,078.8 เมกะปาสคาล, 5,042.00 เมกะปาสคาล, 5,302.48 เมกะปาสคาล, 0.25, 80.10 เมกะปาสคาล, 67.96 เมกะปาสคาล, และ 92.86 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

แบบจำลองวัสดุเหมือนกันทุกทิศทาง (Isotropic Material Model) ถูกใช้กับวัสดุไฟเบอร์กลาสเนื่องจากอัตราส่วนระหว่างค่ามอดูลัสของยังในแนวนอน (E_{11}) และค่ามอดูลัสของยังในแนวตั้ง (E_{22}) มีค่าเท่ากับ 1.01 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองวัสดุทำได้โดยใช้การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของการทดสอบการปล่อยน้ำหนักตกกระแทก (Drop Weight Impact Test) ซึ่งกำหนดให้แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของแผ่นไฟเบอร์กลาสมีค่ามอดูลัสของยังเท่ากับ 5,042.00 เมกะปาสคาล ผลของการจำลองถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจริง พบว่าการจำลองโดยใช้แบบจำลองวัสดุเหมือนกันทุกทิศทาง มีพฤติกรรมการกระดอนของลูกเหล็กใกล้เคียงกับพฤติกรรมวัสดุของเรือเร็วที่นำมาทดสอบปล่อยลูกเหล็กตกกระแทก [8] ดังนั้นแบบจำลองวัสดุเหมือนกันทุกทิศทางจึงสามารถใช้จำลองวัสดุเรือเร็วในสภาวะการชนกันเพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างและจุดวิกฤตของการชนกันได้

5. เงื่อนไขขอบเขตการชนกันของเรือเร็ว

เรือเร็วสองลำที่มีโครงสร้างเหมือนกันจะถูกนำมาจำลองการชนกัน น้ำหนักของชิ้นส่วนเรือจริงซึ่งถูกตัด



รูปที่ 5 ตำแหน่งของการชนกันของเรือเร็วสองลำ

ออกได้ถูกโดดเดี่ยวจนเรือมีน้ำหนักเท่ากับเรือเร็วจริง เรือลำที่ถูกพุ่งชนจะอยู่นิ่งกับที่ในขณะที่เรือเร็วลำที่พุ่งชนจะพุ่งเข้าชนด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และพุ่งเข้าชนเรือเร็วลำที่อยู่กับที่ในลักษณะตั้งฉาก ตำแหน่งการชนของเรือเร็วที่พุ่งเข้าชนจะชนเรือที่จอดหยุดนิ่ง 11 จุด โดยเริ่มต้นที่ท้ายเรือเร็วที่จอดหยุดนิ่ง (ระยะ 0.0 เมตร)

เป็นจุดที่ 1 และระยะห่างจากท้ายเรือจุดละ 1 เมตร จนกระทั่งครบ 11 จุด ตำแหน่งของการชนแสดงในรูปที่ 5

การชนกันของเรือเร็วจะถูกวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของเรือเร็ว การวิเคราะห์การชนกันของเรือเร็วจะใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบชัดแจ้ง (Explicit Finite Element Method) เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการชนเชิงสัมผัส (Contact-Impact Problem) การชนกันของเรือเร็วจะเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

$$ma + kx = f + f_c \tag{1}$$

$$k = \int B^T C B \mathrm{d}\forall \tag{2}$$

$$c = \frac{E}{(1-v)}\begin{bmatrix} 1 & v & 0 \\ v & 1 & 0 \\ 0 & 0 & G \end{bmatrix} \tag{3}$$

เมื่อ m คือ เมทริกซ์ของมวล a คือ เวกเตอร์ความเร่ง k คือ เมทริกซ์ความแข็งเกร็ง x คือ เวกเตอร์ของการกระจัด f คือ เวกเตอร์แรงกระทำจากภายนอก f_c คือ เวกเตอร์แรงจากการชนเชิงสัมผัส B คือ เมทริกซ์การแปลงค่า C คือ เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียด $\forall$ คือ ปริมาตรของเอลิเมนต์ E คือ ค่ามอดูลัส และ v คือ อัตราส่วนปัวซอง

ความเสียหายของเรือเร็วที่ถูกชนถูกประเมินโดยใช้พลังงานที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเอลิเมนต์หรือพลังงานความเครียดรวม (Total Strain Energy) แสดงได้ดังสมการ (4)

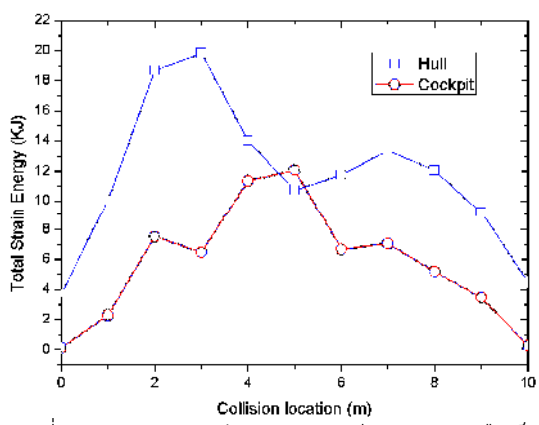
$$E_t = \frac{1}{2}\int \sigma^T \varepsilon \mathrm{d}\forall \tag{4}$$

เมื่อ σ คือ เมทริกซ์ความเค้น และ ε คือ เมทริกซ์ความเครียด

การประเมินความเสียหายของเรือเร็วกระทำเพื่อกำหนดตำแหน่งวิกฤตจากการถูกชนเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างเรือที่ตำแหน่งวิกฤตที่ถูกประเมินได้ต่อไป

6. ผลและวิจารณ์

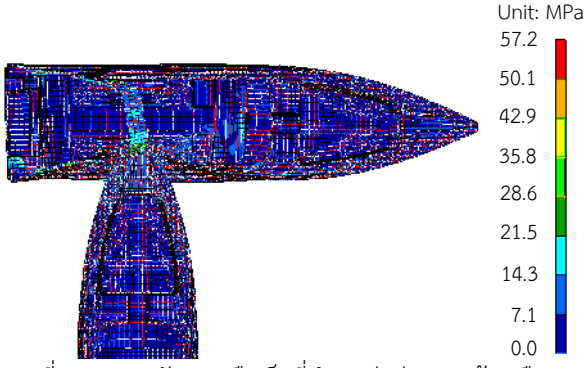
การจำลองการชนกันของเรือเร็วโดยใช้ซอฟต์แวร์ MSC.Dytran ในแต่ละกรณีใช้เวลาประมวลผลประมาณ 3 ชั่วโมง การเสียหายของเอลิเมนต์จากการชนกันทำให้เกิดพลังงานความเครียดรวม รูปที่ 6 แสดงค่าพลังงานความเครียดรวมเมื่อเรือเร็วที่จอดหยุดนิ่งถูกพุ่งชนที่ตำแหน่งต่างๆ พลังงานความเครียดรวมซึ่งเกิดกับเปลือกของเรือเร็วจะมีค่าสูงที่บริเวณห่างจากท้ายเรือ 3.00 เมตร ดาดฟ้าเรือซึ่งเป็นโครงสร้างชั้นในของเรือเร็วที่ถูกชนจะได้รับความเสียหายภายหลังจากเปลือกเรือฉีกขาดแล้ว ซึ่งพลังงานจากการชนจะถูกดูดซับจากเปลือกเรือไว้ก่อน ดังนั้นพลังงานความเครียดรวมของดาดฟ้าเรือจะมีค่ามากที่ตำแหน่งกลางลำเรือเป็นระยะห่างจากท้ายเรือ 5.00 เมตร หัวเรือของเรือลำที่พุ่งเข้ามาชนจะแทงทะลุเข้าไปในห้องโดยสารบริเวณท้ายและกลางลำเรือแสดงในรูปที่ 7 และ 8 ตามลำดับ ค่าความเค้นซึ่งเกิดขึ้นกับโครงสร้างเรือ



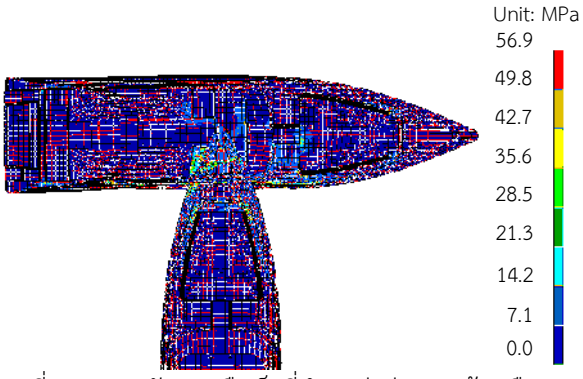
รูปที่ 6 กราฟแสดงพลังงานความเครียดรวมของเรือเร็วที่ถูกชนในแต่ละตำแหน่ง

จากการชนสามารถแสดงได้ด้วยแถบสี ซึ่งแถบสีแดงที่ได้แสดงจะแสดงค่าความเค้นสูงสุดที่ยังไม่เกินจุดแตกหักของวัสดุ ในขณะที่สีน้ำเงินจะแสดงค่าความเค้นต่ำสุด ความเสียหายของเรือเร็วลำที่ถูกชนบริเวณท้ายเรือและกลางลำเรือแสดงด้วยผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ในรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ เรือเร็วซึ่งถูกชนจะเกิดความ

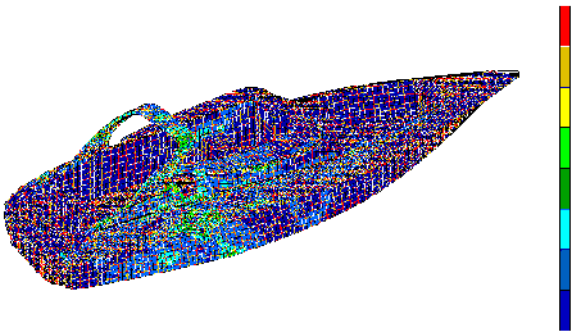
เสียหายบริเวณห้องโดยสารมากกว่าบริเวณคนขับซึ่งจะสังเกตุได้จากการฉีกขาดของเปลือกเรือเป็นบริเวณกว้าง



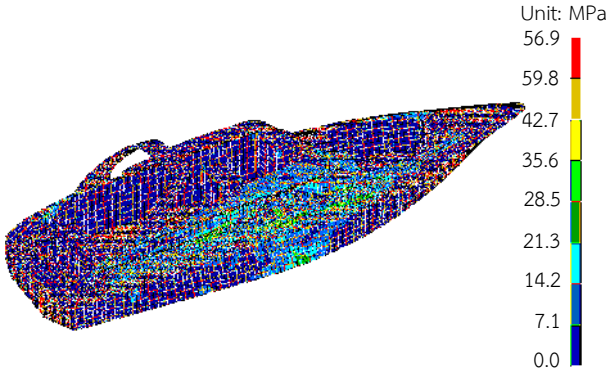
รูปที่ 7 การชนกันของเรือเร็วที่ตำแหน่งห่างจากท้ายเรือ 3 เมตร



รูปที่ 8 การชนกันของเรือเร็วที่ตำแหน่งห่างจากท้ายเรือ 5 เมตร



รูปที่ 9 ความเสียหายของเรือเร็วลำที่ถูกชนห่างจากบริเวณท้ายเรือ 3 เมตร



รูปที่ 10 ความเสียหายของเรือเร็วลำที่ถูกชนห่างจากบริเวณท้ายเรือ 5 เมตร

7. สรุปผล

การจำลองการชนกันของเรือเร็วได้ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบชัดแจ้ง แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของเรือเร็วถูกสร้างขึ้นมาจากเอลิเมนต์ 2 มิติ ชนิดสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม การชนกันของเรือเร็วถูกกำหนดให้เรือเร็วลำหนึ่งหยุดนิ่งและถูกพุ่งชนในแนวตั้งฉากกับเรือด้วยเรือเร็วอีกลำหนึ่ง เรือเร็วที่พุ่งชนจะมีความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ค่าพลังงานความเครียดรวมที่เกิดขึ้นกับเปลือกเรือและดาดฟ้าเรือลำที่ถูกชนจะถูกคำนวณและใช้ในการประเมินตำแหน่งวิกฤตของการถูกชน พลังงานความเครียดรวมเกิดขึ้นมากที่สุดบนเปลือกเรือที่ตำแหน่งถูกชนห่างจากท้ายเรือ 3.00 เมตร พลังงานความเครียดรวมของดาดฟ้าเรือมีค่ามากที่ตำแหน่งถูกชนห่างจากท้ายเรือเป็นระยะ 5.00 เมตร เนื่องมาจากเปลือกเรือไม่สามารถดูดซับพลังงานจากการชนได้หมด ดังนั้นเมื่อเปลือกเรือฉีกขาดอย่างรวดเร็วจึงทำให้ดาดฟ้าเรือต้องรับแรงจากการชน เรือเร็วที่ถูกชนจะถูกแทงทะลุด้วยหัวของเรือเร็วอีกลำหนึ่งเข้าไปในห้องโดยสาร การถูกชนบริเวณห่างจากท้ายเรือ 3.00 ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างเรือเร็วมากที่สุด จึงเป็นบริเวณที่เป็นตำแหน่งวิกฤต นอกจากนี้บริเวณดังกล่าวจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าบริเวณอื่นภายในเรือซึ่งอาจจะทำให้ผู้โดยสารเกิดการบาดเจ็บและเสียชีวิตได้มากจากอุบัติเหตุถูกเรือชน

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) รหัสโครงการ RDG5750009 และได้รับการสนับสนุนแบบจำลอง 3 มิติ ของเรือเร็วและวัสดุไฟเบอร์กลาสจาก บริษัท ซีทโบ๊ต จำกัด

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Leggat, P.A. and Legget, F.W. (2003). Reported fatal and non-fatal incidents involving tourists in Thailand, July 1997-June 1999, *Travel Medicine and Infectious Disease*, vol. 1(2), May 2003, pp. 107 – 113

[2] Liu, B. and Soares, C.G. (2016). Assessment of strength of double-hull tanker side structures in minor ship collisions, *Engineering Structure*. vol. 120, Aug 2016, pp. 1 – 6

[3] Servis, D.P. and Samuelides, M. (1999). Ship collision analysis using finite element, paper presented in *SAFER EURORO spring meeting*, Nantes, Greece.

[4] Ozguc, O., Das, P.K., Barltrop, N. and Shahid M. (2006). Numerical modeling of ship collision based on finite element codes, paper presented in *3rd International ASRANet Colloquium*, Glasgow, UK.

[5] Drucker, S., Steglich, D., Merckelbach, L., Werner, A. and Bargmann, S. (2015). Finite element damage analysis of an underwater glider–ship collision, *Journal of Marine Science and Technology*, November 2015, pp. 261 – 270.

[6] Julien, S., Kosarek, P.G. and Ramoo, R. (2002). *Optimization of a Planing Hull Structure*, Altair Engineering 2002.

[7] ASTM (2003). *ASTM D790-03 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, ASTM International, USA.

[8] Tanadrob, K. and Suvanjumrat, C. (2017). Composite material modeling under drop weight impact test using finite element analysis, *Materials Science Forum*, vol. 889, March 2017, pp. 3 – 8.