



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกระแทกของเปลือกหมวกกันน็อคเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาวเส้นใยต่างกัน

The study on impact behavior of helmet shell reinforced with different length of coir fiber

ณัฐชนน สีเขียว^{1*} ขวาลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์¹ คุณานันต์ ศักดิ์กำปัง² สราวุธ ประเสริฐศรี³

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160

³ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

Natchanon Srikheaw^{1*} Chawalit Thinvongpituk¹ Kunanon Sakkampang² Sarawut Prasertsri³

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

² Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, Phangkhon, Sakon Nakhon 47160, Thailand

³ Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Warinchamrap, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

* Corresponding author

E-mail: natchanon.sr.63@ubu.ac.th; Telephone: 096 382 4962

วันที่รับบทความ 6 กุมภาพันธ์ 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 26 เมษายน 2567; วันที่ตอบรับบทความ 25 พฤษภาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเส้นใยมะพร้าวมาเป็นวัสดุผสมสำหรับทำเป็นเปลือกหมวกกันน็อค พร้อมทั้งศึกษาอิทธิพลความยาวเส้นใยมะพร้าวต่อความสามารถในการรับแรงกระแทกของเปลือกหมวก งานวิจัยนี้ใช้หมวกกันน็อคประเภทเต็มใบเปิดหน้า (Open-face helmet) ซึ่งเป็นแบบที่นิยมใช้ทั่วไปของไทยเป็นแบบในการทดลอง ทำการทดลองในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบกับผลการทดลองของการศึกษาก่อนหน้า ในส่วนของแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์นั้น ได้สร้างชิ้นงานวัสดุผสมเพื่อทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางกล โดยชิ้นงานถูกขึ้นรูปด้วยเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาวเส้นใย 30 40 และ 50 mm นำไปจัดเรียงขึ้นรูปในแม่พิมพ์สุญญากาศ แล้วนำไปทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกล ตามมาตรฐาน ASTM D638 จากนั้นนำคุณสมบัติเชิงกลที่ได้ไปสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ และทำการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ABAQUS ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยมะพร้าวมาเป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับการทำเปลือกหมวกกันน็อคโดยช่วยเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระแทกของหมวกกันน็อคให้ดีขึ้น ซึ่งเห็นได้จากค่าการที่หมวกกันน็อคที่มีเปลือกหมวกเป็นวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าวนั้นมีค่าภาระสูงสุด (Pmax) ที่ลดลง ค่าภาระเฉลี่ย (Pmean) ที่สูงขึ้น และค่าความเร่งสูงสุด (Peak Acceleration) ที่ลดลงด้วย แม้ว่าค่าการบาดเจ็บที่ศีรษะ (HIC) ยังมีค่าไม่ต่างจากหมวกในท้องตลาดมากนักในบางกรณี นอกจากนี้ยังพบว่าความยาวเส้นใยมีผลต่อความสามารถในการรับแรงกระแทกของเปลือกหมวก โดยพบว่าหมวกกันน็อคที่มีเปลือกหมวกเป็นวัสดุผสมจากเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาวเส้นใย 30 mm สามารถลดภาระสูงสุดได้ 40.68% และ 30.42% ลดความเร่งสูงสุดได้ 42.54% และ 30.21% และลดค่า HIC ได้ 10.06% และ 11.83% เมื่อเปรียบเทียบกับหมวกกันน็อคที่มีความยาวเส้นใย 40 และ 50 mm ตามลำดับ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการนำเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาว 30 mm มาเป็นวัสดุผสมสำหรับทำเป็นเปลือกหมวกกันน็อคสามารถเพิ่มความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกของหมวกกันน็อคได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ

หมวกกันน็อก เส้นใยมะพร้าว เภทการบาดเจ็บที่ศีรษะ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แรงกระแทก คุณสมบัติเชิงกล

Abstract

The aim of this research was to study on the application of coir fiber for composite material which is used for motorcycle helmet shell. Also the aim of the study was to examine the effect of fiber length on the crashworthiness capacity of motorcycle helmet shell under impact. The widely-used commercial open-face helmet type was used in this study. The study was conducted using computer simulation model and compare to the previously available experiment for validation. In order to achieve mechanical property of the composite material for construct the computational model, a number of composite specimens was fabricated using coir fiber with 30 mm, 40 mm and 50 mm lengths. They were formed by hand-lay up technique in vacuum bag. The specimens of composite plate were tested for mechanical property according to ASTM D638. The mechanical property was assigned into the computational model and FEA computational program, ABAQUS, was applied for analytical process. Further study indicated that coir fiber is capable to use as composite material for helmet shell. The helmets with coir fiber provided higher crashworthiness capacity. This was verified by many key indicators such as the reductions of peak load and peak acceleration values and the improvement of the mean load. However, the value of HIC were not significantly changed compared to commercial helmet in some cases and this should be further investigated. Furthermore, it was also founded that the length of coir fiber affects to the crashworthiness capacity of helmet under impact significantly. The helmets with fiber length 30 mm reduced peak load by 40.68% and 30.42%, and reduced peak acceleration by 42.54% and 30.21%, and reduced HIC by 10.06% and 11.83% compared to helmets with fiber length of 40 and 50 mm, respectively. Therefore, it may be concluded that the coir fiber of 30 mm can significantly improve the crashworthiness capacity of helmet shell.

Keywords

helmet; coir fiber; head injury criterion; finite element; impact; mechanical property

1. บทนำ

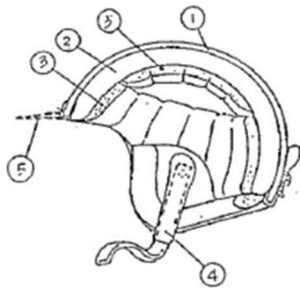
จากผลการสำรวจขององค์การอนามัยโลก (WHO) ซึ่งสำรวจสถิติการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนในปี พ.ศ. 2561 พบว่าสถิติการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนของประเทศไทยเป็นอันดับ 1 ของอาเซียน และเป็นอันดับ 9 ของโลก ด้วยอัตราการเสียชีวิต 37.2 คนต่อประชากร 100,000 คน และยังพบว่าคน 3 ใน 4 ของการเสียชีวิตเป็นผู้ใช้รถจักรยานยนต์ โดยส่วนหนึ่งนั้นเป็นการเสียชีวิตจากการบาดเจ็บที่ศีรษะของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ [1] ในปี พ.ศ. 2561 มูลนิธิไทยโรดส์ได้ทำการสำรวจพฤติกรรมสวมหมวกกันน็อกของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ของคนไทยจำนวน 1,529,808 คน ในเขตเทศบาลต่างๆ ครอบคลุมทุกจังหวัด พบว่าผู้ใช้รถจักรยานยนต์มีการสวมหมวกกันน็อกเพียง 45% [2] หมวกกันน็อกเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันและลดความรุนแรงการบาดเจ็บที่ศีรษะขณะประสบอุบัติเหตุของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ได้ โดยมีผลการศึกษาของศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศไทยและสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ระบุว่า การสวมหมวกกันน็อก

ช่วยลดโอกาสการเสียชีวิตเนื่องจากการบาดเจ็บที่ศีรษะในผู้ขับขี่ได้ 43% และผู้โดยสาร 58% [3]

โดยทั่วไปสามารถแบ่งหมวกกันน็อกออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ แบบครึ่งใบ แบบเต็มใบเปิดหน้า และแบบเต็มใบปิดหน้า ในประเทศไทยนิยมใช้หมวกกันน็อกแบบเต็มใบเปิดหน้าตามรูปที่ 1 (ก) ซึ่งมีส่วนประกอบคือ (1) เปลือกหมวก (2) รองในหมวก (3) เบาะรอง (4) สายรัดคาง และ (5) กระบังหมวก ตามรูปที่ 1 (ข) โดยเปลือกหมวกเป็นส่วนสำคัญที่มีหน้าที่ในการปกป้องศีรษะเมื่อเกิดอุบัติเหตุด้วยการดูดซับแรงกระแทกที่เกิดจากการกระแทก ปัจจุบันวัสดุเปลือกหมวกกันน็อกมักทำจากพลาสติกชนิดอะครีโลไนไตรล์ บิวทาไดอีน สไตรีน (ABS) ขึ้นรูปด้วยวิธีการฉีดผ่านแม่แบบหรือทำมาจากวัสดุผสมที่เสริมแรงด้วยเส้นใย (Fiber-reinforced) [4] ส่วนรองในหมวกมักทำจากวัสดุโฟมโพลีสไตรีนแบบขยายตัว (EPS) หรือ โฟมโพลียูรีเทน (PU)



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 หมวกกันน็อกแบบเต็มใบเปิดหน้า ก) หมวกกันน็อกตามท้องตลาด ข) ส่วนประกอบหมวกกันน็อก

เนื่องจากหมวกกันน็อกเป็นอุปกรณ์สำคัญ จึงมีการกำหนดมาตรฐานการทดสอบที่หลากหลายยกตัวอย่างเช่น มาตรฐาน ECE 22.05 [5] กำหนดมาตรฐานการทดสอบ 5 เรื่องคือการทดสอบการกระแทก การป้องกันการเจาะทะลุประสิทธิภาพในระบบสายรัด การคงตำแหน่งบนศีรษะและการทดสอบแรงเสียดทาน มาตรฐานการทดสอบ Snell M2020 [6] กำหนดเหมือนมาตรฐาน ECE 22.05 [5] เพียงแต่นำการทดสอบความแข็งแกร่งกับการทดสอบแรงเสียดทานออกจากเกณฑ์การทดสอบและเพิ่มการป้องกันการเจาะทะลุในเกณฑ์การทดสอบ ส่วนประเทศไทยมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 369-2557) [7] กำหนดมาตรฐานการทดสอบเหมือนมาตรฐาน ECE 22.05 [5] เพียงแต่ไม่มีเกณฑ์การทดสอบแรงเสียดทาน

ในการทดสอบหมวกกันน็อกนั้นก็มีเกณฑ์ที่สำคัญ ได้แก่ค่าความเร่ง และเกณฑ์การบาดเจ็บที่ศีรษะ (Head Injury Criterion, HIC) โดยเกณฑ์การบาดเจ็บที่ศีรษะเป็นการวัดความเป็นไปได้ของการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นศีรษะเมื่อเกิดการกระแทก และสามารถใช้เพื่อประเมินความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะ อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลและอุปกรณ์กีฬาเมื่อเกิดการกระแทก และสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$HIC = \left\{ (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2.5} \right\} \quad (1)$$

โดยที่ $a(t)$ คือความเร่งของศีรษะทดสอบ เมื่อคูณกับค่าความเร่งของแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ในขณะ t_1 และ t_2 คือ ช่วงเวลาที่เกิดความเร่งสูงสุด โดยที่ $t_2 \geq t_1$

ทั้งนี้ค่าความเร่งของหมวกกันน็อกแบบเต็มใบปิดหน้าและเต็มใบเปิดหน้าต้องไม่เกิน 275g ส่วนค่าการบาดเจ็บที่ศีรษะต้องไม่เกิน 2,400 [5]

ปัจจุบันมีการนำวัสดุผสมที่เสริมแรงด้วยเส้นใยมาใช้ในการทำเปลือกหมวกกันน็อก เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ทนออกเหนือคุณสมบัติด้านความความแข็งแรง เส้นใยเสริมแรง ที่นิยมใช้โดยทั่วไป ได้แก่เส้นใยแก้ว เส้นใยคาร์บอน และเส้นใยอะรามิด ซึ่งใช้เป็นตัวเสริมแรงได้ดี แต่มีข้อเสียที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ อีกทั้งยังยากต่อการเผาทำลาย เส้นใยธรรมชาติ (natural fiber หรือ biofibers) จึงได้รับความสนใจนำมาประยุกต์ใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุผสมเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับเส้นใยสังเคราะห์ อีกทั้งเส้นใยธรรมชาติมีราคาถูก มีความหนาแน่นต่ำและความแข็งแรงค่อนข้างสูง และที่สำคัญคือเส้นใยธรรมชาติสามารถย่อยสลายในธรรมชาติได้

เส้นใยมะพร้าวเป็นหนึ่งในเส้นใยธรรมชาติที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และหาได้ง่ายในท้องถิ่น จากข้อมูลการศึกษาของ A. G. Adeniyi และคณะ [8] พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่บำบัดด้วยโซเดียมคลอไรด์เป็นระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จะให้คุณสมบัติเชิงกลที่ดีเพียงพอในการทำวัสดุผสม

อย่างไรก็ตามคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมที่ทำด้วยเส้นใยมะพร้าวยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ โดยผลการศึกษาของ S. Biswas และคณะ [9] ศึกษาอิทธิพลของความยาวเส้นใยมะพร้าวที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกล โดยทดลองที่ความยาวเส้นใย 5, 20 และ 30 mm พบว่าความยาวเส้นใย 30 mm มีผลให้คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมดีที่สุดและยังมิงานวิจัยของ M. Balachandar และคณะ [10] ซึ่งทำการทดลองที่ความยาวเส้นใย 5, 20 และ 30 mm ก็ให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกัน

ในส่วนของอัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณเรซิน M. Haque และคณะ [11] ได้ทำการศึกษาวัดคุณสมบัติที่มีปริมาณเส้นใย 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35% พบว่าวัสดุผสมที่มีปริมาณเส้นใย 30% มีคุณสมบัติเชิงกลดีที่สุด นอกจากนี้ยังมิงานวิจัยที่แนะนำให้ใช้เส้นใยมะพร้าวผสมกับ อีพอกซีเรซิน [12] โดยกำหนดสัดส่วนอีพอกซีเรซินต่อตัวเร่งปฏิกิริยา 100:

35 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับทำวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าว [13]

ในการศึกษาความสามารถของหมวกกันน็อกในปัจจุบันนั้นมีการใช้การทดลอง และการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เข้าช่วย ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาและ ลดงบประมาณในการวิจัยลงได้ค่อนข้างมาก ตัวอย่างงาน เช่น งานวิจัยของ M. R. Millan และคณะ [14] ได้ทำการศึกษามหวนิรภัยสำหรับทหารโดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ABAQUS แล้วเปรียบเทียบกับผลการทดลอง พบว่าผลการจำลองให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับผลการทดลองเป็นอย่างดี และงานวิจัยของ B. Vaishnavi และคณะ [15] ใช้โปรแกรม Solidwork ในการออกแบบหมวกกันน็อก รถจักรยานและ ทำการวิเคราะห์ผลในโปรแกรม ANSYS ซึ่งให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ K. Sakkampang และคณะ [16] ยังทำการศึกษาศามารถในการรับแรงกระแทกของหมวกกันน็อกแบบเต็มใบเปิดหน้า โดยการใช้การทดลองเทียบกับโปรแกรม ABAQUS ซึ่งพบว่าผล การศึกษาสอดคล้องกันดี และพบว่าหมวกกันน็อกนั้นมีค่า ความเร่งสูงสุด 322.03g และมีค่า HIC ประมาณ 2,679

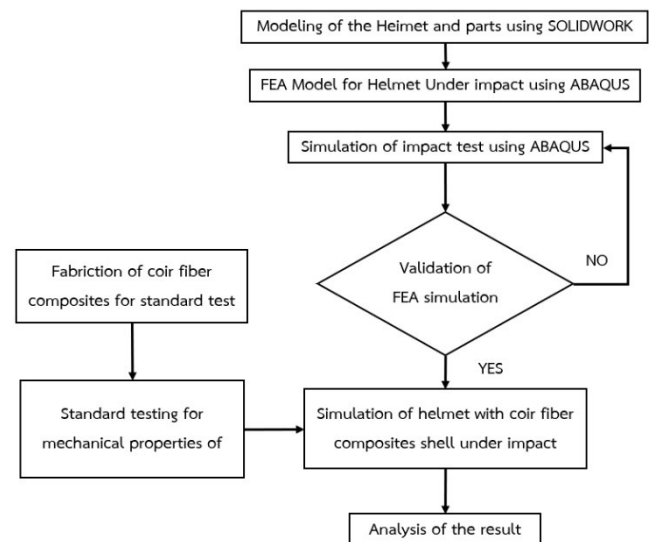
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาแนวทางการนำเส้นใยมะพร้าวมาเป็นวัสดุผสมทำเปลือกหมวกกันน็อก โดย มุ่งศึกษาเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาวแตกต่างกัน และ ใช้วิธีการศึกษาด้วยจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (ABAQUS) เทียบ กับผลการทดลองในการศึกษาการใช้พองน้ำยางกันกระแทก สำหรับหมวกกันน็อกรถจักรยานยนต์ของคุณานันต์ ศักดิ์กำปัง และชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ [16]

2. วิธีการศึกษาและการทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

2.1 วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสามารถรับแรงกระแทกของหมวกกันน็อกแบบเต็มใบเปิดหน้าที่มีเปลือกหมวกทำมาจากวัสดุผสมเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว มีวิธีการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 2 โดยแบ่งการศึกษออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว เมื่อได้คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุแล้ว จะนำไปกำหนดเป็นคุณสมบัติของวัสดุในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของหมวกกันน็อกที่จำลองขึ้นเพื่อวิเคราะห์

พฤติกรรมการรับแรงกระแทกต่อไป ส่วนที่ 2 การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ซอฟต์แวร์ Solid Work ในการขึ้นรูป จากนั้นใช้โปรแกรม ABAQUS ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ทางด้าน FEA ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ และประมวลผล โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ทำการสอบเทียบกับผลการทดลองของงานวิจัยก่อนหน้า [16] เพื่อ ทวนสอบความแม่นยำของแบบจำลองด้วย



รูปที่ 2 วิธีการศึกษา

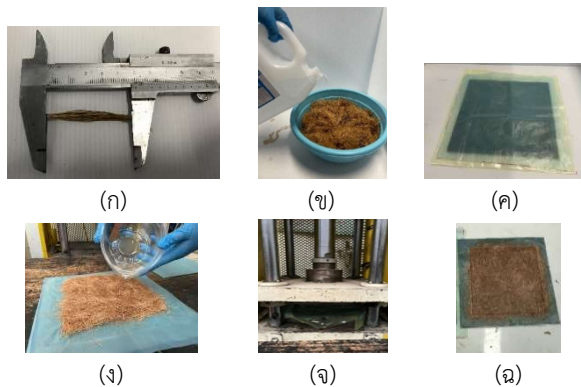
2.2 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุ

2.2.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

ชิ้นงานทดสอบเป็นวัสดุผสมเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าว ขึ้นรูปเป็นแผ่น ประกอบด้วยอิพอกซีเรซิน ER550 และเส้นใยมะพร้าว โดยนำเส้นใยที่ผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้นแล้ว มาทำการตัดให้ได้ความยาว 30, 40 และ 50 mm ตามรูปที่ 3 (ก) ทำการบำบัดด้วยโซเดียมซัลเฟตและบำบัดด้วยน้ำกลั่น บริสุทธิ์ด้วยการแช่และทำความสะอาดตามรูปที่ 3 (ข) นำไปจัดเรียงในแม่พิมพ์โดยวาง Vacuum Bag ชั้นแรกและวางผ้า ลอกแบบชั้นที่สอง ตามรูปที่ 3 (ค) จากนั้นเตรียมสารเคมีที่ จะต้องใช้ในการขึ้นรูปแผ่นชิ้นงาน โดยใช้สัดส่วนเส้นใย มะพร้าวต่อปริมาณอิพอกซีเรซินเป็นสัดส่วน 30: 70 โดย น้ำหนัก และกำหนดให้ชิ้นงานวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าว มีน้ำหนักรวม 170 g ดังนั้นสูตรส่วนผสมจึงประกอบด้วย

เส้นใยมะพร้าว 51 g และอิพอกซีเรซิน 119 g ซึ่งในส่วนของอิพอกซีเรซินนั้นเป็นส่วนผสมของเรซิน 88 g และตัวเร่งปฏิกิริยา 31 g

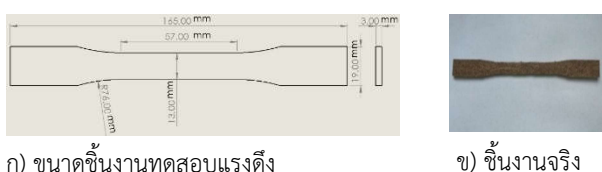
ขั้นตอนต่อไป นำแผ่นเส้นใยมะพร้าวที่เตรียมไว้เข้าเครื่องบีบอัดที่ด้านบนของชิ้นงานเข้าแม่พิมพ์เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ได้เส้นใยมะพร้าวเป็นแผ่นที่มีขนาดเท่ากับแม่พิมพ์ หลังจากนั้นนำน้ำยาอิพอกซีเรซินและตัวเร่งปฏิกิริยาใส่ภาชนะที่เตรียมไว้มาเทใส่แม่พิมพ์ที่มีแผ่นเส้นใยมะพร้าวตามรูปที่ 3 (ง) แล้วนำเข้าเครื่องบีบอัดที่ด้านบนของชิ้นงาน ตามรูปที่ 3 (จ) เพื่อให้ชิ้นงานมีความหนาตามที่ต้องการโดยใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกจากแม่พิมพ์ดังรูปที่ 3 (ฉ) เพื่อไปตัดแต่งขนาดชิ้นงานตามที่มาตรฐานการทดสอบกำหนดต่อไป



รูปที่ 3 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ (ก) การเตรียมเส้นใย (ข) การทำความสะอาดเส้นใย (ค) การเตรียมแม่พิมพ์ (ง) การเทเรซิน (จ) การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ (ฉ) แม่พิมพ์พร้อมใช้งาน

2.2.2 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุใช้การทดสอบการต้านทานแรงดึงด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 [8] โดยเตรียมชิ้นงานเป็นแผ่นขนาดความกว้าง 19 mm ความยาว 165 mm ความหนา 3 mm ตามรูปที่ 4 (ก) และ 4 (ข) นำไปทดสอบรับแรงดึงด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ที่อัตราเร็วการดึง 5 mm/min กำหนด Gauge Length ในการคำนวณ 50 mm



รูปที่ 4 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง

จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวพบว่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของชิ้นงานความยาวเส้นใย 40 mm มีค่ามากที่สุดคือ 3.22 GPa ส่วนชิ้นงานที่มีความยาวเส้นใย 30 และ 50 mm มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 2.22 GPa และ 2.89 GPa ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 ในส่วนของความหนาแน่นของชิ้นงาน พบว่ามีผลลัพธ์คล้ายกับโมดูลัสความยืดหยุ่น กล่าวคือที่ความยาวเส้นใย 40 mm มีค่ามากที่สุดคือ 949.2 kg/m³ และชิ้นงานความยาวเส้นใย 30 และ 50 mm มีค่า 851.9 และ 926.8 kg/m³ ตามลำดับ แต่อัตราส่วนปัวซองของความยาวเส้นใยที่ 40 mm มีค่าต่ำสุดคือ 0.36 และชิ้นงานความยาวเส้นใย 30 และ 50 mm มีค่าคือ 0.4 และ 0.45 ตามลำดับ ทั้งนี้คุณสมบัติเชิงกลของเปลือกหอยที่เป็นวัสดุ ABS และส่วนของโฟมรองในนั้น จะใช้คุณสมบัติวัสดุที่ทดสอบมาจากการวิจัยของ K. Sakkampang และคณะ [16]

ตารางที่ 1 คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาวเส้นใยต่าง ๆ

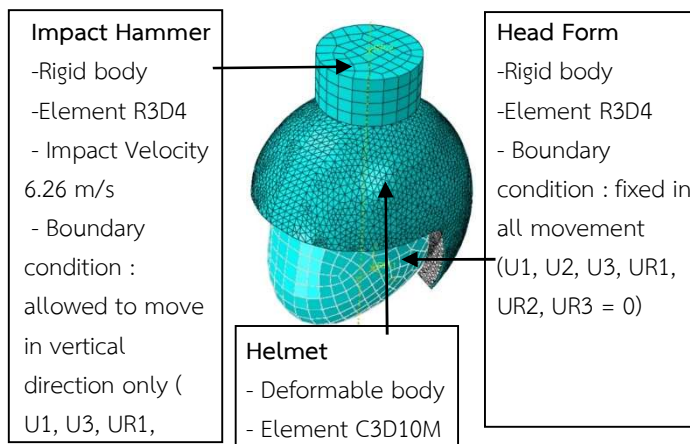
วัสดุ	เปลือกหอย			
	Modulus (GPa)	Density (kg/m ³)	Poisson ratio	Thickness (mm)
ABS [16]	2.73	895.00	0.30	3.44
30 mm	2.22	851.90	0.40	3.44
40 mm	3.22	949.20	0.36	3.44
50 mm	2.89	926.80	0.45	3.44
วัสดุ	โฟมรองใน [16]			
	Modulus (GPa)	Density (kg/m ³)	Poisson ratio	Thickness (mm)
EPS Foam	21.19	120.27	0.4	26.00

2.3 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

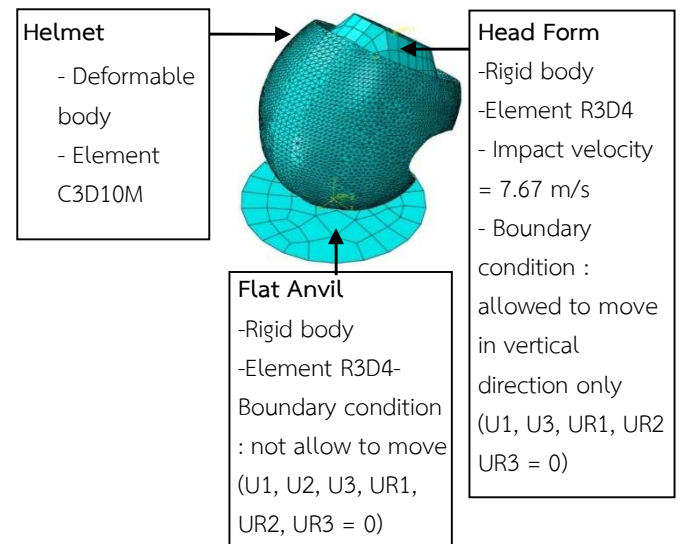
ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางไฟไนต์อีลิเมนต์ (FEA) ชื่อ ABAQUS เป็นเครื่องมือในการสร้าง ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (1) หัวค้อน และทั้ง ใช้สำหรับจำลองสร้างแรงกระแทก (2) หมวกกันน็อค ซึ่งประกอบด้วยเปลือกหอยและโฟมรองใน และ (3) ศีรษะจำลองใช้สวมรองรับหมวกกันน็อค

ในส่วนของหัวค้อน ทั้งและศีรษะจำลองกำหนดให้เป็นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid Body) ใช้โวลูเมนต์ชนิด 4 จุดต่อ แบบไม่เสียรูป (R3D4) ในการสร้าง สำหรับเปลือกหมวกและโฟมรองในกำหนดให้เป็นวัตถุที่เสียรูปได้ สร้างด้วยเอลิเมนต์แบบเปลือกบาง (Deformable Shell Element) ชนิด 10 จุดต่อ (C3D10M) คุณสมบัติวัสดุของเปลือกหมวกและโฟมรองในเป็นแบบ Elastic-Plastic ซึ่งได้มาจากการทดสอบตามที่อธิบายในหัวข้อที่ 2.2.2 และตามตารางที่ 1 ในการศึกษาได้สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาใน 2 ลักษณะ คือแบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกระแทกของเปลือกหมวก และแบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการตกกระแทกของหมวกกันน็อค ดังแสดงในรูปที่ 5 และ รูปที่ 6 ตามลำดับ

รูปที่ 5 แสดงแบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกระแทกของเปลือกหมวก จัดวางโดยให้ส่วนของหมวกกันน็อคสวมทับศีรษะจำลองและมีส่วนของหัวค้อนตกกระแทกจากด้านบน กำหนดให้ทุกผิวสัมผัสเป็นการสัมผัสแบบทั่วไป (General Contact) มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.1 ใช้การวิเคราะห์แบบ Dynamic/Explicit โดยกำหนดให้หัวค้อนเคลื่อนที่ได้ในแนวตั้งเท่านั้น (U_1, U_3, UR_1, UR_2 และ $UR_3 = 0$) และกระทบหมวกกันน็อคด้วยความเร็วกระแทกตั้งต้น 6.26 m/s ซึ่งเป็นความเร็วที่สอดคล้องกับการทดลองที่ใช้สอบเทียบ [16] จำลองเวลาในการรับแรงกระแทก 0.02 sec ในส่วนของศีรษะจำลองไม่อนุญาตให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด ($U_1, U_2, U_3, UR_1, UR_2$ และ $UR_3 = 0$) อีกทั้งกำหนดจุดอ้างอิงไว้ที่ฐานของศีรษะจำลอง เพื่อวัดแรงปฏิกิริยาในแนวตั้ง (RF2) ซึ่งจะเป็นผลรวมของแรงปฏิกิริยาอันเกิดจากการกระแทกของหัวค้อน



รูปที่ 5 แบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกระแทกของเปลือกหมวก



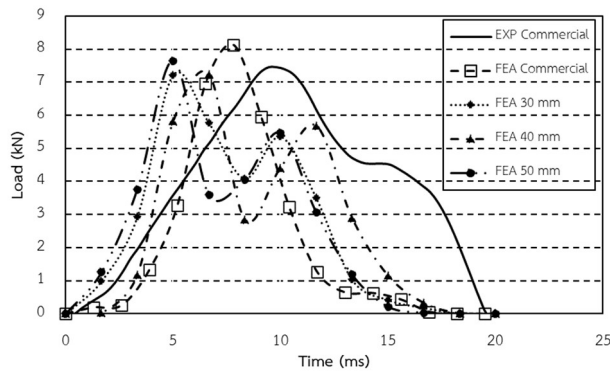
รูปที่ 6 แบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการตกกระแทกของหมวกกันน็อค

รูปที่ 6 แสดงแบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการตกกระแทกของหมวกกันน็อค โดยจะมุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเร่ง (Acceleration) ในกรณีที่หมวกกันน็อคตกกระแทกของแข็ง ซึ่งจะสามารถใช้คำนวณค่า HIC ต่อไปได้ ในแบบจำลองนี้กำหนดให้หมวกกันน็อคสวมอยู่ในศีรษะจำลอง ซึ่งกำหนดให้เคลื่อนที่ได้ในแนวตั้งเท่านั้น (U_1, U_3, UR_1, UR_2 และ $UR_3 = 0$) และให้เคลื่อนที่ลงด้วยความเร็ว 7.67 m/s [16] กระแทกกับทั้งที่จำลองเป็นพื้นราบและกำหนดให้ไม่มีการเคลื่อนที่ในทิศทางใด ($U_1, U_2, U_3, UR_1, UR_2$ และ $UR_3 = 0$) ที่แบบจำลองเปลือกหมวกกันน็อคได้กำหนดจุดอ้างอิงไว้ตรงผิวของเปลือกหมวกตรงตำแหน่งที่กระแทกกับทั้ง (RF3) เพื่อวัดความเร่ง (Acceleration) ที่เกิดขึ้นกับแบบจำลองสำหรับนำไปประมวลผลต่อไป

3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

3.1 ความสามารถในการรับแรงกระแทกของหมวกกันน็อค

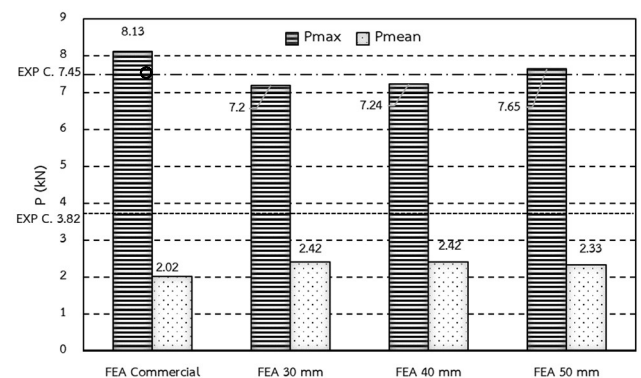
ในการศึกษาความสามารถรับแรงกระแทกของหมวกกันน็อคนั้นจะพิจารณาจากลักษณะของภาระ (Load) ซึ่งเป็นแรงปฏิกิริยาที่ขึ้นงานตอบสนองเมื่อเกิดการกระแทก โดยมีตัวชี้วัดสำคัญได้แก่ ค่าภาระสูงสุด (Pmax) และ ค่าภาระเฉลี่ย (Pmean)



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาระกับเวลาในช่วงการกระแทกของหมวกกันน็อก

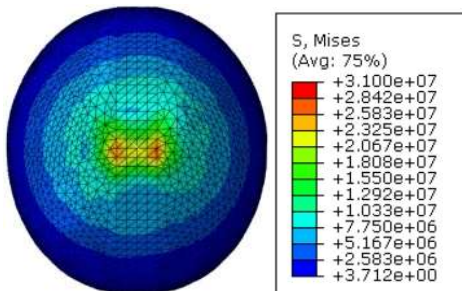
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาระกับเวลาของหมวกกันน็อกแบบเต็มใบเปิดหน้าที่ทดสอบภายใต้แรงกระแทกโดยเส้นประเป็นผลที่ได้จากแบบจำลองของหมวกกันน็อกที่มีเปลือกหมวกเป็นวัสดุผสมอีพ็อกซีเรซินเสริมใยมะพร้าวที่มีความยาวเส้นใย 30, 40 และ 50 mm (FEA 30 mm, FEA 40 mm และ FEA 50 mm) ซึ่ง FEA คือ Finite Element Analysis และแบบจำลองหมวกกันน็อกตามท้องตลาด (FEA Commercial) ส่วนเส้นทึบเป็นผลจากการทดลองของหมวกกันน็อกตามท้องตลาด (EXP Commercial) [16] ซึ่ง EXP คือ Experimental result จากการเปรียบเทียบกราฟในรูปที่ 7 จะเห็นว่าผลการทดลองและผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ของหมวกกันน็อกตามท้องตลาดมีค่าใกล้เคียงกันเกือบจะตลอดช่วงเวลากการกระแทก ซึ่งเป็นการยืนยันว่าแบบจำลองทาง FEA ที่ใช้กับการทดลองมีความสอดคล้องกัน แต่มีระดับของเส้นกราฟที่แตกต่างกันมาก อาจเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของการทดลอง เช่น ความเสียหาย หรือขนาดของหมวกจริงที่อาจไม่สม่ำเสมอเป็นต้นและเมื่อพิจารณาโดยทั่วไปแล้วจะเห็นว่าพฤติกรรมของภาระและเวลา (Load-Time) ของหมวกกันน็อกทั้งแบบตามท้องตลาดและแบบที่เปลือกหมวกเป็นวัสดุผสมมีลักษณะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือมีค่าของภาระ (Load) เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการกระแทก จนถึงจุดที่สูงสุดกราฟก็จะตกลงเป็นแบบระฆังคว่ำ จากกราฟภาระดังกล่าวได้นำข้อมูลของค่าภาระสูงสุด (Pmax) และภาระเฉลี่ย (Pmean) ของแต่ละกรณีมาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในรูปที่ 8 เมื่อพิจารณาค่าภาระสูงสุดในกรณีของ EXP Commercial และ

FEA Commercial พบว่ามีค่าเท่ากับ 7.45 และ 8.13 kN ตามลำดับ โดยผลจากการทดลองมีค่าภาระสูงสุดต่ำกว่า FEA ประมาณ 4.37% หากเปรียบเทียบค่าภาระสูงสุดเฉพาะกลุ่มของแบบจำลอง FEA จะพบว่าในกรณีของ FEA Commercial, FEA 30 mm, FEA 40 mm และ FEA 50 mm มีค่าภาระสูงสุดเท่ากับ 8.13, 7.20, 7.24 และ 7.65 kN ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าหมวกกันน็อกที่มีเปลือกหมวกเป็นวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าวให้ค่า Pmax ต่ำกว่าค่าของหมวกในท้องตลาด บ่งชี้ให้เห็นว่าเปลือกหมวกที่เป็นวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าวช่วยลดค่า Pmax ลงได้ ประมาณ 1.32% - 1.71% โดยเปลือกหมวกที่ใช้เส้นใยความยาว 30 mm จะให้ค่า Pmax น้อยที่สุด ซึ่งหมายความว่าผู้สวมใส่หมวกนี้จะได้รับแรงกระแทกน้อยลง และหากพิจารณาในส่วนของค่าภาระเฉลี่ย (Pmean) จะพบว่าหมวกกันน็อกที่มีเปลือกหมวกเป็นวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าวนั้นมีค่า Pmean สูงกว่าหมวกในท้องตลาด ประมาณ 7.13% - 9.01% โดยพบว่าเปลือกหมวกที่ใช้เส้นใย 30 และ 40 mm ให้ค่า Pmean สูงสุด แล้วจะลดลงมาเมื่อเส้นใยยาวขึ้น แต่ก็ยังคงสูงกว่าค่า Pmean ของหมวกในท้องตลาดอยู่ดี แสดงว่าเปลือกหมวกที่เป็นวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าวช่วยเพิ่มค่าภาระเฉลี่ยให้แก่หมวกกันน็อก ซึ่งหมายความว่าหมวกกันน็อกจะมีความสามารถในการรับแรงกระแทกได้สูงขึ้น อีกทั้งวัสดุผสมเสริมเส้นใยมีความยืดหยุ่นสูง ซึ่งมีการออกแบบทางวิศวกรรมในลักษณะการไม่เปลี่ยนรูปถาวร ทำให้มีการกระจายแรงที่ตีซึ่งหมายความว่ามีความสามารถในการรับแรงที่ดีอีกด้วย

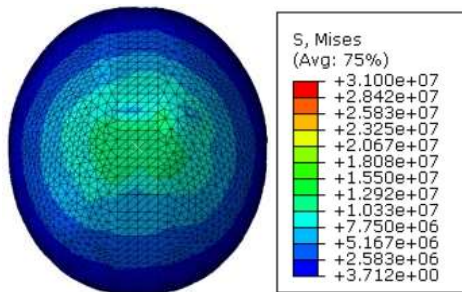


รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าภาระสูงสุด และค่าภาระเฉลี่ยจากแบบจำลองรับแรงกระแทกของหมวกกันน็อกตามท้องตลาดและหมวกกันน็อกวัสดุผสมเสริมใยมะพร้าว

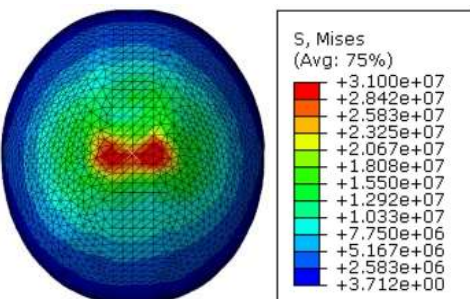
นอกจากนี้หากพิจารณาความเค้นจากการกระแทกที่กระจายในเปลือกหมวก ซึ่งแสดงในรูปที่ 9, 10, 11 และ 12 จะพบว่าความเค้นของหมวกกันน็อคตามท้องตลาด มีความเค้นสูงสุด 25.83 MPa ส่วนหมวกกันน็อคที่เสริมเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาวเส้นใย 30, 40 และ 50 mm มีความเค้นสูงสุดคือ 12.36, 30.77 และ 23.17 MPa ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเปลือกหมวกกันน็อควัสดุผสมที่ใช้ความยาวเส้นใยมะพร้าว 30 mm มีค่าความเค้นสูงสุดต่ำที่สุด และสามารถกระจายความเค้นได้ดีที่สุด ส่งผลให้โครงสร้างสามารถรับแรงกระแทกได้ดี มีค่าการะสูงสุดต่ำลดลงและดูดซับแรงกระแทกได้มากขึ้นดังข้อมูลที่กำลังจะมาแล้ว



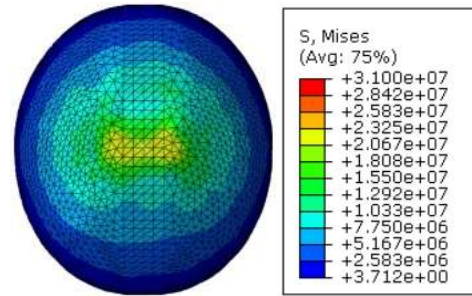
รูปที่ 9 การกระจายตัวของความเค้นในแบบจำลองหมวกกันน็อคตามท้องตลาดกรณีรับแรงกระแทก



รูปที่ 10 การกระจายตัวของความเค้นในแบบจำลองหมวกกันน็อคความยาวเส้นใย 30 mm กรณีรับแรงกระแทก



รูปที่ 11 การกระจายตัวของความเค้นในแบบจำลองหมวกกันน็อคความยาวเส้นใย 40 mm กรณีรับแรงกระแทก



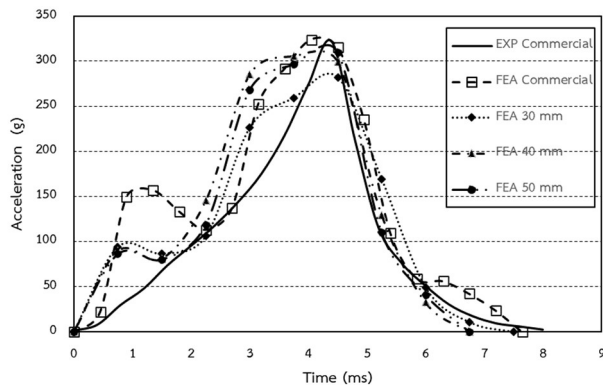
รูปที่ 12 การกระจายตัวของความเค้นในแบบจำลองหมวกกันน็อคความยาวเส้นใย 50 mm กรณีรับแรงกระแทก

3.2 ความสามารถในการป้องกันการบาดเจ็บของหมวกกันน็อค

ความสามารถของหมวกกันน็อคในการป้องกันการบาดเจ็บ อาจพิจารณาได้จากตัวชี้วัดสำคัญ ได้แก่ ค่าความเร่งสูงสุด (Peak Acceleration) และค่าการบาดเจ็บที่ศีรษะ (HIC) ซึ่งสามารถวัด และคำนวณได้จากการเปลี่ยนแปลงของความเร่งของหมวกเมื่อเกิดการตกกระแทก

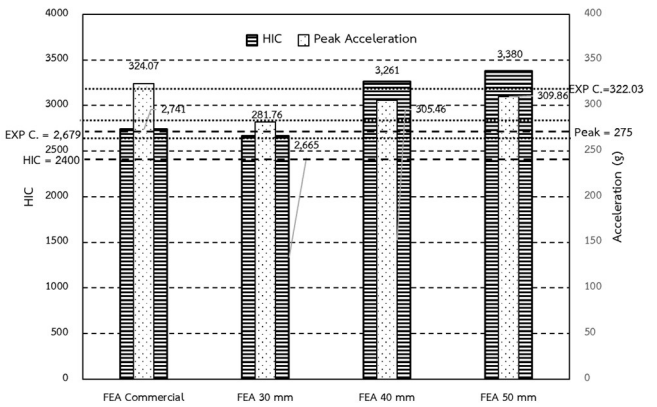
จากรูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร่งกับเวลาของหมวกกันน็อคแบบเต็มใบเปิดหน้าที่ทดสอบการกระแทก โดยในแกนตั้งเป็นค่าของความเร่งและในแกนนอนเป็นเวลาเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการกระแทก พบว่าในกรณีของ EXP Commercial ลักษณะกราฟจะพุ่งขึ้นจนถึงค่าความเร่งสูงสุดก่อนจะตกลงจนถึงสิ้นสุดการกระแทกกลายเป็นรูปประฆังคว่ำ แต่ในส่วนของการจำลอง FEA นั้น ลักษณะกราฟแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือทั้ง 4 กรณี (FEA Commercial, FEA 30 mm, FEA 40 mm และ FEA 50 mm) กราฟจะมีลักษณะแกว่งตัวเล็กน้อยในช่วงแรก ก่อนจะชันขึ้นเป็นลักษณะระฆังคว่ำคล้ายกับการทดลอง ค่าความเร่งสูงสุด (Peak Acceleration) ของแต่ละกรณีได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกันและแสดงเป็นกราฟในรูปที่ 14 ซึ่งพบว่าค่าความเร่งสูงสุดในกรณีการทดลอง (EXP Commercial) คือ 322.03g ส่วนในกรณีของการจำลอง (FEA Commercial) คือ 324.07g ซึ่งมีความแตกต่างกัน 0.32% แสดงว่าการทดลองและแบบจำลองทาง FEA ให้ผลที่สอดคล้องกันมาก ในกรณีของแบบจำลองหมวกกันน็อคที่มีเปลือกหมวกเสริมเส้นใยมะพร้าว จะพบว่ามีความเร่งสูงสุดคือ คือ 281.76g, 305.46g และ 309.86g สำหรับกรณี FEA 30 mm, FEA 40 mm และ FEA 50 mm

ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นว่าหมวกกันน็อกที่มีเปลือกหมวกเสริมด้วยเส้นใยมะพร้าวความยาว 30 mm สามารถลดค่าความเร่งสูงสุดลงมาได้ต่ำสุดประมาณ 13% และค่าความเร่งสูงสุดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวเส้นใยมีความยาวมากขึ้น อย่างไรก็ตามค่าความเร่งสูงสุดของหมวกที่มีเปลือกหมวกเสริมเส้นใยมะพร้าวก็ยังคงมีค่าความเร่งสูงสุดต่ำกว่ากรณีเปลือกหมวกที่ไม่เสริมเส้นใยมะพร้าวในทุกกรณี แสดงให้เห็นว่าการใช้วัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าวเป็นเปลือกหมวกกันน็อกมีแนวโน้มที่จะสามารถลดค่าความเร่งสูงสุดลงได้



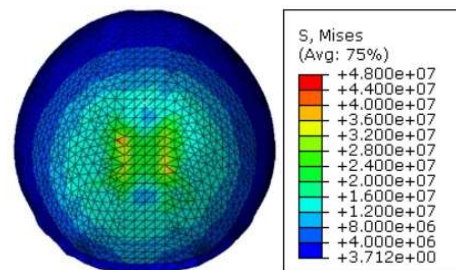
รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร่งกับเวลา

เมื่อพิจารณาเกณฑ์การบาดเจ็บที่ศีรษะ (HIC) ซึ่งแสดงในรูปที่ 14 จะพบว่าในกรณีการทดลองกับหมวกกันน็อกตามท้องตลาด (EXP) จะได้ค่า HIC คือ 2,679 และในกรณีของแบบจำลอง (FEA) คือ 2,741 ซึ่งมีความแตกต่างกัน 1.14% และสามารถยอมรับได้ ส่วนหมวกกันน็อกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยความยาว 30, 40 และ 50 mm มีค่า HIC เป็น 2,665 3,261 และ 3,380 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า HIC ของหมวกกันน็อกวัสดุผสมเสริมใยมะพร้าวที่ความยาวเส้นใย 30 mm มีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับหมวกกันน็อกกรณีอื่นๆ โดยมีค่าต่ำกว่าประมาณ 10%-12% เนื่องจากหมวกกันน็อกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยความยาว 30 mm มีการจับตัวของเรซินและเส้นใยที่ดีที่สุดและค่า HIC มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความยาวเส้นใยมากขึ้นซึ่งเป็นแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความเร่งสูงสุด อย่างไรก็ตามพบว่าค่า HIC ของหมวกกันน็อกตามท้องตลาด และหมวกกันน็อกวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าวต่างก็มีค่า HIC สูงกว่าค่ามาตรฐานที่แนะนำให้ไม่ควรเกินกว่า 2,400 [5] ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาในประเด็นนี้ต่อไป

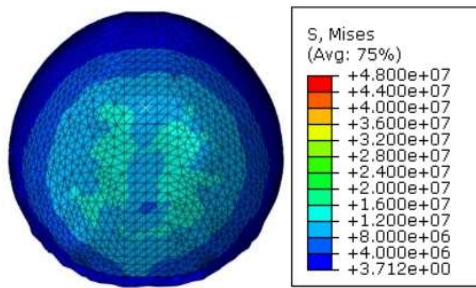


รูปที่ 14 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุด และค่าการบาดเจ็บที่ศีรษะในกรณีต่างๆ

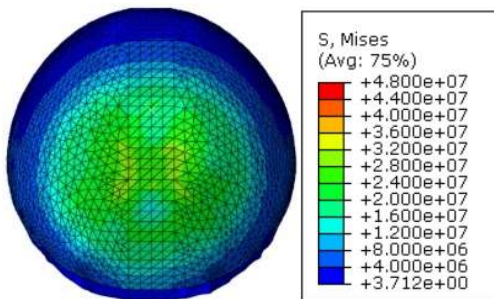
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในเปลือกหมวกที่ทดสอบตกกระแทก ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 15, 16, 17 และ 18 พบว่าหมวกกันน็อกตามท้องตลาดมีความเค้นสูงสุด 37 MPa ส่วนหมวกกันน็อกวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าวที่ความยาวเส้นใย 30, 40 และ 50 mm มีความเค้นสูงสุดคือ 12.36, 30.66 และ 23.06 MPa ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ากรณีของหมวกกันน็อกวัสดุผสมเสริมเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาวเส้นใย 30 mm มีค่าความเค้นสูงสุดต่ำที่สุด แสดงว่าเปลือกหมวกนี้สามารถกระจายความเค้นได้ดีกว่ากรณีอื่นๆ จึงส่งผลให้สามารถลดค่าความเร่งให้มีค่าต่ำที่สุด และมีค่า HIC ต่ำที่สุดดังที่ได้กล่าวมาแล้ว



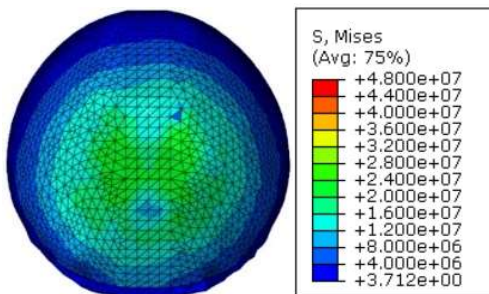
รูปที่ 15 การกระจายตัวของความเค้นในแบบจำลองหมวกกันน็อกตามท้องตลาดกรณีตกกระแทก



รูปที่ 16 การกระจายตัวของความเค้นในแบบจำลองหมวกกันน็อค ความยาวเส้นใย 30 mm กรณีตกกระแทก



รูปที่ 17 การกระจายตัวของความเค้นในแบบจำลองหมวกกันน็อค ความยาวเส้นใย 40 mm กรณีตกกระแทก



รูปที่ 18 การกระจายตัวของความเค้นในแบบจำลองหมวกกันน็อค ความยาวเส้นใย 50 mm กรณีตกกระแทก

4. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยมะพร้าว มาเป็นวัสดุประกอบสำหรับทำเปลือกหมวกกันน็อค โดยสามารถเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระแทกของหมวกกันน็อคให้ดีขึ้น ซึ่งเห็นได้จากค่าภาระสูงสุด (Pmax) ที่ลดลง ค่าภาระเฉลี่ย (Pmean) ที่สูงขึ้น และค่าความเร่งสูงสุด (Peak Acceleration) ที่ลดลงด้วย แต่ในส่วนของการบาดเจ็บที่

ศีรษะ (HIC) ยังมีค่าไม่ต่างจากหมวกในท้องตลาดมากนักจึง อาจจะต้องทำการศึกษาและพัฒนาต่อไป

การศึกษานี้ยังเปรียบเทียบขนาดเส้นใยมะพร้าวที่ ความยาวต่างกัน 3 ขนาด คือ 30, 40 และ 50 mm และพบว่า ความยาวเส้นใยมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติการรับแรงกระแทก และความสามารถในการป้องกันการบาดเจ็บของหมวกกันน็อค ที่เป็นวัสดุผสม โดยพบว่าเปลือกหมวกที่เสริมเส้นใยมะพร้าว ความยาวเส้นใย 30 mm มีความสามารถในการดูดซับแรง กระแทกดีที่สุด เนื่องจากให้ค่า Pmax น้อยที่สุด และค่า Pmean สูงที่สุด และมีความสามารถในการป้องกันการ บาดเจ็บดีที่สุด เนื่องจากให้ค่า Peak Acceleration และ ค่า HIC ต่ำที่สุด อีกทั้งยังพบว่าเปลือกหมวกที่เส้นใย 30 mm สามารถกระจายความเค้นได้ดีที่สุดอีกด้วย การศึกษานี้ถือเป็น ระยะเริ่มต้นของการนำวัสดุธรรมชาติมาเสริมแรงในเปลือก หมวกกันน็อค แต่ก็ยังคงมีอีกหลายประเด็นที่ต้องศึกษาและ ตรวจสอบเพิ่มเติม ได้แก่ รูปแบบและลักษณะการวางแนว เส้นใย เป็นต้น รวมถึงขนาดของเส้นใยที่มีความยาวน้อยกว่า 30 mm ก็เป็นประเด็นที่นำศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุน เครื่องมือ และอุปกรณ์ประกอบการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Health Organization. *WHO Global status report on road safety 2018*. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>. [เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2566].
- [2] Thai Rhodes Foundation. The rate of wearing helmets of motorcycle users in Thailand in 2018. Available from: <https://www.trso.thairoads.org/resources/5026>. [เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2566].
- [3] Kanitpong K, Boontob N, Tanaboriboon Y. Helmet Use and Effectiveness in Reducing the Severity of Head Injuries in Thailand. *Journal of Transportation Research Board*. 2008; 2048(1): 66-76.

- [4] Dhinakaran V, Gokhulabalan B, Kumar RA, Ravichandran M. Advancement in materials for industrial safety helmets. *Materials Today: Proceedings*. 2020; 27(Pt 2): 777-782.
- [5] Economic Commission for Europe. Uniform provisions concerning the approval of protective helmets and of their visors for drivers and passengers of motorcycles and mopeds. Regulation No. 22, Revision 4. Available from: <https://unece.org/sites/default/files/2021-08/R022r5e.pdf>. [เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2566].
- [6] Snell Memorial Foundation. *Standard for protective head gear for use with motorcycles and other motorized vehicles*. Snell Memorial Foundation. Available from: <https://smf.org/standards/m/2015/M2015FinalFinal.pdf>. [เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2566].
- [7] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. *หมวกนิรภัยสำหรับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์*. เข้าถึงได้จาก: https://service.tisi.go.th/fulltext/369_2557.pdf [เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2566].
- [8] Adeniyi AG, Onifade DV, Ighalo JO, Adeoye AS. A review of coir fiber reinforced polymer composites. *Composites Part B*. 2019; 176: 107305.
- [9] Biswas S, Kindo S, Patnaik A. Effect of fiber length on mechanical behavior of coir fiber reinforced epoxy composites. *Fibers and Polymers*. 2011; 1(12): 73-78.
- [10] Balachandar M, Ramnath BV, Jagadeeshwar P, Yokesh R. Mechanical behavior of Natural and Glass fiber reinforced with polymer matrix composite. *Materials Today: Proceedings*. 2019; 16(Pt 2): 1297-1303.
- [11] Haque M, Hasan M, Islam S, Ali E. Physico-mechanical properties of chemically treated palm and coir fiber reinforced polypropylene composites. *Bioresource Technology*. 2009; 100(20): 4903-4906.
- [12] Rajamuneeswaran S, Vairamuthu J, Nagarajan S, Stalin B, Jayabal S. A comparative study on mechanical properties of coir fiber reinforced polymer composites filled with calcium carbonate particles. *Materials Today: Proceedings*. 2020; 33(Pt 7): 4790-4792.
- [13] Gopinath A, Kumar MS, Elayaperumal A. experimental investigations on mechanical properties of jute fiber reinforced composites with polyester and epoxy resin matrices. *Procedia Engineering*. 2014; 97: 2052-2063.
- [14] Millan MR, Rubio I, Burpo FJ, Tse KM, Olmedo A, Loya JA, et al. Experimental and numerical analyses of ballistic resistance evaluation of combat helmet using Hybrid III headform. *International Journal of Impact Engineering*. 2023; 176: 104653.
- [15] Vaishnavi B, Sri PD, Vardhan TH, Kumar A. Study on two wheeler helmet for reducing head injuries on different 3D- printed materials: A numerical analysis. *Materials Today: Proceedings*. 2023.
- [16] Sakkampang K, Thinvongpituk C. The study on application of rubber sponges for impact absorber for motorcycle helmets. *Proceedings of ISER-ACN International Conference*. 2019; 1: 52-57.