

บทที่ 6

ผลการทดสอบหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นด้วยเทคนิคโฟโตอีลาสติกซีดี

ในการทดสอบหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นด้วยเทคนิคโฟโตอีลาสติกซีดีนั้น จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เครื่องมือ และสภาวะที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงวิธีการทดลอง การเตรียมชิ้นทดสอบและการเก็บข้อมูลที่ถูกต้อง ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ข้างต้นดังนี้

6.1 รายละเอียดของชิ้นทดสอบ

วัสดุที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ใช้พลาสติกโพลีคาร์บอเนต PS-1 เป็นวัสดุหลัก และมีวัสดุเสริมแรงสองชนิดคือ Teflon ตัวแทน soft inclusion และ Magnesium alloy AZ61 ตัวแทน hard inclusion โดยปัญหาที่จะนำมาพิจารณาจะเป็นปัญหาของชิ้นทดสอบที่มีรอยร้าวในรูปแบบอย่างง่าย มี 3 ลักษณะดังต่อไปนี้

1. แผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวข้างเดียวภายใต้แรงดึง (Single edge crack plate tension)
2. แผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 30° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง (Slant cracked 30° rectangular plate)
3. แผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 45° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง (Slant cracked 45° rectangular plate)

โดยทั้ง 3 กรณีมีรูปร่างที่เหมือนกันคือ ความกว้างเท่ากับ 36 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 72 มิลลิเมตร และความหนาเท่ากับ 3 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเสริมแรง (Inclusion) เท่ากับ 6 มิลลิเมตร รายละเอียดของแต่ละปัญหาจะแสดงต่อไป

6.2 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

6.2.1 ชุดอุปกรณ์โพลาไรสโคป

เป็นชุดทดลองของ บริษัท Vishay โดยประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง ชุดฟิลเตอร์ ขาดังกล่อง โดยในการทดลองจริงจะเปลี่ยนจากกล่องวีดีโอเป็นกล่องฟิล์ม และกล่องดิจิตอลแทน ดังแสดงในภาพที่ 6.1



ภาพที่ 6.1
ชุดโพลาไรสโคป

6.2.2 ชุดอุปกรณ์จับยึดชิ้นทดสอบ

เป็นชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการยึดติดชิ้นทดสอบกับคานที่มี เพื่อทำให้ชิ้นทดสอบอยู่ภายใต้แรงดึง โดยใส่ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานในด้านล่างดังภาพที่ 6.2



ภาพที่ 6.2
ชุดอุปกรณ์จับยึด

6.3 สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดภาระที่กระทำกับชิ้นทดสอบเป็นแบบภาระคงที่ (Static load) และทำการทดสอบกับชิ้นทดสอบที่มีรูปร่างเหมือนกัน แต่มีความยาวรอยร้าวต่างกัน เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงตัวประกอบความเข้มของความเค้นของความยาวรอยร้าวที่ต่างกัน โดยชิ้นทดสอบของปัญหาที่ 1 จะรับภาระในแบบที่ 1 (Open mode: Mode I) และชิ้นทดสอบในปัญหาที่ 2 และ 3 จะรับภาระในแบบที่ 1 และ 2 (Mixed mode: mode I and Mode II) สภาวะที่ใช้ในการทดสอบต่าง ๆ ได้แสดงในตารางที่ 6.1 ซึ่งการรับภาระของแต่ละชิ้นทดสอบอยู่ภายใต้เงื่อนไขพื้นฐานของกลศาสตร์การแตกหักยืดหยุ่นเชิงเส้นในสภาพความเครียดระนาบ

ตารางที่ 6.1

สภาวะทดสอบที่ใช้ในการศึกษาเทคนิคโฟโตอีลาสติกซิติ

รูปแบบชิ้นทดสอบ	ภาระที่ใช้ทดสอบ (N)
แผ่นสี่เหลี่ยมแบนมีรอยร้าวที่ขอบข้างเดียว ภายใต้แรงดึง	119
แผ่นสี่เหลี่ยมแบนมีรอยร้าวเฉียง ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง	119

6.4 วิธีการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นด้วยเทคนิคโฟโตอีลาสติกซิติ ตามแนวทางของกลศาสตร์การแตกหักยืดหยุ่นเชิงเส้น The Stress Intensity Handbook และ The Stress Analysis of Cracks Handbook โดยในการทดสอบมาตรฐานนี้ ได้ทำการสร้างชิ้นทดสอบให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า สร้างรอยร้าวเริ่มต้นโดยใช้ใบมีด และเลื่อย เพื่อลดปัญหาความเค้นตกค้าง จึงอาจทำให้ชิ้นทดสอบมีมิติผิดพลาดไปบ้าง ส่วนการขึ้นรูป Inclusion นั้น เริ่มจากการเจาะรูด้วยเครื่องเจาะ จากนั้นต้องตกแต่งด้วยกระดาษทราย เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วต้องนำไปอบที่อุณหภูมิ 80°C จนกว่าความเค้นคงค้าง (Residual stress) ในชิ้นทดสอบจะหมดไป โดยรายละเอียดการขึ้นรูปชิ้นงาน Soft และ Hard inclusion มีดังนี้

6.4.1 การขึ้นรูปชิ้นทดสอบแบบไม่มี Inclusion (Hole)

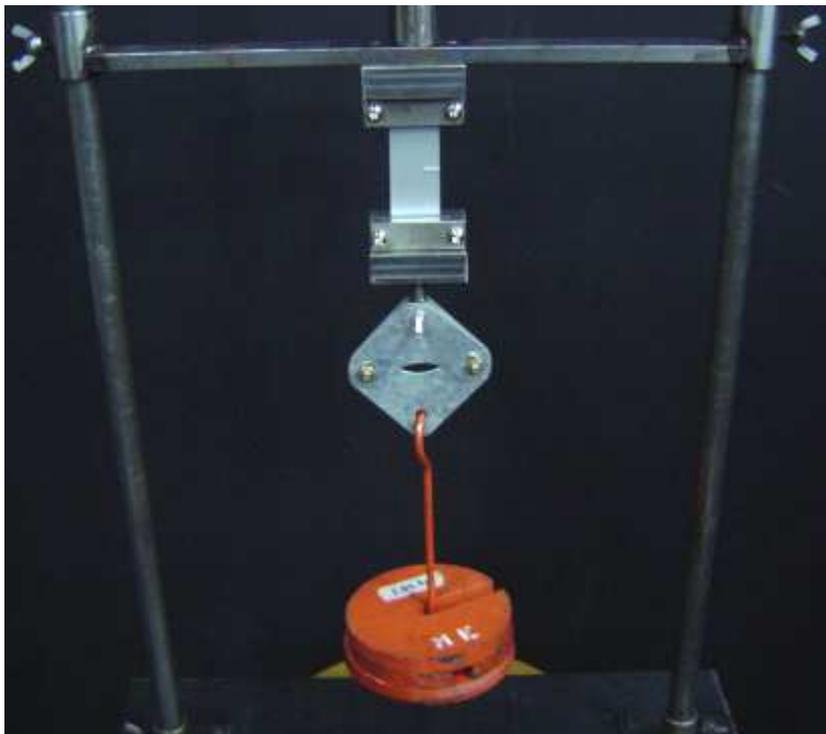
การขึ้นรูปชิ้นทดสอบแบบไม่มี inclusion (Hole) เป็นการขึ้นรูปแบบเจาะรู เพื่อให้ชิ้นทดสอบเป็นรูทูลุ ขนาดเท่ากับ inclusion ที่ใช้ เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบกับ การทดลอง ที่มี Inclusion ใส่งไป โดยในการขึ้นรูปชิ้นทดสอบ ควรทำการเจาะชิ้นทดสอบด้วยสว่านมือ เพราะจะทำให้เกิดความเค้นตกค้าง (Residual stress) ในชิ้นทดสอบน้อย หลักจากนั้นควรอบเพื่อ คายความเค้นตกค้างนั้น ๆ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ คือ 80°C นาน 4 ชั่วโมง แล้วทิ้งใน อุณหภูมิห้องอีก 12 ชั่วโมง ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนไม่มีความเค้นตกค้างอยู่ เพื่อให้แน่ใจว่าการทดสอบ นี้จะไม่มี ความเค้นตกค้างมาเกี่ยวข้อง

6.4.2 การขึ้นรูปชิ้นทดสอบที่มี Inclusion

การขึ้นรูปชิ้นทดสอบที่มี inclusion เป็นการขึ้นรูปชิ้นทดสอบต่อจากชิ้น ทดสอบที่มีรู (Hole) เพราะเป็นการวาง inclusion ในตำแหน่งที่เจาะรูไว้ แล้วจึงใช้ PL-1 ซึ่งเป็น พลาสติกชนิดเดียวกับ PS-1 ที่ใช้น้ำเป็นตัวประสาน เพื่อเลียนแบบการขึ้นรูปของวัสดุผสม ที่วาง วัสดุเสริมแรงในตำแหน่งที่ต้องการ และใช้วัสดุหลักเป็นตัวยึดประสาน การขึ้นรูปของ inclusion นี้ ทำตาม Standard Instruction for Casting and Contouring Photo Stress Sheet Application Note IB-221-D และ Instructions for Mixing Type PL-1 Liquid Plastic IB-233-4 ของ บริษัท Vishay Micro-Measurements รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวกต่อไป

6.4.3 การติดตั้งชิ้นทดสอบรับภาระคงที่

การติดตั้งชิ้นทดสอบรับภาระคงที่ จะไม่ใช่เครื่องดัดในการทดสอบ แต่ใช้ตุ้ม น้ำหนักมาตรฐานแทน โดยมีการจับยึดชิ้นทดสอบและถ่วงน้ำหนักมาตรฐานตามภาพที่ 6.3 และ ใช้ Reflection Polariscope ในการทดสอบและถ่ายภาพ



ภาพที่ 6.3

ลักษณะการติดตั้งชิ้นทดสอบไฟโตอีลาสติกซีดี

6.5 วิธีการเก็บข้อมูล

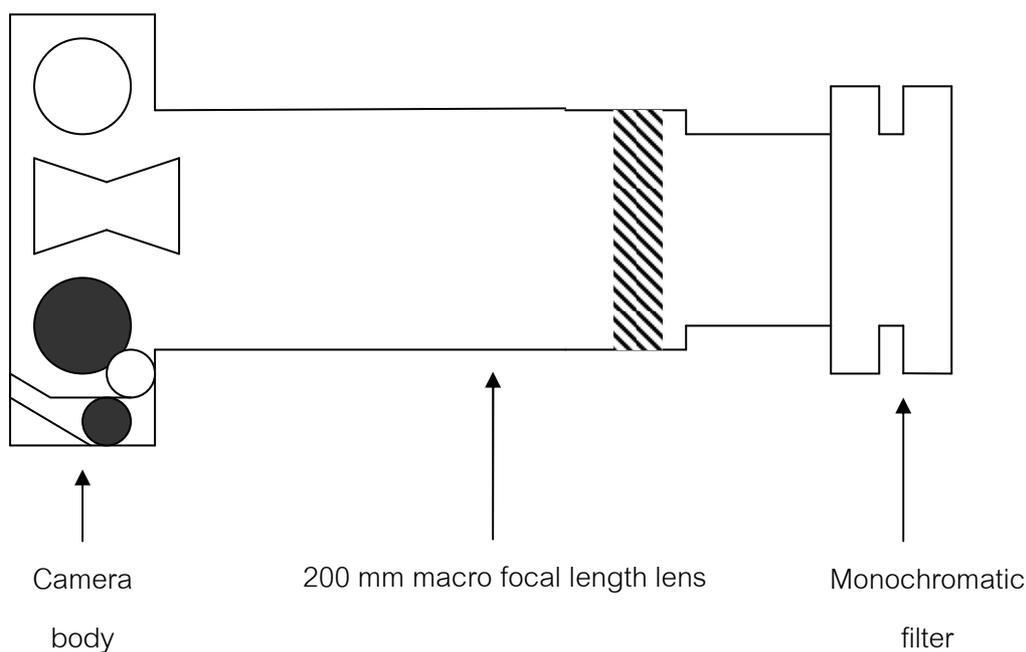
ข้อมูลดิบที่ได้จากการทดสอบ เพื่อนำไปใช้ในการหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นโดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

6.5.1 ขนาดของภาระที่ใช้ (N)

ขนาดของภาระที่ใช้ต่อชิ้นทดสอบนี้เป็นภาระคงที่สามารถทราบค่าจากตุ้มน้ำหนัก แต่เพื่อความแม่นยำ จึงทำการนำตุ้มน้ำหนักไปชั่งด้วยด้วยเครื่องชั่งมาตรฐาน ซึ่งน้ำหนักรวมต้องชั่งน้ำหนักของที่จับยึดชิ้นทดสอบด้วย

6.5.2 การถ่ายภาพในการทดสอบ

การถ่ายภาพในการทดสอบนั้นอาจใช้กล้องฟิล์ม หรือกล้องดิจิทัลถ่ายได้ โดยการถ่ายภาพจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เสริม เช่น ฟิลเตอร์ เพื่อให้ภาพที่ได้เป็นภาพแบบโมนอคโรนิก เพื่อง่ายในการคำนวณต่อไป รายละเอียดของกล้องและอุปกรณ์เสริมดังภาพที่ 6.4



ภาพที่ 6.4

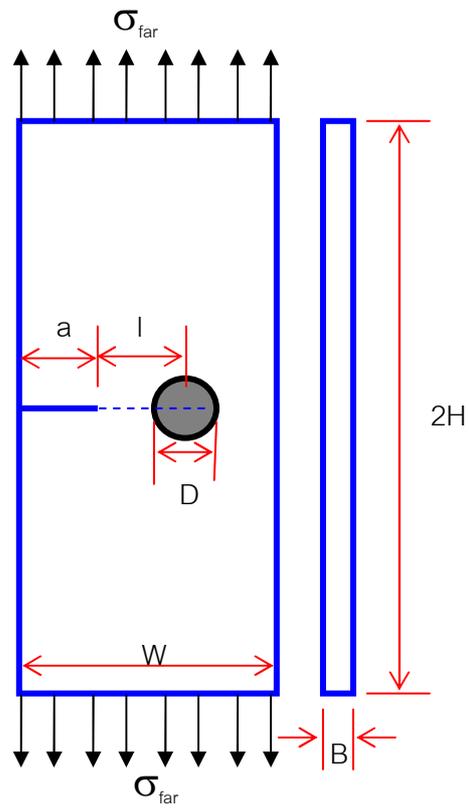
กล้องฟิล์มและอุปกรณ์เสริม

6.6 ผลการทดสอบ

6.6.1 ปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวข้างเดียวภายใต้แรงดึง

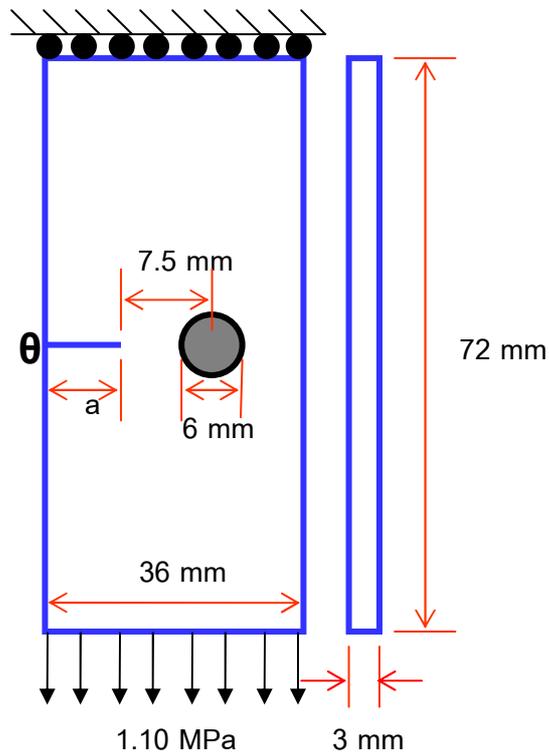
ปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวข้างเดียวภายใต้แรงดึง ความกว้างเท่ากับ W ความสูงเท่ากับ $2H$ ความหนาเท่ากับ B รายละเอียดของปัญหาแสดงในภาพที่ 6.5 และ 6.6 ถูกกระทำด้วยภาวะความเค้นดึงขนาด 1.10 MPa ในแนวตั้ง มีค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นเท่ากับ 2.5 GPa อัตราส่วนปัวซองส์เท่ากับ 0.38 มีอัตราส่วนความยาวรอยร้าวต่อความกว้าง (a/W) ในช่วง

0.2-0.6 โดยความสูง ($2H$) เท่ากับ 72 มิลลิเมตร ความกว้างเท่ากับ 36 มิลลิเมตร ความหนา เท่ากับ 3 มิลลิเมตร และค่าแถบแสงของวัสดุเท่ากับ 7 kN/m/fringe



ภาพที่ 6.5

รูปร่างของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวข้างเดียวภายใต้แรงดึง



ภาพที่ 6.6

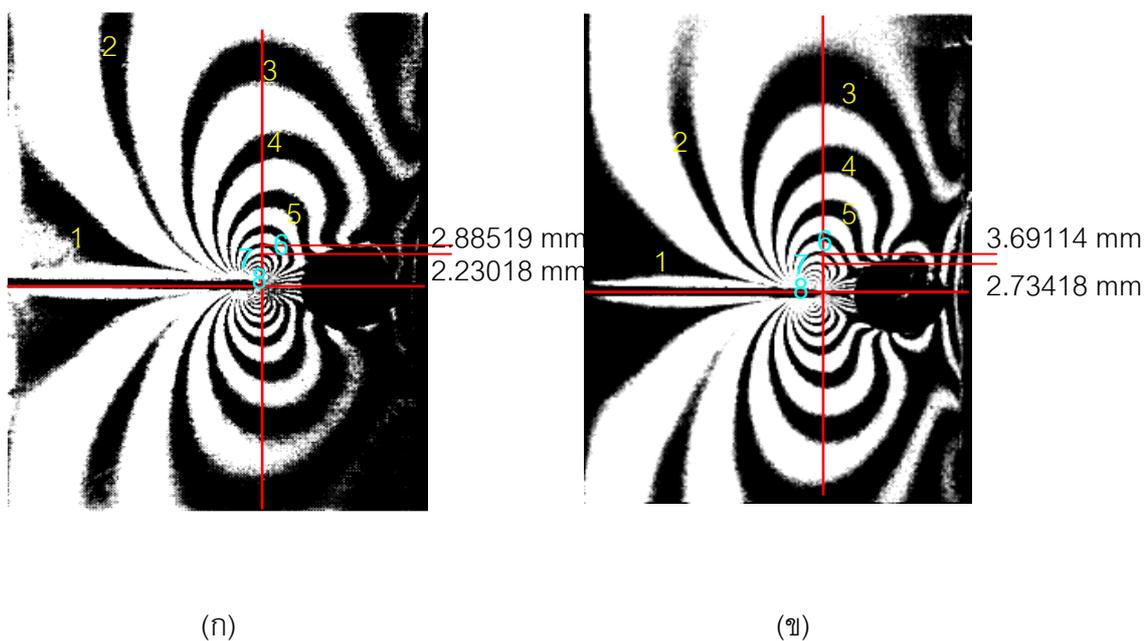
รายละเอียดของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวข้างเดียวภายใต้แรงดึง

โดย พารามิเตอร์ที่เจาะจงคือ

W	คือ	ความกว้างของชิ้นทดสอบ มีขนาด 36 mm
H	คือ	ความยาวของชิ้นทดสอบ มีขนาด 36 mm
B	คือ	ความหนาของชิ้นงาน มีขนาด 3 mm
I	คือ	ความยาวระหว่างปลายรอยร้าวกับจุดศูนย์กลางของ inclusion มีขนาด 7.5 mm
D	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของ inclusion มีขนาด 6 mm

ซึ่งจะใช้พารามิเตอร์ข้างต้นกับทั้ง Soft และ hard inclusion

การทดสอบด้วยเทคนิคโฟโตอีลาสติกซิติเพื่อหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้น K , โดยการวัดระยะห่างจากปลายรอยร้าวในทิศตั้งฉากกับแนวแกน x จากภาพถ่ายดังแสดงในภาพที่ 6.7 แทนค่าในสมการที่ (5.11) เพื่อคำนวณหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้น สำหรับ hard inclusion ได้ผลตามตารางที่ 6.2 สำหรับ soft inclusion ได้ผลตามตารางที่ 6.3 และแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่ความยาวรอยร้าวต่าง ๆ สำหรับ hard inclusion และ Soft inclusion เปรียบเทียบกับปัญหาที่ไม่มี inclusion (hole) ในภาพที่ 6.8



ภาพที่ 6.7

ภาพถ่ายจากเทคนิคโฟโตอีลาสติกซิติแผ่นสี่เหลี่ยมแบนที่มีรอยร้าวที่ขอบข้างเดียวภายใต้แรงดึง

$$a/W = 0.6$$

(ก) Hard inclusion

(ข) Soft inclusion

ตารางที่ 6.2

ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบนมีรอยร้าวที่ขอบข้างเดียว
ภายใต้แรงดึงสำหรับ Hard inclusion

a/W	r1 (m)	r2 (m)	KI (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KI (Hard) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference
0.2	0.012	0.003	0.530	0.598	12.86%
0.3	0.007	0.003	0.864	0.786	9.01%
0.4	0.006	0.003	1.233	1.037	15.85%
0.5	0.004	0.002	1.752	1.473	15.91%
0.6	0.004	0.003	2.295	2.195	4.36%

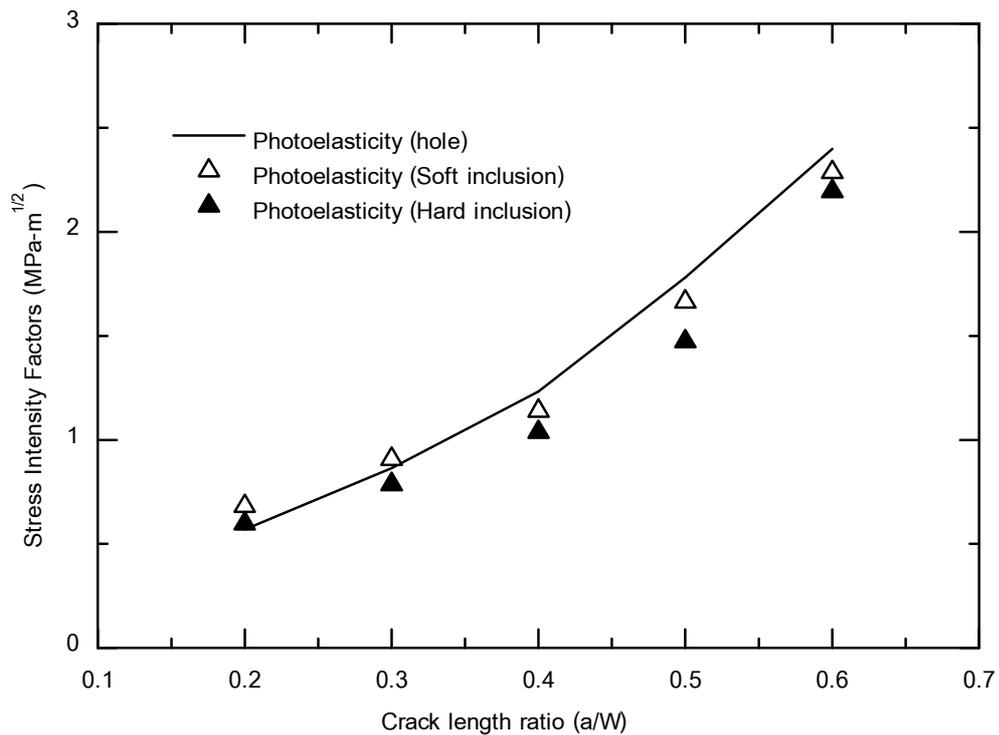
ตารางที่ 6.3

ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบนมีรอยร้าวที่ขอบข้างเดียว
ภายใต้แรงดึงสำหรับ Soft inclusion

a/W	r1 (m)	r2 (m)	KI (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KI (Soft) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference
0.2	0.003	0.001	0.530	0.682	28.74%
0.3	0.003	0.002	0.864	0.908	5.10%
0.4	0.002	0.001	1.233	1.139	7.56%
0.5	0.002	0.002	1.752	1.664	4.99%
0.6	0.003	0.002	2.295	2.286	0.38%

ผลการทดสอบพบว่าที่ความยาวรอยร้าวเพิ่มขึ้น ค่าตัวประกอบความเข้มของความ
เข้มมีค่าเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กรณี (Hard inclusion, Soft inclusion, Hole) แต่หากเปรียบเทียบที่ความ

ยารวอยร้าวเท่ากันพบว่า ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่ Hard inclusion มีค่าน้อยที่สุด ถัดไปคือ Soft inclusion และมากที่สุดที่กรณีไม่มี Inclusion (Hole) ยกเว้นที่ a/W มีค่าเท่ากับ 0.2 เท่านั้น ที่ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของกรณีที่ไม่มี Inclusion (Hole) มีค่าน้อยที่สุด



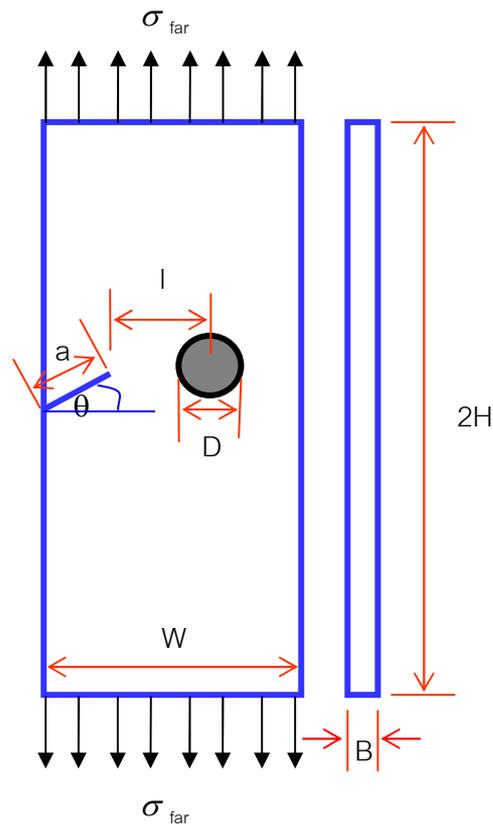
ภาพที่ 6.8

กราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่รอยร้าวต่าง ๆ สำหรับปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบที่มีรอยร้าวข้างเดียวภายใต้แรงดึงสำหรับ Hard inclusion และ Soft inclusion เปรียบเทียบกับแบบไม่มี Inclusion (Hole)

6.6.2 ปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 30° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง

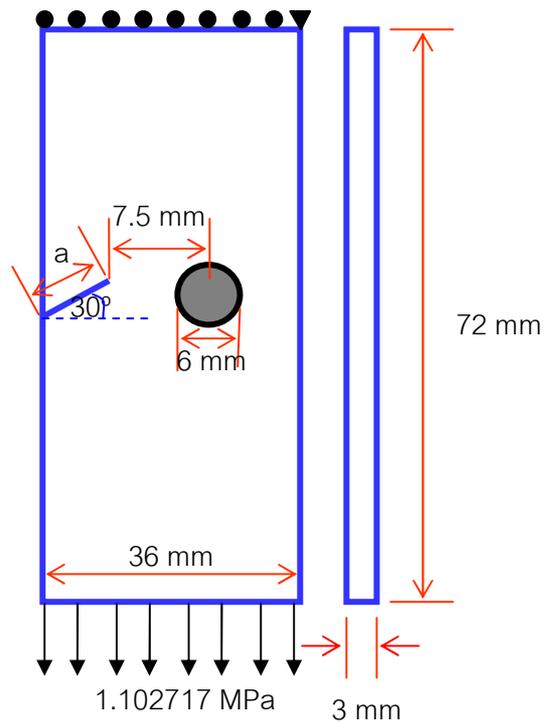
ปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวเฉียงมุม 30° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง ความกว้างเท่ากับ W ความสูงเท่ากับ $2H$ ความหนาเท่ากับ B ถูกกระทำด้วยภาระความเค้นดึงขนาด 1.102 MPa ในแนวตั้งมีค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นเท่ากับ 2.5 GPa อัตราส่วนปัวซองส์เท่ากับ 0.38 มีอัตราส่วนความยาวรอยร้าวต่อความกว้าง (a/W) ในช่วง $0.2-0.6$ โดยความสูง ($2H$)

เท่ากับ 72 มิลลิเมตร ความกว้างเท่ากับ 36 มิลลิเมตร ความหนาเท่ากับ 3 มิลลิเมตร ค่าแถบแสงของวัสดุเท่ากับ 7 kN/m/fringe และรอยร้าวทำมุมกับแนวระดับ 30° รายละเอียดของปัญหาแสดงในภาพที่ 6.9 และ 6.10



ภาพที่ 6.9

รูปร่างของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวเฉียงมุม 30° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง



ภาพที่ 6.10

รายละเอียดของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวเฉียงมุม 30° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง

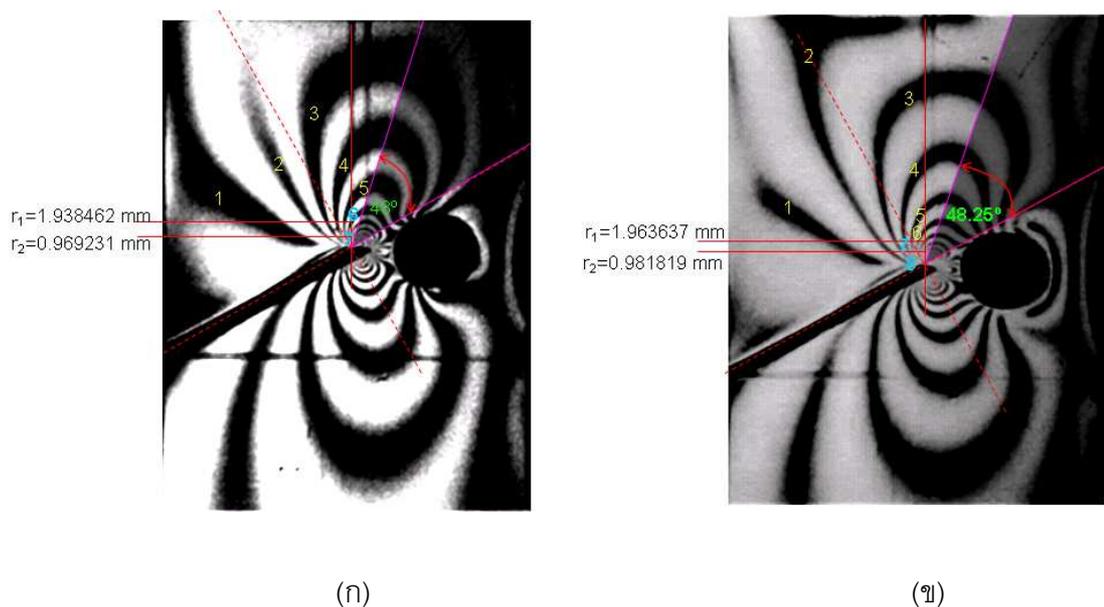
โดย พารามิเตอร์ที่เจาะจงคือ

- | | | |
|---|-----|---------------------------------------------------------------------|
| W | คือ | ความกว้างของชิ้นทดสอบ มีขนาด 36 mm |
| H | คือ | ความยาวของชิ้นทดสอบ มีขนาด 36 mm |
| B | คือ | ความหนาของชิ้นงาน มีขนาด 3 mm |
| I | คือ | ความยาวระหว่างปลายรอยร้าวกับจุดศูนย์กลางของ inclusion มีขนาด 7.5 mm |
| D | คือ | เส้นผ่านศูนย์กลางของ inclusion มีขนาด 6 mm |

โดยระยะเยื้องของ Inclusion มีค่าเท่ากับ $a \sin \theta$

ซึ่งจะใช้พารามิเตอร์ข้างต้นกับทั้ง Soft และ hard inclusion

การทดสอบด้วยเทคนิคโฟโตอีลาสติก เพื่อหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้น K_I และ K_{II} โดยการวัดระยะห่างจากปลายรอยร้าวในทิศตั้งฉากกับแนวแกน x จากภาพถ่าย และวัดมุมที่เกิดขึ้นเทียบกับเส้นวัดระยะแสดงในภาพที่ 6.11 แทนค่าลงในสมการที่ (5.11) และ สมการที่ (5.12) เพื่อคำนวณหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นสำหรับ hard inclusion ได้ผลตามตารางที่ 6.4 สำหรับ soft inclusion ได้ผลตามตารางที่ 6.5 และแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่ความยาวรอยร้าวต่าง ๆ สำหรับ hard inclusion และ Soft inclusion เปรียบเทียบกับปัญหาที่ไม่มี inclusion (hole) ในภาพที่ 6.12



ภาพที่ 6.11

ภาพถ่ายจากเทคนิคโฟโตอีลาสติกชี้ที่แผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 30° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้

แรงดึง $a/W = 0.5$

(ก) Hard inclusion

(ข) Soft inclusion

ตารางที่ 6.4

ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 30° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึงสำหรับ hard inclusion

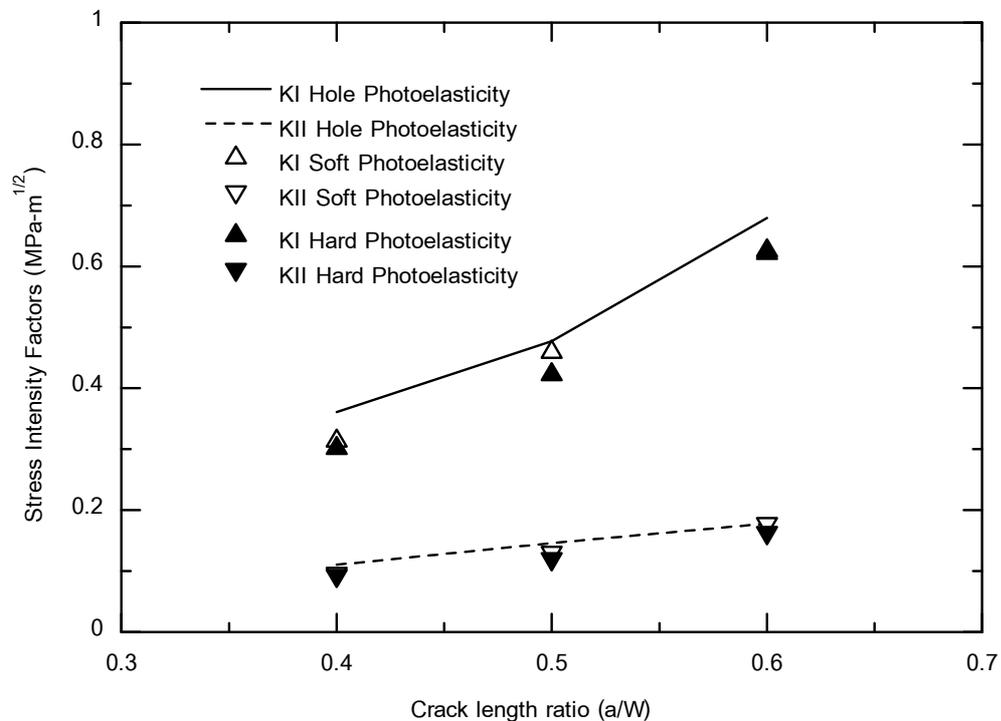
a/W	KI (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KI (Hard) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference	KII (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KII (Hard) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference
0.4	0.3609	0.3016	16.44%	0.1105	0.0923	16.44%
0.5	0.4774	0.4225	11.49%	0.1461	0.1200	17.84%
0.6	0.6794	0.6217	8.49%	0.1781	0.1630	8.49%

ตารางที่ 6.5

ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 30° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึงสำหรับ Soft inclusion

a/W	KI (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KI (Soft) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference	KII (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KII (Soft) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference
0.4	0.3609	0.3136	13.10%	0.1105	0.0960	13.10%
0.5	0.4774	0.4595	3.75%	0.1461	0.1306	10.65%
0.6	0.6794	0.6257	7.90%	0.1781	0.1778	0.20%

ผลการทดสอบพบว่าที่ความยาวรอยร้าวเพิ่มขึ้น ค่าตัวประกอบความเข้มของความเข้มมีค่าเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กรณี (Hard inclusion, Soft inclusion, Hole) แต่หากเปรียบเทียบที่ความยาวรอยร้าวเท่ากันพบว่า ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่ Hard inclusion มีค่าน้อยที่สุดถัดไปคือ Soft inclusion และมากที่สุดที่กรณีที่ไม่มี Inclusion (Hole)

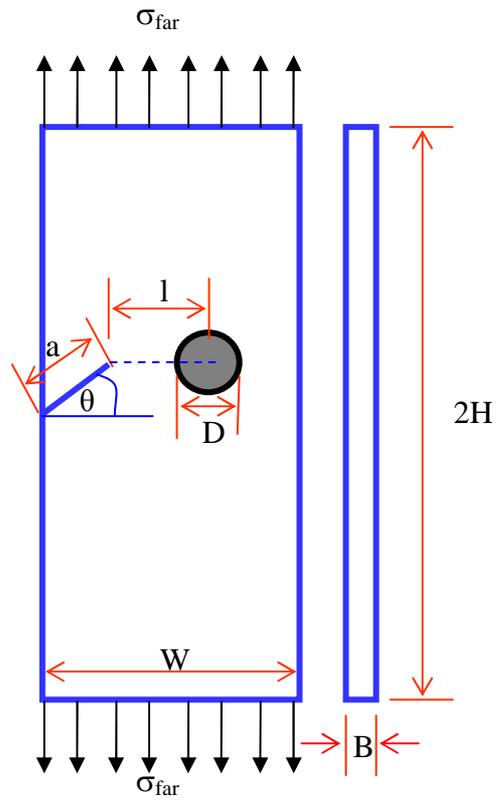


ภาพที่ 6.12

กราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่รอยร้าวต่าง ๆ สำหรับปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 30° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึงสำหรับ hard inclusion และ Soft inclusion เปรียบเทียบกับแบบไม่มี Inclusion (Hole)

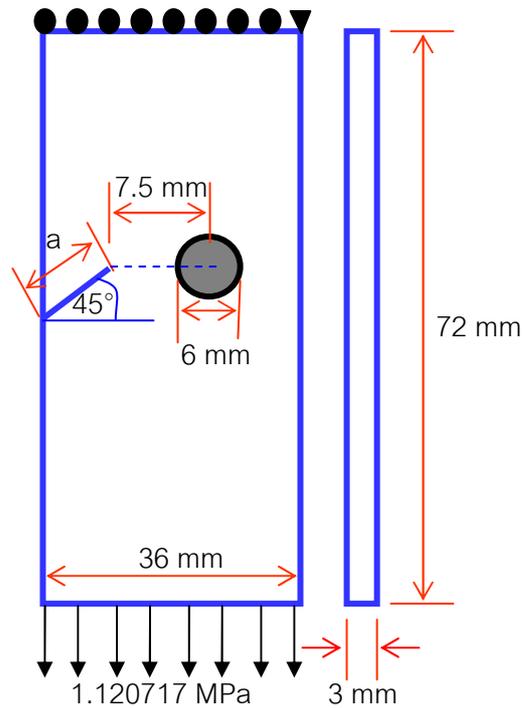
6.6.3 ปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 45° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง

ปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวเฉียงมุม 45° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง ความกว้างเท่ากับ W ความสูงเท่ากับ $2H$ ความหนาเท่ากับ B ถูกกระทำด้วยภาระความเค้นดึงขนาด 1.102 MPa ในแนวตั้งมีค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นเท่ากับ 2.5 GPa อัตราส่วนปัวซองส์เท่ากับ 0.38 มีอัตราส่วนความยาวรอยร้าวต่อความกว้าง (a/W) ในช่วง $0.2-0.6$ โดยความสูง ($2H$) เท่ากับ 72 มิลลิเมตร ความกว้างเท่ากับ 36 มิลลิเมตร ความหนาเท่ากับ 3 มิลลิเมตร ค่าแถบแสงของวัสดุเท่ากับ 7 kN/m/fringe และรอยร้าวทำมุมกับแนวระดับ 45° รายละเอียดของปัญหาแสดงในภาพที่ 6.13 และ 6.14



ภาพที่ 6.13

รูปร่างของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวเฉียงมุม 45° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง



ภาพที่ 6.14

รายละเอียดของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมแบบมีรอยร้าวเฉียงมุม 45° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึง

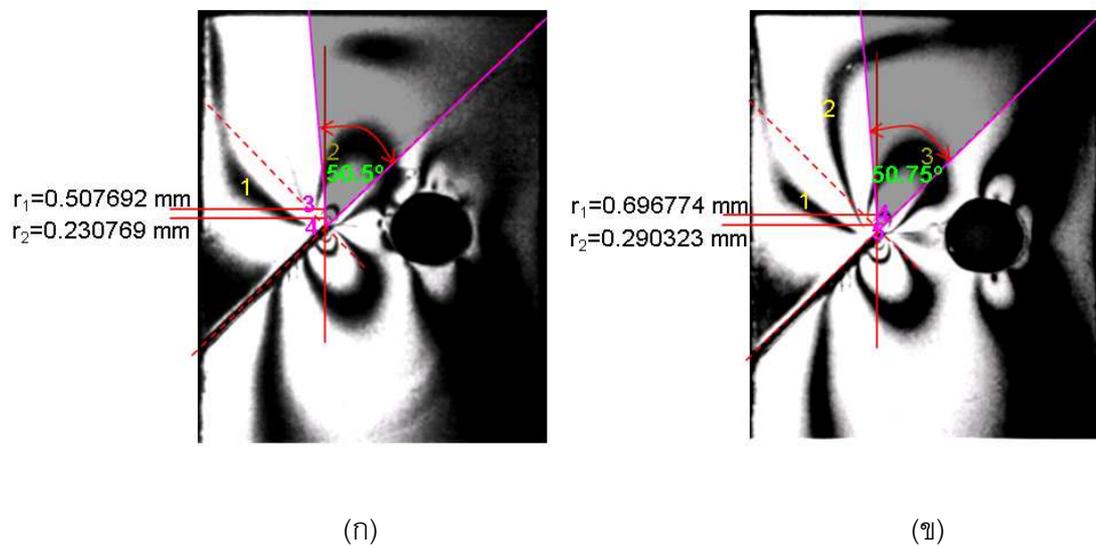
โดย พารามิเตอร์ที่เจาะจงคือ

- W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ มีขนาด 36 mm
- H คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ มีขนาด 36 mm
- B คือ ความหนาของชิ้นงาน มีขนาด 3 mm
- I คือ ความยาวระหว่างปลายรอยร้าวกับจุดศูนย์กลางของ inclusion มีขนาด 7.5 mm
- D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของ inclusion มีขนาด 6 mm

โดยระยะเยื้องของ Inclusion มีค่าเท่ากับ $a \sin \theta$

ซึ่งจะใช้พารามิเตอร์ข้างต้นกับทั้ง Soft และ hard inclusion

การทดสอบด้วยเทคนิคโฟโตอีลาสติก เพื่อหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้น K_I และ K_{II} โดยการวัดระยะห่างจากปลายรอยร้าวในทิศตั้งฉากกับแนวแกน x จากภาพถ่าย และวัดมุมที่เกิดขึ้นเทียบกับเส้นวัดระยะแสดงในภาพที่ 6.15 แทนค่าลงในสมการที่ (5.11) และ สมการที่ (5.12) เพื่อคำนวณหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นสำหรับ hard inclusion ได้ผลตามตารางที่ 6.6 สำหรับ soft inclusion ได้ผลตามตารางที่ 6.7 และแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่ความยาวรอยร้าวต่าง ๆ สำหรับ hard inclusion และ Soft inclusion เปรียบเทียบกับปัญหาที่ไม่มี inclusion (hole) ในภาพที่ 6.16



ภาพที่ 6.15

ภาพถ่ายจากเทคนิคโฟโตอีลาสติกชี้ตีแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 45° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้

แรงดึง $a/W = 0.5$

(ก) Hard inclusion

(ข) Soft inclusion

ตารางที่ 6.6

ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 45° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึงสำหรับ hard inclusion

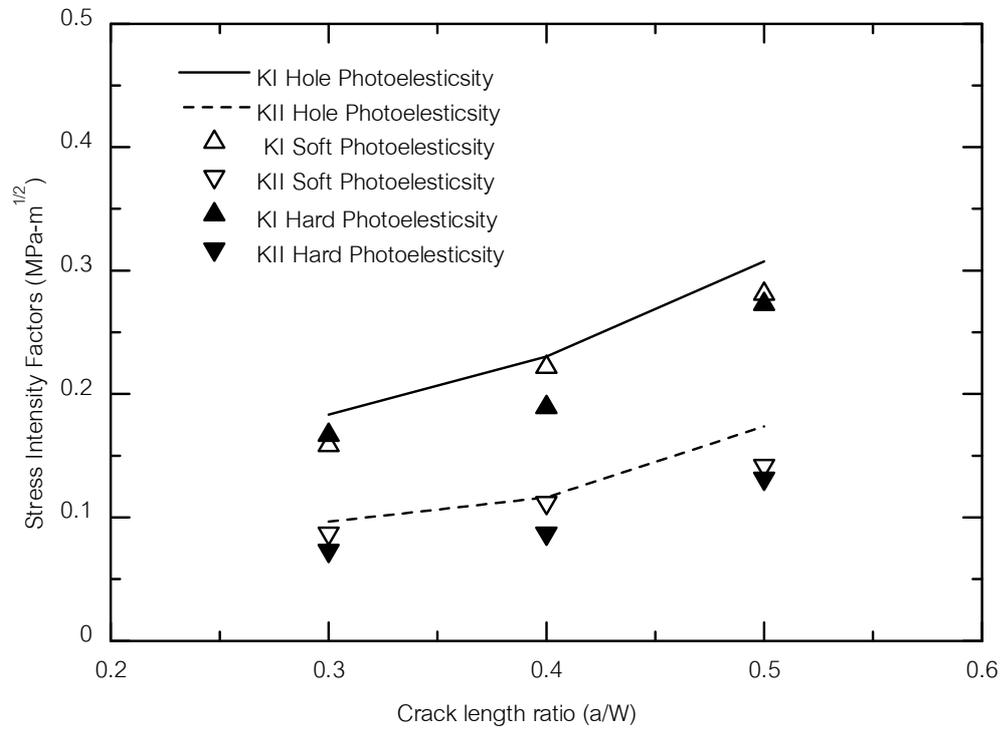
a/W	KI (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KI (Hard) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference	KII (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KII (Hard) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference
0.3	0.1833	0.1666	9.08%	0.0966	0.0730	24.38%
0.4	0.2303	0.1893	17.81%	0.1162	0.0871	25.03%
0.5	0.3075	0.2727	11.32%	0.1738	0.1316	24.28%

ตารางที่ 6.7

ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของปัญหาแผ่นสี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 45° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึงสำหรับ Soft inclusion

a/W	KI (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KI (Soft) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference	KII (Hole) (Mpa-m ^{1/2})	KII (Soft) (Mpa-m ^{1/2})	% Difference
0.3	0.1833	0.1585	13.51%	0.0966	0.0870	9.86%
0.4	0.2303	0.2218	3.69%	0.1162	0.1119	3.69%
0.5	0.3075	0.2811	8.59%	0.1738	0.1419	18.36%

ผลการทดสอบพบว่าที่ความยาวรอยร้าวเพิ่มขึ้น ค่าตัวประกอบความเข้มของความเข้มมีค่าเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กรณี (Hard inclusion, Soft inclusion, Hole) แต่หากเปรียบเทียบที่ความยาวรอยร้าวเท่ากันพบว่า ค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่ Hard inclusion มีค่าน้อยที่สุดถัดไปคือ Soft inclusion และมากที่สุดที่กรณีที่ไม่มี Inclusion (Hole)



ภาพที่ 6.16

กราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่รอยร้าวต่าง ๆ สำหรับปัญหาแผ่น
 สี่เหลี่ยมมีรอยร้าวเฉียงมุม 45° ที่ขอบด้านเดียวภายใต้แรงดึงสำหรับ hard inclusion
 และ Soft inclusion เปรียบเทียบกับแบบไม่มี Inclusion (Hole)