การศึกษาสมบัติของวัสดุฉนวนกันความร้อนแบบแผ่นแซนวิชรังผึ้งไม้อัด ด้วยวิธีการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

Study of the Thermal Insulation Material Properties with Plywood Inserted Honeycomb Sandwich Panels by Finite Element-Simulation

อำนวย เรืองวารี[1] ศิริชัย ต่อสกุล[2] และวารุณี เปรมานนท์[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้แผ่นแซนวิชรังผึ้งเสริมแผ่นไม้อัดสำหรับใช้เป็นโครงสร้างอาคารทดแทนวัสดุก่อสร้างอื่น การเลือกใช้แผ่นไม้อัดเพื่อเสริมแผ่นแซนวิชรังผึ้งจะใช้ไม้อัดที่มีขายตามร้านค้าทองถิ่นคือแผ่นไม้อัดจีน แผ่นไม้อัดยาง และแผ่นไม้อัดสัก การวิเคราะห์โครงสร้างใช้การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อทดสอบการถ่ายเทความร้อนของวัสดุแซนวิชแต่ละชนิด ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่าการเสริมไม้อัดในวัสดุแซนวิชสามารถลดปริมาณการนำความร้อนลงได้ ซึ่งไม้อัดทั้งสามชนิดที่นำมาทดสอบมีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกัน ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนสำหรับวัสดุแซนวิชเสริมไม้อัดจีนให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นวัสดุแซนวิชเสริมไม้อัดสัก และวัสดุแซนวิชเสริมไม้อัดยาง ตามลำดับ และมีค่าอุณหภูมิแตกต่างประมาณ 0.1 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : แซนวิชรังผึ้ง, การถ่ายเทความร้อน, การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์, ไม้อัด

Abstract

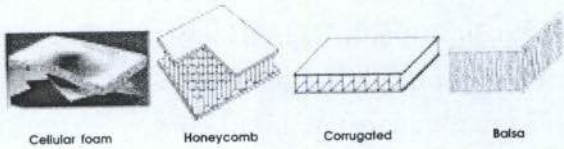
This research had been studied the application of honeycomb sandwich panels by inserting plywood for use as a substitute other building materials. The inserting plywood of the honeycomb sandwich panels was selected from among local stores which are chines plywood, teak plywood, and rubber plywood. The analysis of honeycomb sandwich material had been simulated through finite element simulation in order to test for its heat transfer of each sandwich. The finite element simulation results it could be concluded that sandwich panel materials inserting with plywood could all reduce heat conduction. All three kinds of plywood have very close heat conduction rates. Nevertheless, the results from finite element simulation in chines plywood had shown that it had the best thermal insulation rate whilst teak plywood and rubber plywood came in second and third respectively. Each material has 0.1 °C difference in temperature.

Keywords : submission procedure, manuscript format, font side, font style and blank line.

[1] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[3] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1. บทนำ

โครงสร้างแซนวิช (Sandwich structure) เป็นโครงสร้างประเภทหนึ่งของวัสดุเชิงประกอบ (Composite material) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นประกบด้าน บนและด้านล่าง (Faces) มีความบางแต่มีความแข็งแรงสูง ส่วนแกนกลาง (Core) เป็นวัสดุน้ำหนักเบา [1]-[2] แผ่นประกบและแกนถูกยึดเข้าด้วยกันด้วย ดังรูปที่ 1 วัสดุแซนวิชถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแกร่ง และความแข็งแรงของโครงสร้าง โดยมีคุณสมบัติเด่นคือ มีโครงสร้างเบา (Lightweight Construction) [3] แผ่นประกบรับความเค้นดึง และความเค้นอัด ส่วนแกนกลางรับความเค้นเฉือนเท่านั้น [4]



รูปที่ 1 ชนิดของวัสดุแซนวิช [1]

วัสดุแซนวิชสามารถแบ่งประเภทออกได้เป็น 4 ประเภท คือ แซนวิชโฟม (Cellular foam) แซนวิชรังผึ้ง (Honeycomb) แซนวิชคอลลอเกจ (Corrugated) และแซนวิชไม้ (Balsa) [5] วัสดุแซนวิชถูกนำมาใช้งานในวงการเทคโนโลยียานอวกาศ เรือ การขนส่ง และ ยานยนต์ [6], [7] เพื่อเพิ่มความเข้าใจพฤติกรรมของวัสดุแซนวิชในการออกแบบจำเป็นอย่างยิ่งต้องนำเทคโนโลยีไฟไนท์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) มาใช้ช่วยวิเคราะห์วัสดุแซนวิช สำหรับงานวิจัยนี้ทำการวิจัยการประยุกต์ใช้แผ่นแซนวิชรังผึ้งเสริมแผ่นไม้อัดสำหรับใช้เป็นโครงสร้างอาคารทดแทนวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ ซึ่งเลือกใช้แผ่นไม้อัดที่มีใช้ตามท้องตลาด คือแผ่นไม้อัดจีน แผ่นไม้อัดยาง และแผ่นไม้อัดสัก เสริมในวัสดุแซนวิชชนิดรังผึ้ง โดยทำการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อทดสอบการถ่ายเทความร้อนของวัสดุแซนวิชแต่ละชนิด ซึ่งสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการนำไปใช้งานต่อไป

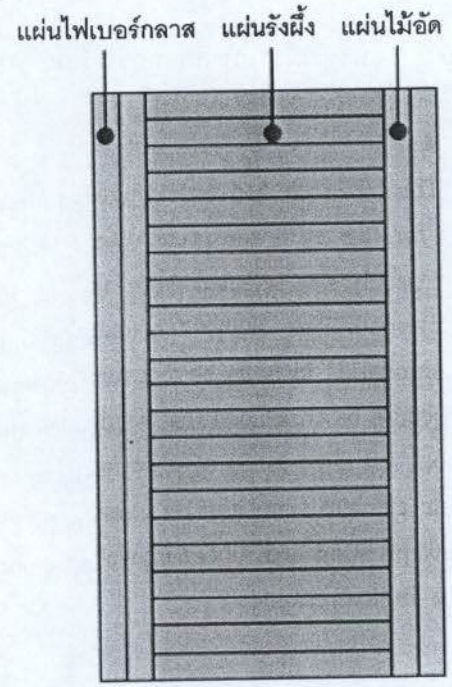
2. วิธีการทดลอง

2.1 การออกแบบโมเดลไฟไนต์เอลิเมนต์

การออกแบบโมเดลไฟไนต์เอลิเมนต์ใช้หลักการออกแบบรูปร่างของแกนรังผึ้ง ตามทฤษฎีของ Zenkert [5] ซึ่งโมเดลมีขนาดมิติ คือ 300x300x40 มิลลิเมตร ประกอบด้วยวัสดุไฟเบอร์กลาสเป็นแผ่นประกบ ไม้อัด (ไม้อัดจีน ไม้อัดยาง และไม้อัดยาง) และแกนกลางเป็นพอลีโพรไพลีน (Polypropylene) เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ถูกต้อง ทำการสร้างโมเดลในโปรแกรม Solid work โดยการแปลงไฟล์เป็นนามสกุล IGES เพื่อให้สามารถนำไปเปิดได้ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ลักษณะโมเดลที่ได้ออกแบบดังรูปที่ 2

2.2 การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์วัสดุแซนวิชชนิดรังผึ้ง

เนื่องจากโครงสร้างของแซนวิชรังผึ้งมีลักษณะสมมาตรกัน ในการจำลองจึงสร้างโมเดลเพียงรังผึ้งเดียว เพื่อลดความผิดพลาด ในการจำลองและเวลาในการคำนวณเอลิเมนต์ การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถดำเนินการอยู่สามขั้นตอน [2], [8] ดังนี้



รูปที่ 2 การออกแบบโมเดลวัสดุแซนวิช

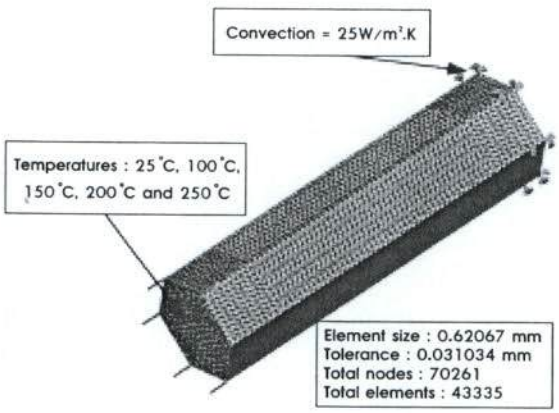
ขั้นตอนที่ 1 เตรียมโมเดล (Pre-processor)

1. กำหนดชนิดการวิเคราะห์แบบ Structure Analysis
2. กำหนดเอลิเมนต์ของโครงสร้างแบบ Brick Element (Solid)
3. กำหนดวัสดุ แบบ Isotropic Material
4. แบ่งโครงสร้างออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย ๆ (Model Mesh Settings) ขนาด 0.62067 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเอลิเมนต์

รายละเอียด	จำนวน
Element size	0.620670 mm.
Tolerance	0.031034 mm.
Total Nodes	70,261
Total Elements	43,335

5. กำหนดเงื่อนไขขอบ Boundary Conditions (Constrains and Loads)
   - กำหนดอุณหภูมิ 50, 100, 150, 200 และ 250 องศาเซลเซียส กำหนด Heat transfer mechanism : Convection เท่ากับ 25 $W/m^2.K$ แสดงดังรูปที่ 3



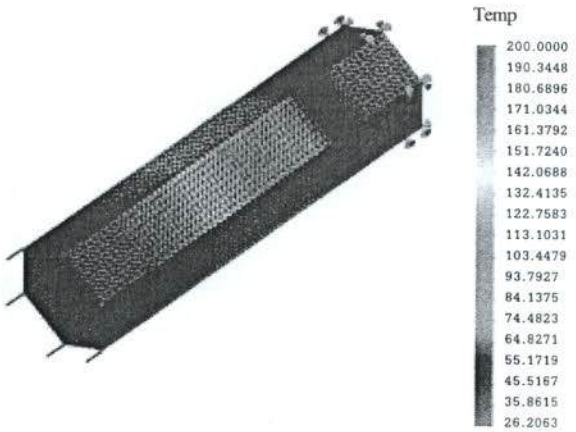
รูปที่ 3 การกำหนด Boundary Conditions

ขั้นตอนที่ 2 ประมวลผล (Solve)

ขั้นตอนที่ 3 แสดงผลลัพธ์ (Post-processor)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

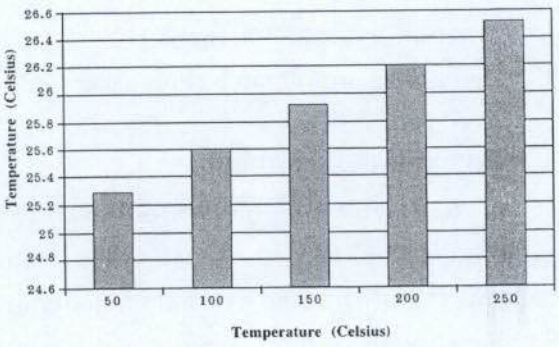
ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่มีความร้อนกระทำตั้งแต่อุณหภูมิ 50°C 100°C 150°C 200 C และ 250°C พบว่าลักษณะการถ่ายเทความร้อนเหมือน กันกล่าวคือ เกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน ซึ่งการนำความร้อนเกิดได้ไม่ดีในช่วงของวัสดุแซนวิชรังผึ้ง เนื่องจากวัสดุแซนวิชรังผึ้งมีความเป็นฉนวน ซึ่งมีช่องว่างของอากาศทำให้อุณหภูมิตกลงอย่างรวดเร็ว แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 200°C

3.1 การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้อัดสัก

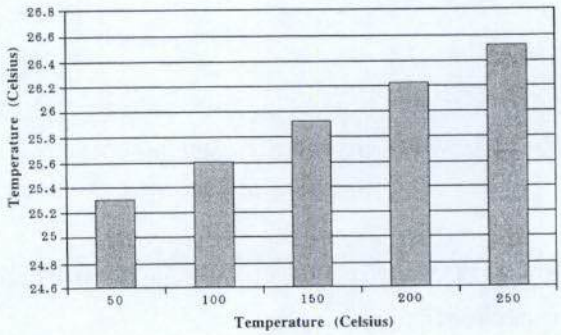
ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ในรูปที่ 5 พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเกิดการนำความร้อนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ทำให้การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิอีกด้านของผนังมีค่าสูงสุด ซึ่งจากการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่อุณหภูมิ 50-250 องศาเซลเซียส มีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 50 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.3 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5 การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 50-200 °C ของไม้อัดสัก

3.2 การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้อัดยาง

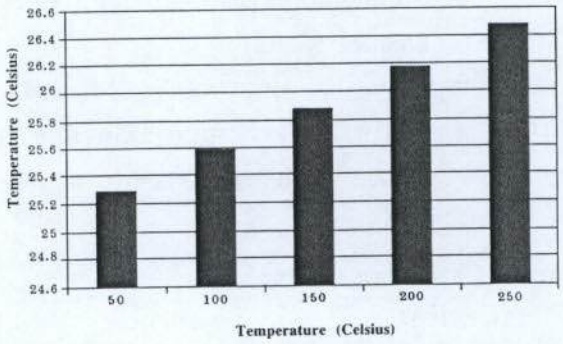
ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ในรูปที่ 6 พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเกิดการนำความร้อนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ทำให้การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิอีกด้านของผนังมีค่าสูงสุดซึ่งจากการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่อุณหภูมิ 50-250 องศาเซลเซียส มีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 50 องศาเซลเซียสประมาณ 0.304 องศาเซลเซียส



รูปที่ 6 การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 50-200 °C ของไม้อัดยาง

3.3 การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้อัดจีน

ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ในรูปที่ 5 พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเกิดการนำความร้อนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ทำให้การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิอีกด้านของผนังมีค่าสูงสุด ซึ่งจากการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่อุณหภูมิ 50-250 องศาเซลเซียส มีค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก ๆ 50 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.2964 องศาเซลเซียส



รูปที่ 7 การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนที่อุณหภูมิ 50-200 °C ของไม้อัดจีน

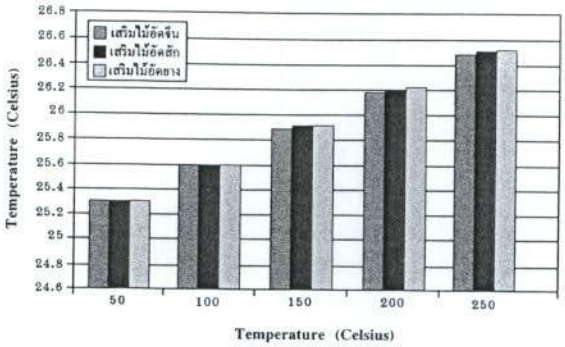
3.4 การเปรียบเทียบผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่ารูปทรงรังผึ้ง (Cores) มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความโดยการนำความร้อน ซึ่งพบว่าสามารถเกิดการนำความร้อนไม่ได้ดี ทำให้เกิดสูญเสียความร้อนภายใน เนื่องจากมีช่องว่างภายในทำให้เกิดการนำความร้อนลดลง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ Zenkert [5] นอกจากนี้พบว่าการเสริมไม้อัดในวัสดุแซนวิชทำให้ลดปริมาณการนำความร้อนลงได้ ซึ่งไม้อัดทั้งสามชนิดมีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกันมาก ซึ่งผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนสำหรับวัสดุแซนวิชเสริมไม้อัดจีนให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นวัสดุแซนวิชเสริมไม้อัดสัก และวัสดุแซนวิชเสริมไม้อัดยาง ตามลำดับ

3.5 เปรียบเทียบผลการทดสอบความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C 518

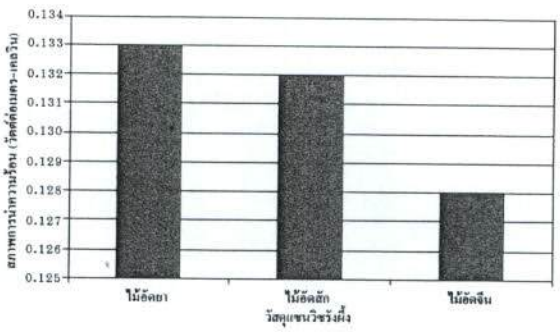
ผลการทดสอบสภาพการนำความร้อนตามมาตรฐาน AMTM C 518 ดังรูปที่ 9 พบว่าวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้จีนให้ค่าการนำความร้อนต่ำ แสดงว่าวัสดุ

แซนวิชชนิดนี้มีความเป็นฉนวนได้ดี รองลงมาเป็นวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้อัดสัก และวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้อัดยางตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบมีความสอดคล้องกับผลการทดลองเป็นอย่างดี

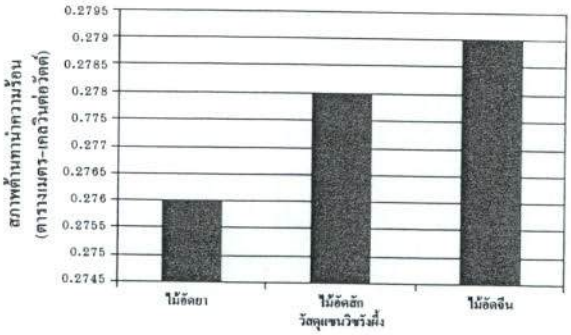


รูปที่ 8 การเปรียบผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้อัดทั้งสามชนิด

ผลการทดสอบสภาพการต้านทานความร้อนตามมาตรฐาน AMTM C 518 ดังรูปที่ 10 พบว่าวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้จีนให้ค่าการต้านทานความร้อนสูง แสดงว่าวัสดุแซนวิชชนิดนี้มีความเป็นฉนวนได้ดี รองลงมาเป็นวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้อัดสัก และวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้อัดยางตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบมีความสอดคล้องกับผลการทดลองเป็นอย่างดี



รูปที่ 9 ผลการทดสอบสภาพการนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C 518



รูปที่ 10 ผลการทดสอบสภาพการต้านทานความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C 518

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ให้แนวทางการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุแซนวิชชนิดรังผึ้ง ซึ่งนอกจากมีความแข็งแรงแล้วยังเป็นวัสดุฉนวนกันความร้อน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เสริมวัสดุไม้อัดลงไปเพื่อต้องการทราบความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมไม้อัดทั้งสามชนิดสามารถลดการนำความร้อนได้ดี โดยเฉพาะวัสดุแซนวิชรังผึ้งเสริมไม้อัดจีน สามารถลดการถ่ายเทความร้อน หรือสภาพต้านทานความร้อนได้ดีที่สุด และมีค่าอุณหภูมิแตกต่างประมาณ 0.1 องศาเซนเซียส ซึ่งผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์มีความสอดคล้องกับผลการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C 518

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 ภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการการอุดมศึกษา และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในการเอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Allen, H.G. 1969. **Analysis and Design of Structural Sandwich Panels**. London: Pergamon Press.

[2] Bathe, K.J. 2002. **Finite-Elemente-Methoden**. Auflage 2. Berlin: Springer-Verlag.

[3] Pflug, J., Vagrimde, B., & Verpoest, I. (2003). **Material Efficiency and Cost Effectiveness of Sandwich Materials**. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.

[4] Burman, M.1998. **Fatigue Crack Initiation and Propagation in Sandwich Structures**. Division of Lightweight Structures, Royal Institute of Technology, Stockholm.

[5] Zenkert, D.1997. **The Handbook of Sanwich Construction**. London: EMAS.

[6] Hohe, J.and Librescu, L.2004. **Core and Face-Sheet Anisotropy in Deformation and Buckling of Sandwich Panels**, AIAA Journal, 42.

[7] Starlinger, A.(1991). **Development of Efficient Finite Shell Elements for Analysis of Sandwich Structures under Large Instabilities**. Dsseldorf: VDI-Verlag GmbH.

[8] Kress, G., 2004. **Strukturanalyse mit FEM**. ETH, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zrich.