

บทที่ 4

ตัวอย่างการคำนวณเชิงตัวเลข

4.1 คำนำ

เนื้อหาในบทนี้แสดงตัวอย่างการคำนวณเชิงตัวเลขสำหรับขั้นตอนวิธีการหารูปแบบและแบบตัดของโครงสร้างเปลือกบางที่นำเสนอในการศึกษานี้เปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีในงานวิจัยที่ผ่านมา (Kim และ Lee) โดยตัวอย่างที่ 1 แสดงการตรวจสอบการผลลการวิเคราะห์โครงสร้างเปลือกบางภายใต้น้ำหนักบรรทุกทุกเปรียบเทียบกับผลงานที่ผ่านมา ตัวอย่างที่ 2 แสดงการหารูปแบบและแบบตัดของโครงสร้างเปลือกบางที่มีลักษณะพื้นผิวทรงพาราโบล่าเชิงไฮเพอร์โบล่าโดยอาศัยขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ และตัวอย่างที่ 3 แสดงการหารูปแบบและแบบตัดของโครงสร้างเปลือกบางรูปกรวยซึ่งบริเวณจุดยอดมีความโค้งค่อนข้างมาก

4.2 ตัวอย่างการคำนวณเชิงตัวเลข

ตัวอย่างที่ 1

โครงสร้างเปลือกบางที่พิจารณาสำหรับตัวอย่างนี้มีลักษณะเป็นระนาบสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีหน่วยแรงเริ่มต้น จำนวนและการจัดเรียงของชั้นส่วนย่อยเป็นไปตามงานวิจัยของ Gil (2006) โดยเงื่อนไขขอบเขตทั้งสี่ด้านเป็นแบบยึดแน่น ความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 609.60 ซม. และความหนา 0.0106 ซม. ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 2,109,208.90 กก./ตร.ซม. และค่าอัตราส่วนปัวซอง 0.3 พิจารณาคุณสมบัติของวัสดุแบบเหมือนกันทุกทิศทาง กำหนดค่าหน่วยแรงเริ่มต้น 5,624.56 กก./ตร.ซม. กระจายค่าสม้ำเสมอ (หน่วยแรงเฉือนเป็นศูนย์) และค่าน้ำหนักบรรทุก 4,534.56 กก. กระทำบริเวณจุดต่อที่ 21 ในทิศทาง $-X_3$ ดังรูปที่ 4.1

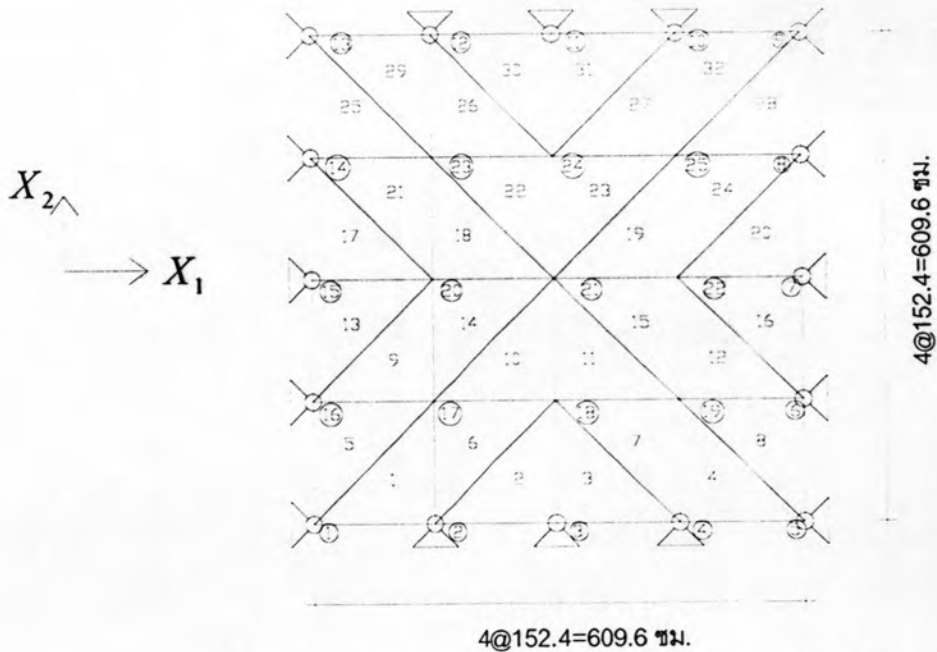
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับแบบจำลองโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1

รายการ	จำนวน	หน่วย
ชิ้นส่วนย่อย	32	ชิ้นส่วน
จุดต่อ	25	จุดต่อ
จุดต่อ/ชิ้นส่วนย่อย	3	จุดต่อ
ระดับความชันเสรี/จุดต่อ	3	ระดับชั้นความเร็ว
สมการเงื่อนไขขอบเขต	48	สมการ

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าการกระจัด

หน่วย : ซม.

จุดต่อ	Levy และ Spillers (2003)			Gil (2006)			งานวิจัยนี้		
	u	v	w	u	v	w	u	v	w
23	0.0381	-0.0381	-3.63474	0.03556	-0.03556	-3.61442	0.03556	-0.03556	-3.62966
24	0	-0.04318	-6.6167	0	-0.04318	-6.604	0	-0.04318	-6.604
21	0	0	-16.87068	0	0	-16.83004	0	0	-16.83004



รูปที่ 4.1 โครงสร้างเปลือกบางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสในระนาบสองมิติ ($X_1 - X_2$)

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบหน่วยแรงโคซี

หน่วย : กก./ตร.ซม.

ชิ้นส่วนย่อย	Levy และ Spillers (2003)			Gil (2006)			งานวิจัยนี้		
	σ_{11}	σ_{22}	σ_{12}	σ_{11}	σ_{22}	σ_{12}	σ_{11}	σ_{22}	σ_{12}
25	6846.301	5991.015	-197.001	6840.888	5987.640	-196.649	6836.599	5985.812	-196.438
26	5871.352	6809.882	-608.649	5870.719	6807.843	-606.821	5870.860	6808.476	-609.985
18	10172.815	6878.221	-1097.917	10157.347	6879.486	-1089.902	10181.111	6865.355	-1104.526

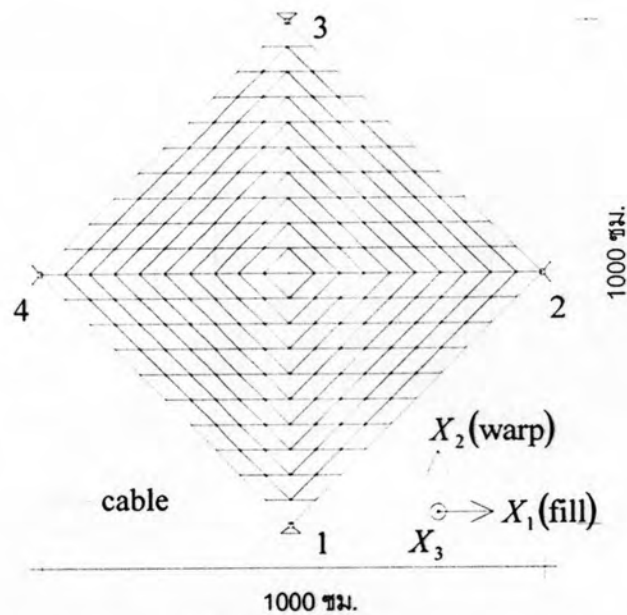
ตัวอย่างนี้แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างเปลือกบางภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Levy และ Spillers, 2003 และ Gil, 2006) การกำหนดค่าหน่วยแรงเริ่มต้น เพื่อให้โครงสร้างเปลือกบางเกิดการเสียรูปและสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจนกระทั่งสามารถได้ ตารางที่ 4.2 และ 4.3 แสดงค่าการกระจัดและค่าหน่วยแรงโคซีที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างแบบไม่เชิงเส้นในการศึกษานี้เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากงานวิจัยของ Levy และ Spillers, 2003 และ Gil, 2006 จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากงานวิจัยนี้ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของ Levy และ Spillers, 2003 และ Gil, 2006 โดยมีความแตกต่างของการกระจัดในช่วง -0.00 % ถึง 6.69 % และความแตกต่างของหน่วยแรงโคซีในช่วง -0.29 % ถึง 1.34 %

ตัวอย่างที่ 2

กำหนดจำนวนและการเรียงตัวของชิ้นส่วนย่อยในระนาบสองมิติสำหรับโครงสร้างเปลือกบางเป็นไปตามงานวิจัยของ Kim และ Lee (2002) ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยที่ขอบทั้งสี่ด้านของโครงสร้างถูกขึงด้วยเคเบิลซึ่งมีจุดรองรับ 4 จุด กำหนดค่าหน่วยแรงเป้าหมายในพื้นที่ผิวโครงสร้าง 32 กก./ตร.ซม. และค่าหน่วยแรงในเคเบิล 2000 กก./ตร.ซม. การกระจัดของจุดรองรับที่ 2 และ 4 ในทิศทาง X_3 400 ซม. และทำการคำนวณรูปแบบได้โครงสร้างเปลือกบางที่มีการกระจายค่าหน่วยแรงสม่ำเสมอ 32 กก./ตร.ซม. โดยมีรูปทรงพาราโบลาคงเชิงไฮเพอร์โบลาดังรูปที่ 4.3 ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุสำหรับการหาแบบตัด โดยที่การกำหนดเส้นตัด (cutting line) เป็นไปตามงานวิจัยของ Kim และ Lee (2002) โดยขนานกับเส้นความโค้งหลักซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Wagner และคณะ, 2004) ดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 แสดงแบบตัดเหมาะสมในระนาบสองมิติเพื่อให้เกิดค่าหน่วยแรงเป้าหมาย

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับแบบจำลองโครงสร้างตัวอย่างที่ 2

รายการ	จำนวน	หน่วย
ชิ้นส่วนย่อยรูปสามเหลี่ยม	400	ชิ้นส่วน
ชิ้นส่วนย่อยรูปเส้นตรง	40	ชิ้นส่วน
จุดต่อ	221	จุดต่อ
จุดต่อ/ชิ้นส่วนย่อยรูปสามเหลี่ยม	3	จุดต่อ
จุดต่อ/ชิ้นส่วนย่อยรูปเส้นตรง	2	จุดต่อ
ระดับชั้นความเร็ว/จุดต่อ	3	ระดับชั้นความเร็ว
สมการเงื่อนไขขอบเขต	12	สมการ



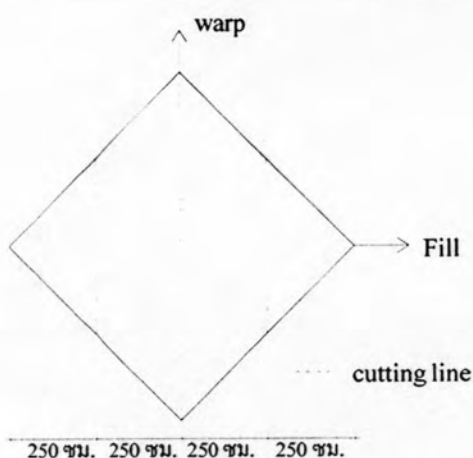
รูปที่ 4.2 การจัดเรียงชิ้นส่วนย่อยในระนาบสองมิติสำหรับตัวอย่างที่ 2

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติวัสดุสำหรับการหาแบบตัดที่เหมาะสม

ความหนา	$t = 0.08$ ซม.
ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	$E_1 = 2725$ กก./ตร.ซม. (ทิศทางเส้นดัดกรอง)
	$E_2 = 8225$ กก./ตร.ซม. (ทิศทางเส้นดัดหลัก)
ค่าโมดูลัสการเฉือน	$G_{12} = 712.5$ กก./ตร.ซม.
อัตราส่วนปัวซอง	$\nu_{12} = 0.29$
	$\nu_{21} = 0.87$



รูปที่ 4.3 แบบจำลองโครงสร้างเปลือกบางรูปทรงพาราโบล่าเชิงไฮเพอร์โบล่า



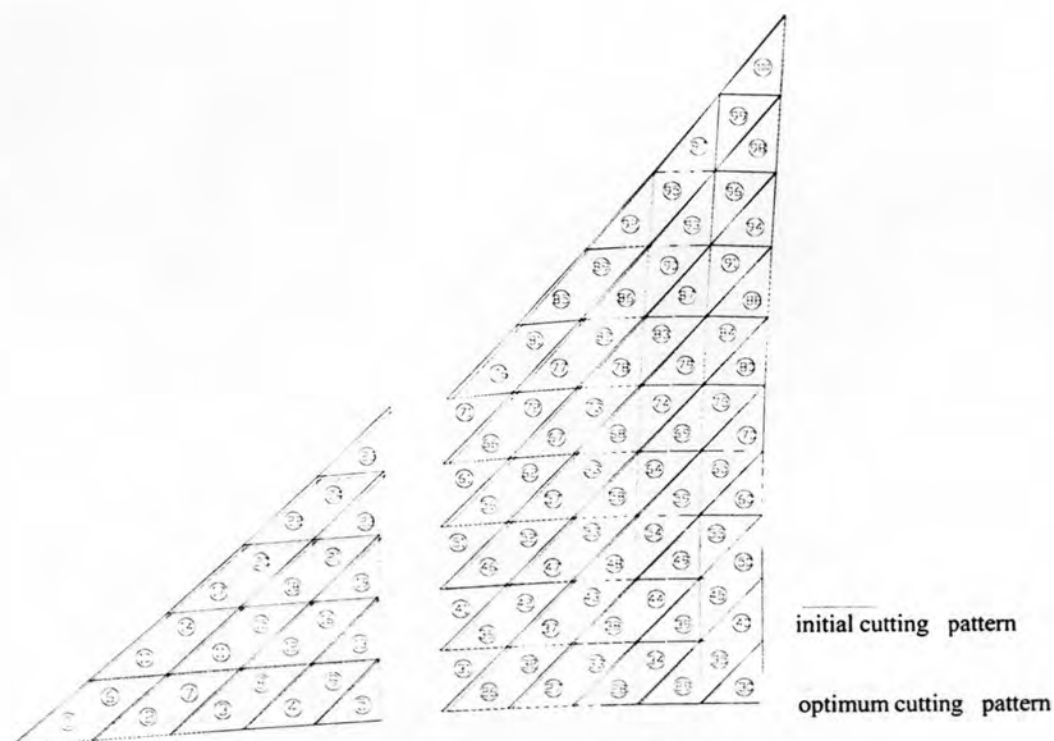
รูปที่ 4.4 การกำหนดเส้นตัดบนพื้นผิวสามมิติ

การเปรียบเทียบการกระจายค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ผิวโครงสร้างเปลือกบางที่คำนวณได้จากการวิจัยนี้และวิธีที่ใช้งานจริงในปัจจุบัน โดยวิธีปัจจุบันอาศัยการคาดคะเนค่าขดเชยเพื่อคำนวณแบบตัดที่ทำให้เกิดหน่วยแรงที่ต้องการเมื่อนำไปใช้งาน ในที่นี้กำหนดค่าขดเชยเท่ากับ 1% และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย ตามสมการ

$$AVR_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (\sigma'_{11})_i}{\sum_{i=1}^n (\sigma^0_{11})_i} \quad \text{และ} \quad AVR_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\sigma'_{22})_i}{\sum_{i=1}^n (\sigma^0_{22})_i} \quad (4.1)$$

$$AVSD_1 = \frac{\sum_{i=1}^n |\sigma'_{11} - \sigma^0_{11}|}{\sum_{i=1}^n \sigma^0_{11}} \quad \text{และ} \quad AVSD_2 = \frac{\sum_{i=1}^n |\sigma'_{22} - \sigma^0_{22}|}{\sum_{i=1}^n \sigma^0_{22}} \quad (4.2)$$

โดยที่ n แทนจำนวนชิ้นส่วนย่อยรูปสามเหลี่ยม



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบแบบตัดที่ถูกลดขนาดเพื่อให้เกิดหน่วยแรงที่ต้องการ

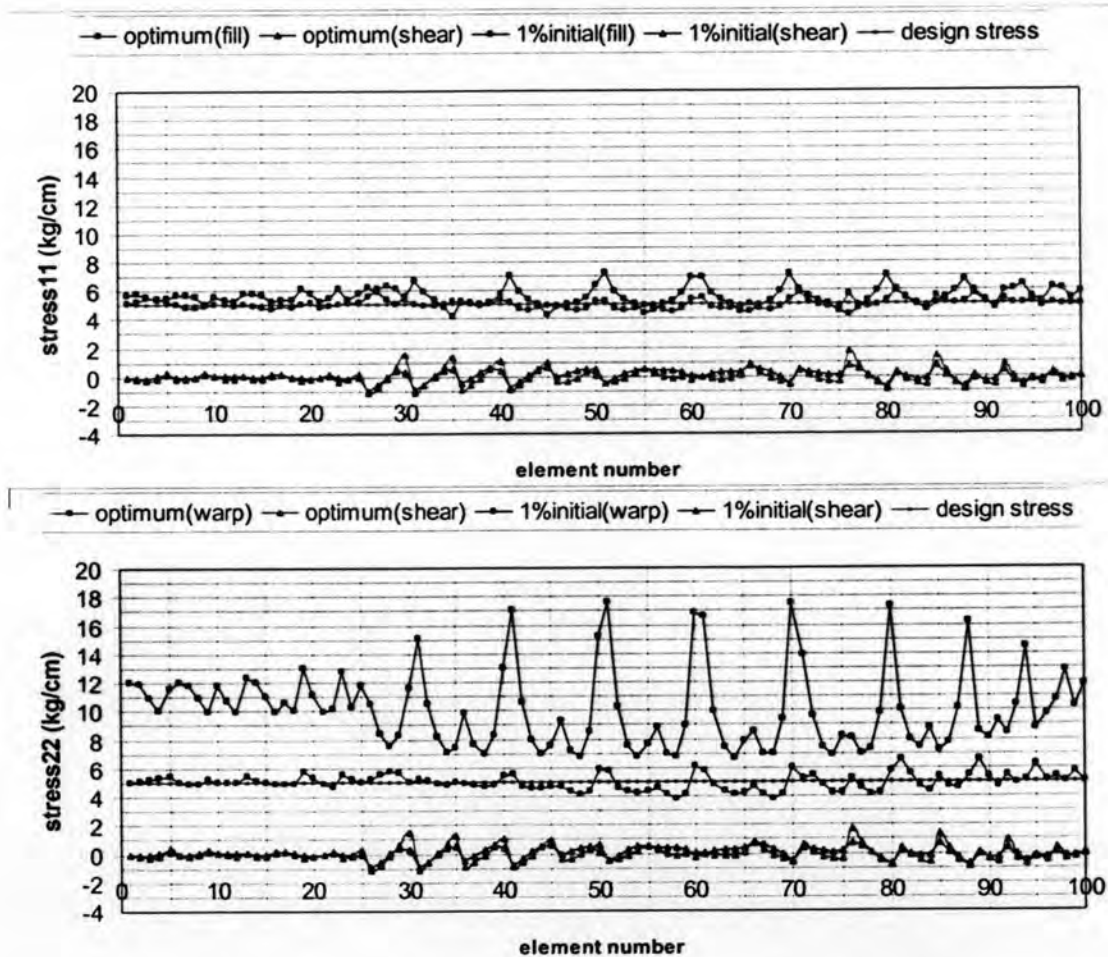
โดยที่ AVR แทนอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงโคชีที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับค่าหน่วยแรงเป้าหมาย; $AVSD$ แทนอัตราส่วนระหว่างค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหน่วยแรงโคชีที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับค่าหน่วยแรงเป้าหมาย; σ'_{11} และ σ'_{22} แทนค่าหน่วยแรงโคชีที่เกิดขึ้นจริง; และ σ^0_{11} และ σ^0_{22} แทนค่าหน่วยแรงเป้าหมายในทิศทาง x_1 และ x_2 ตามลำดับ

การกระจายค่าหน่วยแรงในพื้นที่ผิวโครงสร้างเปลือกบางแสดงดังรูปที่ 4.6 ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่า AVR และ $AVSD$ ที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Moncrieff และคณะ (1999) และงานวิจัยของ Kim และ Lee (2002)

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหน่วยแรงโคชีที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับหน่วยแรงเป้าหมายสำหรับตัวอย่างที่ 2

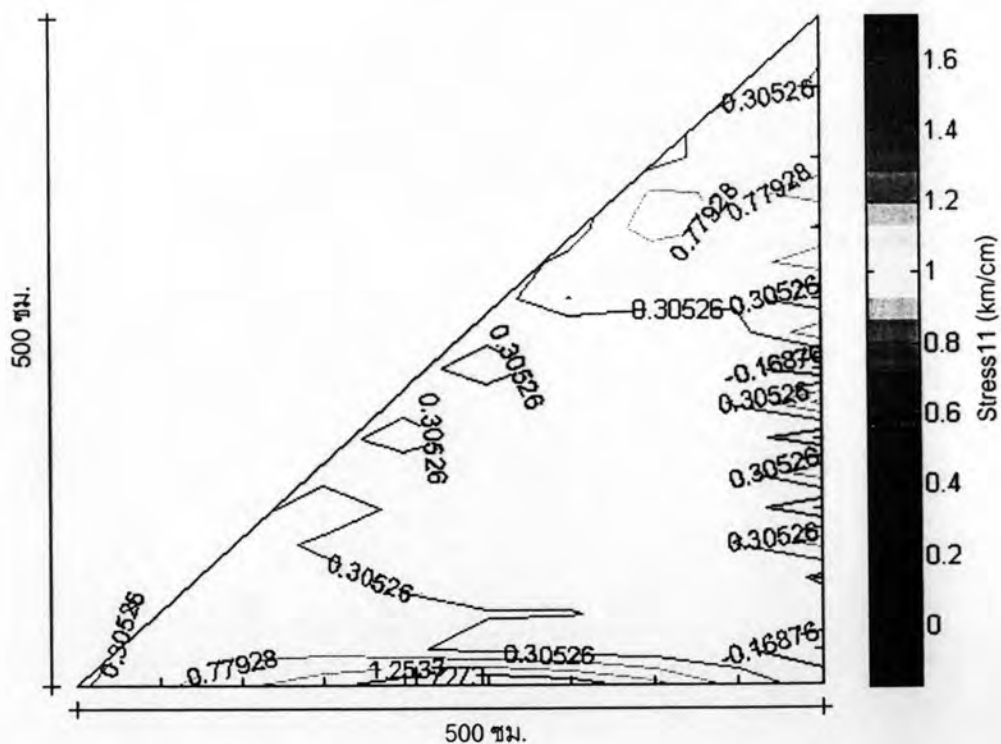
	AVR_1	AVR_2	$AVSD_1$	$AVSD_2$
Moncrieff และคณะ (1999)	1.080	1.100	0.100	0.200
Kim และ Lee (2002)	0.992	0.992	0.047	0.113
งานวิจัยนี้	1.009	0.992	0.051	0.090

จากรูปที่ 4.6 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบการกระจายค่าหน่วยแรงในพื้นที่ผิวของโครงสร้างเปลือกบางซึ่งอาศัยการคำนวณแบบตัดโดยขั้นตอนวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้งานในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าวิธีปัจจุบันที่อาศัยการคาดคะเนด้วยค่าขาดเซยมีความผิดพลาดสูงโดยค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงที่มากที่สุดสูงกว่าค่าหน่วยแรงเป้าหมายถึง 40% ในทิศเส้นถ้กรอง (x_1) และ 250% ในทิศเส้นถ้กหลัก (x_2) ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบอัตรารวมค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหน่วยแรงโคชีที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับหน่วยแรงเป้าหมายที่ได้จากงานวิจัยนี้และงานวิจัยของ Moncrieff และคณะ (1999) และ Kim และ Lee (2002) โดยที่งานวิจัยนี้แสดงค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย 5.1% ในทิศทางเส้นถ้กรองและ 9.0% ในทิศทางเส้นถ้กหลักในขณะที่งานวิจัยของ Kim และ Lee (2002) แสดงค่า

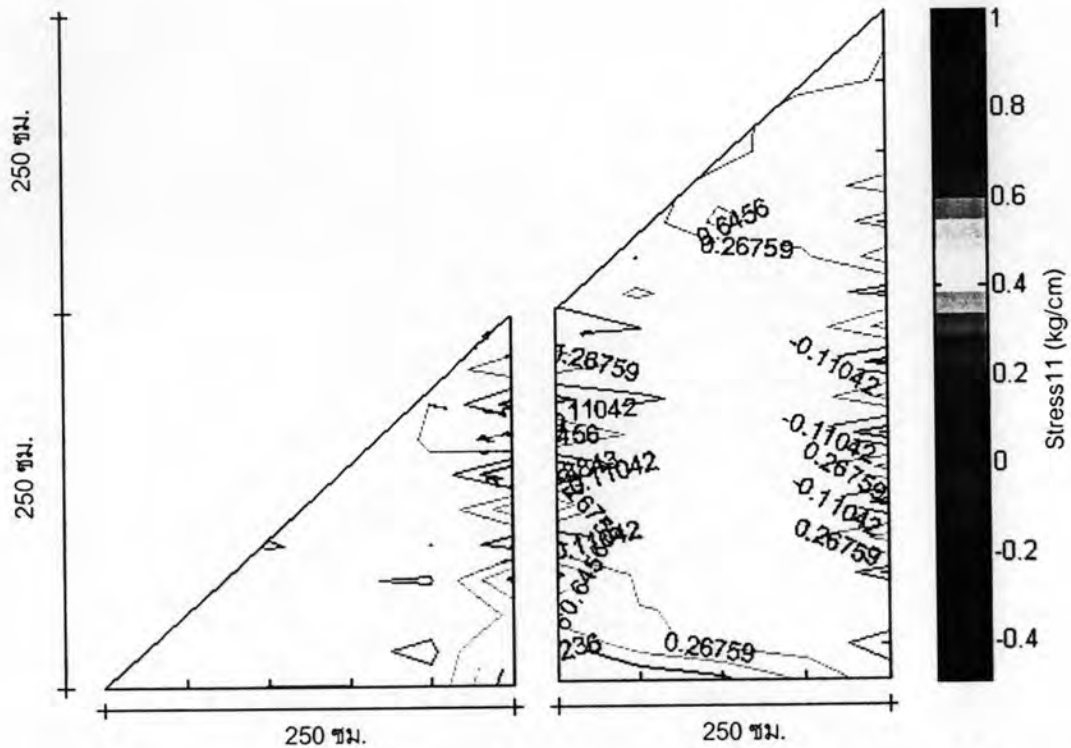


รูปที่ 4.6 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ผิวโครงสร้างเปลือกบางตัวอย่างที่ 2

เบี่ยงเบนเฉลี่ย 4.7% ในทิศทางเส้นดัดทรงและ 11.3% ในทิศทางเส้นหลักตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าทิศทางเส้นดัดหลักแสดงความคลาดเคลื่อนมากกว่าทิศทางเส้นดัดรองเนื่องจากการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุและความยาวของแถบตัดซึ่งจะเห็นได้ว่าชิ้นส่วนย่อยบางชิ้นส่วนแสดงค่าความเบี่ยงเบนของหน่วยแรงสูงเฉพาะที่โดยเฉพาะในแบบตัดแบบที่สอง (แบบตัดที่มีขนาดใหญ่) ได้แก่ชิ้นส่วนย่อยที่ 31 41 51 60 61 70 80 และ 86 ซึ่งมีสาเหตุมาจากแถบชิ้นส่วนย่อยดังกล่าวมีความยาวมากกว่าแถบอื่น (แถบที่อยู่บริเวณขอบ) ดังนั้นถ้ากำหนดให้แถบย่อยมีขนาดสั้นลงจะส่งผลให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นเมื่อลดรูปสู่ระนาบมีค่าลดลงตามไปด้วย รูปที่ 4.7 แสดงหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากการลดรูปแถบตัดขนาดใหญ่ลงสู่ระนาบ หน่วยแรงดังกล่าวเกิดจากการเสียรูปของพื้นผิวเมื่อลดรูปสู่ระนาบ สังเกตได้ว่าหน่วยแรงสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณขอบของแบบตัดซึ่งมีความยาวแถบมากที่สุด เมื่อทำการแบ่งพื้นผิวให้มีขนาดเล็กและทำการลดรูปสู่ระนาบสองมิติหน่วยแรงที่เกิดขึ้นที่ขอบของแบบตัดจะมีค่าลดลงดังแสดงในรูปที่ 4.8 อย่างไรก็ตามการพิจารณาขนาดที่เหมาะสมของแถบย่อยควรพิจารณาขนาดของวัสดุที่ผลิตจากโรงงานและความสามารถในการทำงานประกอบด้วย



รูปที่ 4.7 การกระจายค่าหน่วยแรงในทิศทางเส้นดัดทรง (กก./ตร.ซม.) ภายหลังจากการลดรูปพื้นผิวสู่ระนาบสองมิติ



รูปที่ 4.8 การกระจายค่าหน่วยแรงในทิศทางเส้นตั้งตรง σ_{11} (กก./ตร.ซม.) ภายหลังจากการลดรูปพื้นผิวสู่ระนาบสองมิติ กรณีแบ่งแถบย่อยเป็นสองแถบ

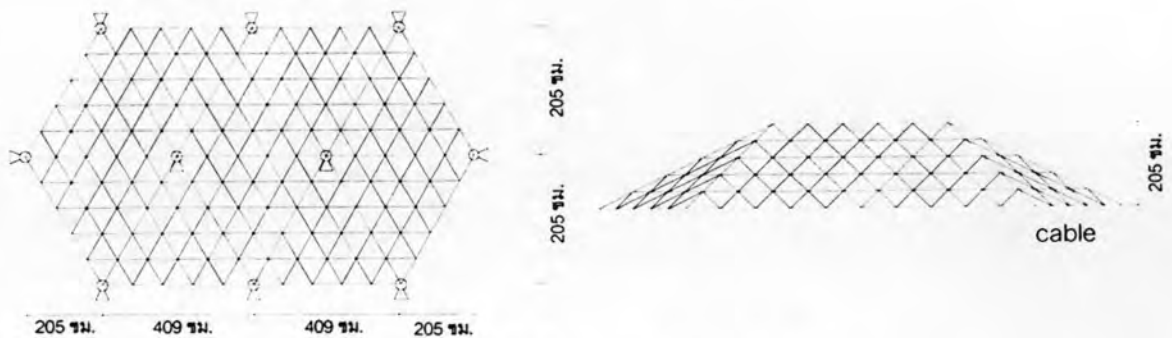
นอกจากนี้ค่าเบี่ยงเบนของหน่วยแรงยังมีความสัมพันธ์กับจำนวนและการจัดเรียงของชั้นส่วนย่อย กล่าวคือเมื่อใช้ชั้นส่วนย่อยขนาดใหญ่ขึ้นส่งผลให้จำนวนชั้นส่วนย่อยลดลง และตัวแปรต้นในการคำนวณค่าพิกัดลดลงตามไปด้วย ดังนั้นค่าเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในสมการที่ (3.6) และสมการที่ (3.9) มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แบบจำลองที่มีจำนวนชั้นส่วนย่อยสูงกว่า อย่างไรก็ตามหากจำนวนชั้นส่วนย่อยน้อยเกินไปอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณเนื่องจากชั้นส่วนย่อยที่ใช้เป็นแบบความเครียดคงที่ โดยเฉพาะบริเวณพื้นผิวที่มีความชันต่างกันมากอาจส่งผลให้หน่วยแรงที่คำนวณได้ในบริเวณใกล้เคียงกันมีความแตกต่างกันมาก งานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบผลที่ได้จากขั้นตอนการคำนวณกับงานวิจัยที่ผ่านมาจึงไม่ได้พิจารณาการแบ่งชั้นส่วนย่อยที่มีลักษณะแตกต่างจากงานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบ

ตัวอย่างที่ 3

กำหนดจำนวนและการเรียงตัวของชิ้นส่วนย่อยสำหรับโครงสร้างเปลือกบางเป็นไปตามงานวิจัยของ Kim และ Lee (2002) ซึ่งประกอบด้วยแถบย่อย 10 แถบย่อยดังรูปที่ 4.9 โดยแต่ละด้านของแถบย่อยถูกขึงด้วยเคเบิลโดยรอบ และยึดกับจุดรองรับทั้งหมด 8 จุด กำหนดค่าหน่วยแรงเป้าหมายในพื้นที่ผิวโครงสร้าง 32 กก./ตร.ซม. และค่าหน่วยแรงในเคเบิล 5,000 กก./ตร.ซม. เมื่อคำนวณรูปแบบของโครงสร้างเปลือกบางที่มีการกระจายค่าหน่วยแรงสม่ำเสมอ 32 กก./ตร.ซม. จะได้พื้นผิวโครงสร้างรูปทรงกรวยดังรูปที่ 4.10 ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลคุณสมบัติของวัสดุสำหรับการหาแบบตัด โดยที่เส้นตัดคือเส้นจีโอเดสิกที่ถูกกำหนดด้วยเคเบิลที่มีค่าหน่วยแรงดึงสูงกว่าค่าหน่วยแรงของพื้นผิวที่ลากจากจุดยึดคกรวยไปยังฐานรองรับดังรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 แสดงแบบตัดที่เหมาะสมในระนาบสองมิติเพื่อให้เกิดหน่วยแรงเป้าหมาย

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับแบบจำลองโครงสร้างตัวอย่างที่ 3

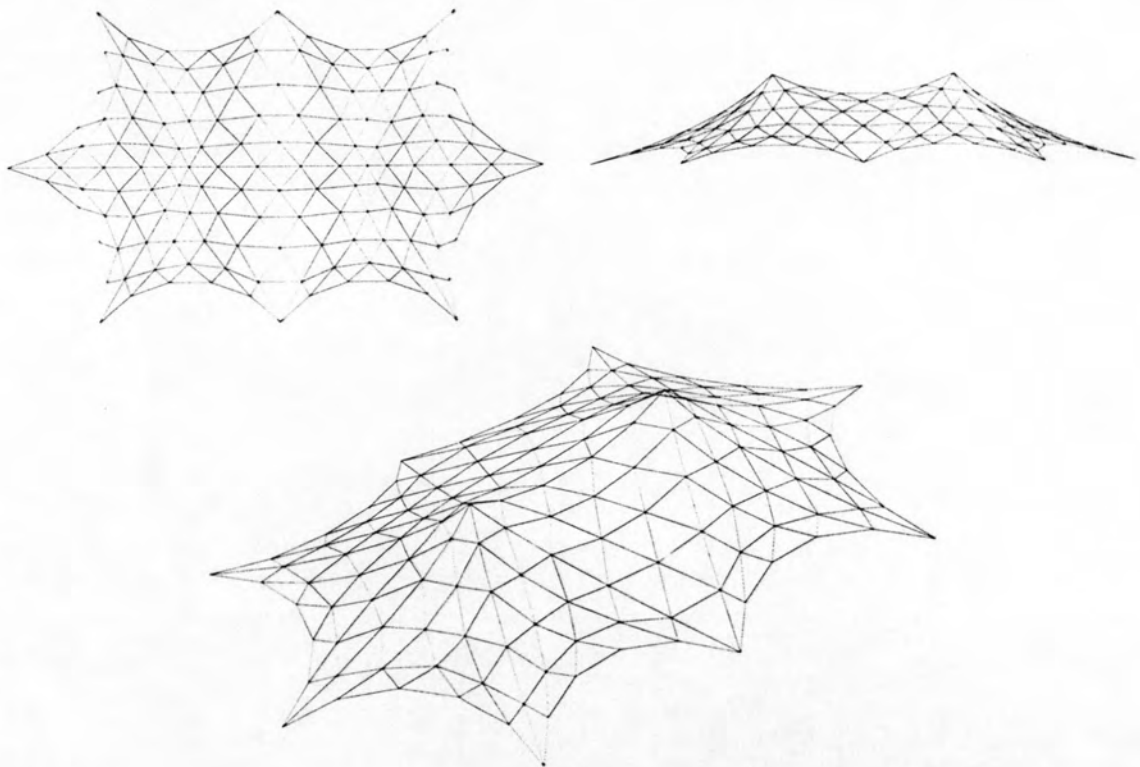
รายการ	จำนวน	หน่วย
ชิ้นส่วนย่อยรูปสามเหลี่ยม	250	ชิ้นส่วน
ชิ้นส่วนย่อยรูปเคเบิล	95	ชิ้นส่วน
จุดต่อ	146	จุดต่อ
จุดต่อ/ชิ้นส่วนย่อยรูปสามเหลี่ยม	3	จุดต่อ
จุดต่อ/ชิ้นส่วนย่อยรูปเคเบิล	2	จุดต่อ
ระดับชั้นเสี/จุดต่อ	3	ระดับชั้นความเร็ว
สมการเงื่อนไขขอบ	30	สมการ



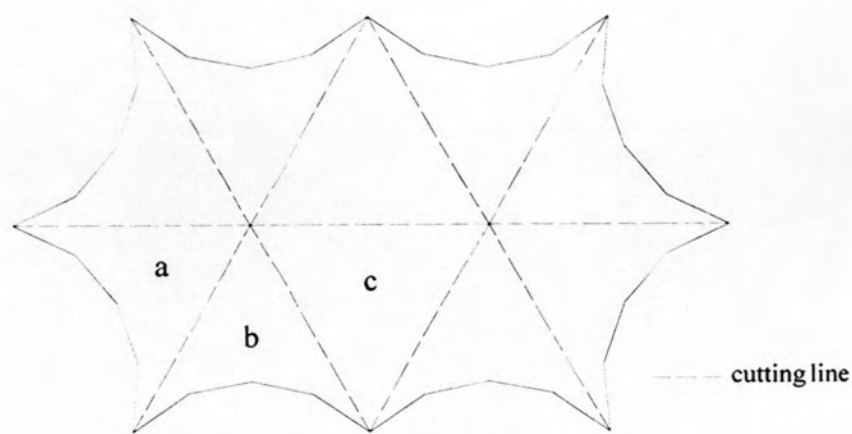
รูปที่ 4.9 การจัดเรียงชิ้นส่วนย่อยสำหรับตัวอย่างที่ 3

ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติวัสดุสำหรับการหาแบบตัดที่เหมาะสม

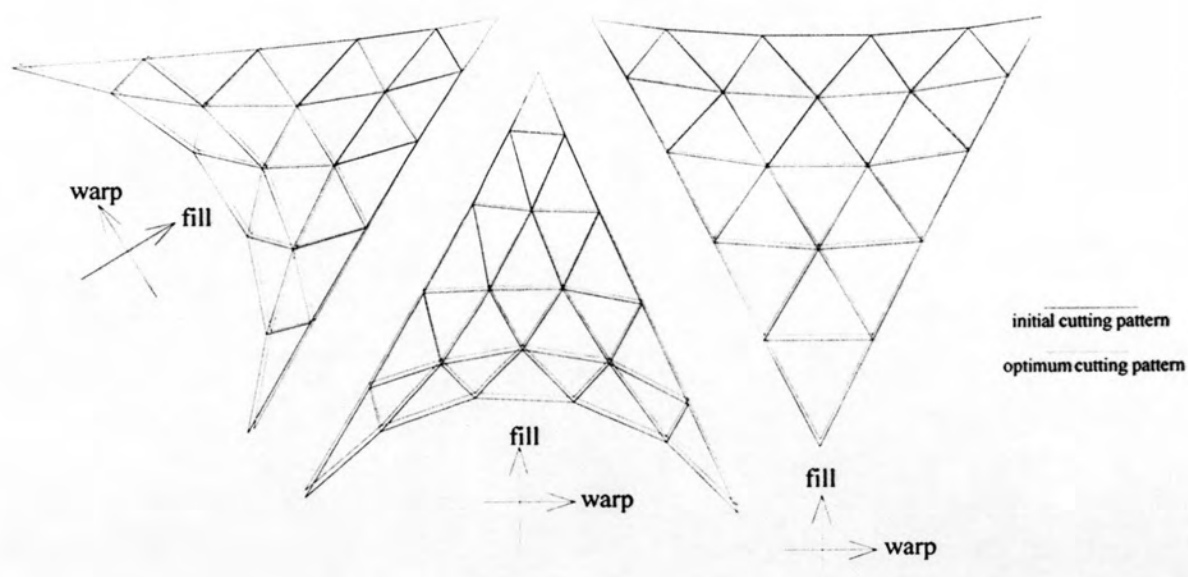
ความหนา	$t = 0.08$ ซม.
ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	$E_1 = 2725$ กก./ตรม. (ทิศทางเส้นดัดรอง)
	$E_2 = 8225$ กก./ตรม. (ทิศทางเส้นดัดหลัก)
ค่าโมดูลัสการเฉือน	$G_{12} = 712.5$ กก./ตรม.
อัตราส่วนปัวซอง	$\nu_{12} = 0.29$
	$\nu_{21} = 0.87$



รูปที่ 4.10 แบบจำลองโครงสร้างเปลือกบางรูปกรวย



รูปที่ 4.11 การกำหนดเส้นตัดบนพื้นผิวสามมิติ



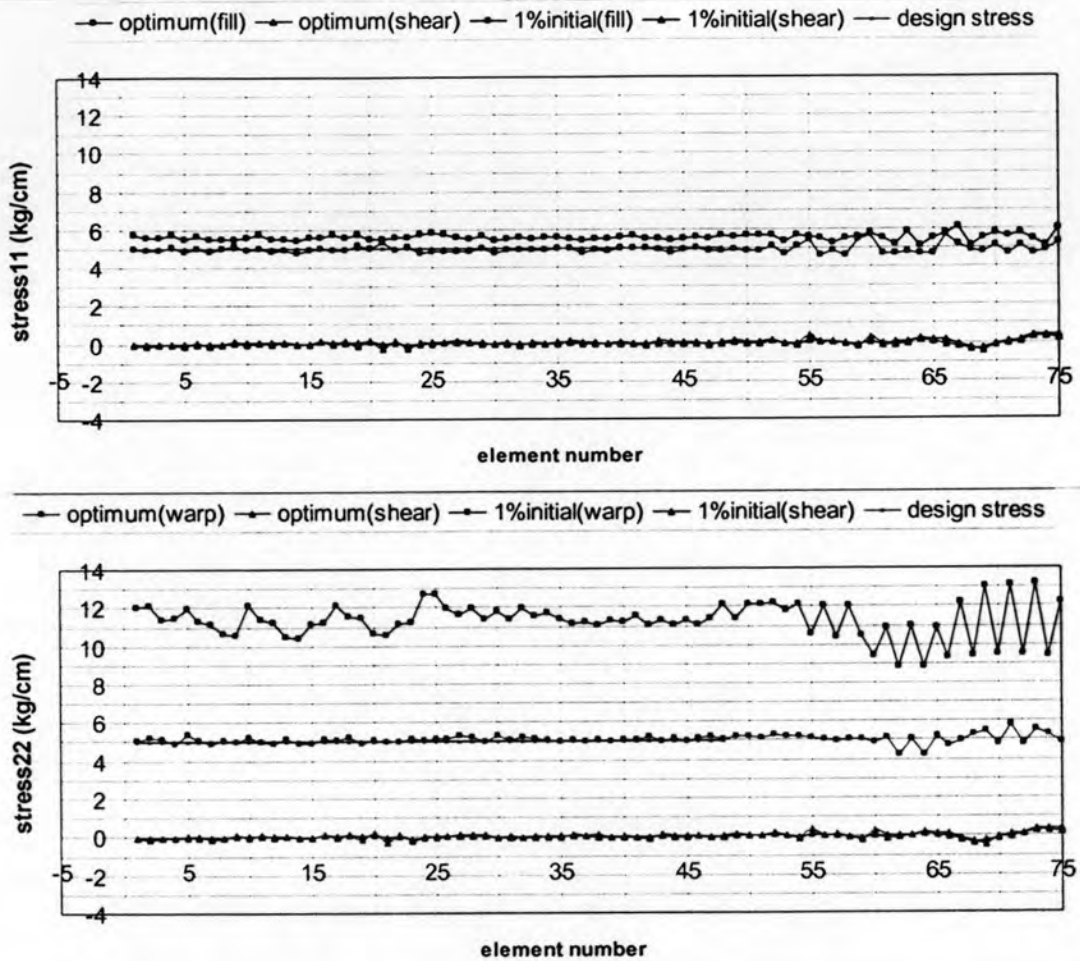
รูปที่ 4.12 แบบตัดที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดค่าหน่วยแรงเป้าหมาย

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่า AVR และ $AVSD$ ที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Kim และ Lee (2002) จะเห็นได้ว่าค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย ($AVSD$) สำหรับแบบตัด a งานวิจัยนี้มีค่า 0.024 และ 0.022 เทียบกับงานวิจัยของ Kim และ Lee (2002) มีค่า 0.043 และ 0.046 ในทิศเส้นถักรองและทิศเส้นถักรองหลักตามลำดับ สำหรับแบบตัด b งานวิจัยนี้มีค่า 0.021 และ 0.022 เทียบกับงานวิจัยของ Kim และ Lee (2002) มีค่า 0.043 และ 0.044 ในทิศเส้นถักรองและทิศเส้นถักรองหลักตามลำดับ สำหรับแบบตัด c งานวิจัยนี้มีค่า 0.056 และ 0.052 เทียบกับงานวิจัยของ Kim และ Lee (2002) มีค่า 0.158 และ 0.164 ในทิศเส้นถักรองและทิศเส้นถักรองหลักตามลำดับ สังเกตได้ว่าแบบตัด a และแบบตัด b จะมีค่าเบี่ยงเบนน้อยกว่าแบบตัด c เนื่องจากแบบตัด c มีความชันแต่ละชั้นส่วนย่อยแตกต่างกันมากกว่าแบบตัด a และแบบตัด c

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยของหน่วยแรงโคซีที่เกิดขึ้นจริงเทียบกับหน่วยแรงเป้าหมายสำหรับตัวอย่างที่ 3

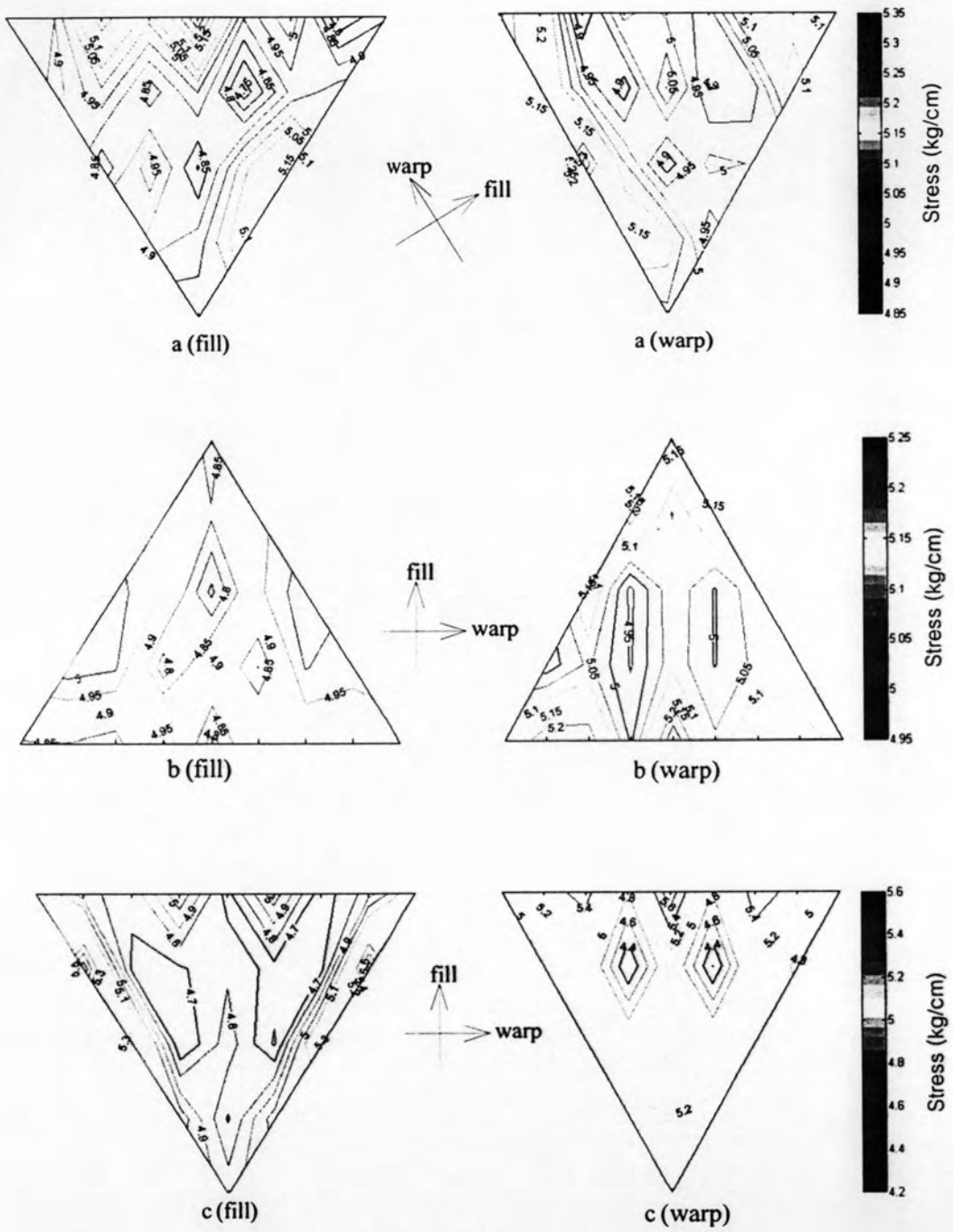
	AVR_1	AVR_2	$AVSD_1$	$AVSD_2$
แบบตัด a				
Kim และ Lee (2002)	1.005	1.010	0.043	0.046
งานวิจัยนี้	0.990	1.009	0.024	0.022
แบบตัด b				
Kim และ Lee (2002)	0.999	0.999	0.043	0.044
งานวิจัยนี้	0.981	1.020	0.021	0.022
แบบตัด c				
Kim และ Lee (2002)	0.999	1.001	0.158	0.164
งานวิจัยนี้	0.988	1.010	0.056	0.052

จากรูปที่ 4.13 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบการกระจายค่าหน่วยแรงในพื้นที่ผิวของโครงสร้างเปลือกบางซึ่งอาศัยการคำนวณแบบตัดโดยขั้นตอนวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ในงานในปัจจุบันจะเห็นว่าวิธีปัจจุบันที่อาศัยการคาดคะเนด้วยค่าชดเชยมีความผิดพลาดสูงโดยค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงสูงสุดสูงกว่าค่าหน่วยแรงเป้าหมาย 20% ในทิศเส้นถักรอง (x_1) และ 160% ในทิศเส้นถักรองหลัก (x_2)



รูปที่ 4.13 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโครงสร้างเปลือกบาง

การกระจายค่าหน่วยแรงในแบบตัด a b และ c แสดงดังรูปที่ 4.14 สังเกตว่าหน่วยแรงมีค่าสูงบริเวณขอบและมีค่าลดลงสำหรับบริเวณภายในแบบตัดเนื่องจากบริเวณขอบถูกควบคุมด้วยเคเบิลที่มีค่าหน่วยแรงสูงเสมือนเป็นฐานรองรับ พื้นผิวบริเวณนี้จึงมีความชันมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวภายในแบบตัด เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนของหน่วยแรงบริเวณภายในพื้นผิวมีค่าน้อยกว่า 5 kg/cm (หน่วยแรงเป้าหมาย) จึงอาจเกิดรอยย่นขึ้นภายใต้น้ำหนักบรรทุกภายนอก ซึ่งอาจพิจารณาเพิ่มค่าหน่วยแรงเป้าหมายเพื่อชดเชยค่าหน่วยแรงจากน้ำหนักบรรทุกภายนอกได้



รูปที่ 4.14 การกระจายค่าหน่วยแรงของแถบย่อย a b และ c