บทที่ 5

การอภิปรายผลการวิจัย

การคำนวณในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งการคำนวณออกเป็นสองช่วง ในช่วงแรกเป็นการคำนวณหาเทอมที่เป็นผลรวมของแรงที่กระจายออกไปอย่างสม่ำเสมอ โดยสมมติให้แรงที่กระจายออกไปนี้อยู่ในรูปของอนุกรมฟูเรียทวีคูณและคิดเฉพาะเทอมที่เป็นเลขคี่ ปรากฏว่าอนุกรมคอนเวิจช้ามาก จึงต้องใช้ผลรวมของเทอมในอนุกรมเป็นจำนวนหลายเทอม สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้คิดผลรวมของอนุกรม ตั้งแต่ k = 1,..57 และ l = 1,..57 เป็นจำนวนเทอมที่ใช้คำนวนจริงๆ 29 x 29 เทอมปรากฏว่ามีค่าผิดพลาดเกิดขึ้น 3.46 % เมื่อเทียบกับที่ใช้จำนวนเทอม 27 x 27 แต่เมื่อเพิ่มจำนวนเทอมให้มากขึ้นไปอีก ค่าผิดพลาดจะลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นจึงคิดเพียง 29 x 29 เทอม ซึ่งก็มีค่าผิดพลาดที่พอจะยอมรับได้

ในช่วงที่สองเป็นการคำนวณหาค่าดีเฟล็คชัน สเตรสรีซัลแต้นท์และสเตรสคัปเปิล ซึ่งขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นของ w สำหรับการวิเคราะห์นี้ได้สมมติฟังก์ชั่นของ w สอดคล้องกับสภาพของขอบทั้งหมดและเป็นแบบคอมพลีทซีเควนซ์ คำตอบที่ได้จึงเป็นคำตอบที่แน่นอนเมื่อใช้เทอมทั้งหมดในคอมพลีทซี - เควนซ์และมีข้อดีอีกอย่างหนึ่งก็คือ ฟังก์ชั่นที่สมมติขึ้นนี้มีการคอนเวิจดีมาก เพราะคิดผลรวมของ อนุกรมตั้งแต่ m = 1,..9 และ n = 1,..9 ใช้เทอมในการคำนวณจริงๆ 5 x 5 เทอม ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีน้อยกว่า 0.01 % ซึ่งนับว่าน้อยมากจนสามารถคิดได้ว่าเป็นคำตอบที่แน่นอนแล้วผลที่ได้นี้สอดคล้องกับความเห็นของเช็ทที้และท็อดเทนแฮมที่ว่า การแก้ปัญหาโดยใช้อนุกรมฟูเรีย จะได้ผลไม่สมบูรณ์ควรที่จะใช้วิธีวาริเอชั่นหาคำตอบ ซึ่งจะได้คำตอบที่มีความถูกต้องมากและคำตอบคอน-เวิจดีมาก ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นที่สมมติขึ้นด้วย ถ้าสมมติฟังก์ชั่นไม่เหมาะสมคำตอบจะไม่คอนเวิจ

จากผลการคำนวณที่ได้เขียนเป็นกราฟไว้ในรูปของเทอมไร้มิตินั้น จะพบว่า ดีเฟล็คชัน สเตรสรีซัลแต้นท์ และสเตรสคัปเปิล จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปลี่ยนค่า a/b และ c/h ซึ่งจะได้แยกกล่าวไว้โดยละเอียดได้ดังนี้

ดีเฟล็คชัน w มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ a/b เพิ่มขึ้น ทุกๆจุดบนเปลือกบาง แต่เมื่อเพิ่มค่า c/h ดี-เฟล็คชันจะลดลง โดยทั่วไปจากผลการคำนวณพบว่าดีเฟล็คชันเป็นศูนย์ที่ขอบของเปลือกบาง ทั้งนี้ก็เป็นไปตามสภาพของขอบที่ตั้งขึ้นและมีค่าสูงสุดที่บริเวณกึ่งกลางของเปลือกบาง

สเตรสรีซัลแต้นท์ N_x มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ a/b เพิ่มขึ้นทุกๆจุดบนเปลือกบาง และเมื่อ c/h เพิ่มขึ้น สเตรสรีซัลแต้นท์ N_x ก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าเปลือกบางตื้นมากจนมีลักษณะใกล้โครงสร้างแผ่นแบน N_x จะมีค่าเป็นศูนย์เพราะ c/h เป็นศูนย์ จากการคำนวณพบว่า N_x มีค่าเป็นศูนย์ ที่บริเวณขอบและที่กึ่งกลางของเปลือกบาง ส่วนค่าสูงสุดเกิดขึ้นที่ระยะทาง 1/4 และ 3/4 จากขอบข้างหนึ่งของเปลือกบาง

สเตรสรีซัลแต้นท์ N_y มีค่าลดลงเมื่อ a/b เพิ่มขึ้น และเมื่อ c/h เพิ่มขึ้น N_y ก็ เพิ่มขึ้นด้วย N_y มีค่าเป็นศูนย์ที่บริเวณขอบและที่กึ่งกลางของเปลือกบางเช่นเดียวกับ N_x และค่าสูงสุดเกิดขึ้นที่ระยะ 1/4 และ 3/4 จากขอบของเปลือกบาง แต่มีสิ่งที่น่าสนใจคือบริเวณที่ N_y และ N_x มีค่าสูงสุด เมื่อ a/b = 1.00 ค่าของ N_y จะเท่ากับ N_x แต่เมื่อ a/b เพิ่มขึ้นค่า N_x เพิ่มขึ้นแต่ N_y มีค่าลดลงเป็นสัดส่วนกับ N_x คือเมื่อ a/b เพิ่มขึ้นเป็น 1.25 N_yจะน้อยกว่า N_x อยู่ 1.56 เท่าทุกๆค่า c/h เมื่อ a/b เพิ่มเป็น 1.50 N_y จะน้อยกว่า N_x อยู่ 2.25 เท่าทุกๆค่า c/h เช่นกัน เมื่อ a/b เพิ่มเป็น 1.75 N_y จะน้อยกว่า N_x อยู่ 3.07 เท่าทุกๆค่า c/h และ เมื่อ a/b = 2.00 N_y จะน้อยกว่า N_x อยู่ 4.03 เท่าทุกๆค่า c/h เช่นกัน ดังนั้นถ้าเปลือกบางยาวมากขึ้น นั่นก็คือ a/b มีค่ามากขึ้นอีก N_y ก็จะลดลงตามลำดับจนถึงจุดหนึ่งที่ N_y มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ N_x ก็อาจคิดเฉพาะ N_x แต่เพียงอย่างเดียวได้

สเตรสรีซัลแต้นท์ N_{xy} มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ c/h เพิ่ม และเมื่อ a/b เพิ่มขึ้นค่า N_{xy} ก็เพิ่มขึ้นด้วย N_{xy} มีค่าสูงสุดที่บริเวณขอบและกึ่งกลางของเปลือกบาง แต่เครื่องหมายตรงกันข้าม บริเวณที่ N_{xy} เปลี่ยนเครื่องหมายอยู่ที่ระยะ 1/4 และ 3/4 จากขอบของเปลือกบาง ค่าของ N_{xy} ไม่สม่ำเสมอดังเช่นค่าที่ได้จากทฤษฎีเมมเบรน

สเตรสคัปเปิล M_x มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม a/b แต่ลดลงเมื่อ c/h เพิ่ม ค่า M_x สูงสุดเกิดขึ้นที่กึ่งกลางของเปลือกบางมีค่าเป็นบวกและที่บริเวณขอบมีค่าเป็นลบและมีค่าน้อย M_x มีเครื่องหมายเปลี่ยนแปลงที่ระยะ 1/4 และ 3/4 จากขอบของเปลือกบาง

สเตรสคัปเปิล M_y มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ a/b เพิ่มขึ้น และมีค่าลดลงเมื่อ c/h เพิ่มขึ้น ค่าM_y จะมีค่าน้อยมากที่บริเวณขอบของเปลือกบางและมีค่าเป็นลบ จุดที่ M_y เปลี่ยนเครื่องหมายจะอยู่ที่ระยะ 1/12 และ 11/12 จากขอบของเปลือกบาง และค่าสูงสุดเกิดขึ้นที่กึ่งกลางของเปลือกบาง สิ่งที่น่าสังเกตุของ M_y กับ M_x ก็คือ บริเวณที่ M_y และ M_x มีค่าสูงสุด M_y มีค่ามากกว่า M_x อยู่เสมอ

เมื่อ a/b = 1.00 M_y มากกว่า M_x อยู่ 1.04 เท่าทุกๆค่า c/h เมื่อ a/b เพิ่มเป็น1.25 M_y มากกว่า M_x อยู่ 1.42 เท่าทุกๆค่า c/h เมื่อ a/b เป็น 1.50 M_y มากกว่า M_x อยู่ 1.81 เท่าทุกค่า c/h เมื่อ a/b เพิ่มเป็น 1.75 M_y มากกว่า M_x อยู่ 2.19 เท่า ทุกค่า c/h และ เมื่อ a/b เป็น 2.00 M_y มากกว่า M_x อยู่ 2.56 เท่าทุกๆค่า c/h

สเตรสคัปเปิล M_{xy} มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ a/b เพิ่มขึ้น แต่มีค่าลดลงเมื่อ c/h เพิ่มขึ้น M_{xy} มีค่าเป็นศูนย์ที่ขอบและที่กึ่งกลางของเปลือกบางเช่นเดียวกับ N_x และ N_y ค่าสูงสุดเกิดที่ระยะ 1/4 และ 3/4 จากขอบของเปลือกบาง M_{xy} มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ M_x และ M_y คือค่าสูงสุดของ M_{xy} มีค่าประมาณ 0.7 % ของค่าสูงสุดของ M_x เท่านั้น ดังนั้นถ้าไม่ต้องการใช้ ผลการคำนวณที่ต้องการความแม่นยำมากนักอาจตัดทิ้งได้

จากที่กล่าวมาแล้วนี้พบว่า ดีเฟล็คชันสูงสุดเกิดที่บริเวณกึ่งกลางของเปลือกบาง สเตรสรีซัลแต้นท์ N_x และ N_y สูงสุดเกิดขึ้นที่ระยะ 1/4 และ 3/4 จากขอบของเปลือกบาง สเตรสรีซัลแต้นท์ N_{xy} มีค่าสูงสุดที่ขอบและกึ่งกลางของเปลือกบาง สเตรสคัปเปิล M_x , M_y มีค่าสูงสุดที่กึ่งกลางของเปลือกบาง ส่วนสเตรสคัปเปิล M_{xy} สูงสุดเกิดที่ระยะ 1/4 และ 3/4 จากขอบของเปลือกบาง สเตรสรีซัลแต้นท์เป็นฟังก์ชั่นของ a^3c/h^2b ดังนั้น ค่าสเตรสรีซัลแต้นท์จะมากหรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับ a^3c/h^2b แต่ตัวที่มีผลต่อสเตรสรีซัลแต้นท์มากที่สุดคือ a เพราะมีกำลังเป็นสาม ส่วนh มีผลน้อยด้วยเหตุนี้เอง เมื่อ a/b มากขึ้น จึงทำให้ N_x เพิ่มมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการคำนวณที่ได้กล่าวมาแล้ว และเมื่อ c/h เพิ่มขึ้นโดยที่ค่า h คงที่ ก็ทำให้ N_x เพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนสเตรสคัปเปิล M_x และ M_y เป็นฟังก์ชั่นกับ a^2 ดังนั้น เมื่อ a/b เพิ่มขึ้นจึงทำให้สเตรสคัปเปิลเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นขนาดเปลือกบางที่จะทำให้สเตรสรีซัลแต้นท์และสเตรสคัปเปิลต่ำสุดก็เมื่อ a = b และจะมีค่าสูงสุดเมื่อ a = 2b สำหรับบริเวณที่มีสเตรสรีซัลแต้นท์และสเตรสคัปเปิลสูง เมื่อเวลาใช้งานควรทำให้หนาขึ้นกว่าปกติ หรือ เสริมให้แข็งแรงเป็นพิเศษ