



กลศาสตร์การแตกหัก

จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนาจ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ห้องสมุดเทเวศร์



401016811

ชิ้นส่วน และโครงสร้างทางวิศวกรรมย่อมเกิดการเสื่อมสภาพหลังจากใช้งานไประยะหนึ่ง รอยร้าวจัดเป็นการเสื่อมสภาพรูปแบบหนึ่งที่มีผลกระทบรุนแรงต่อความแข็งแรงของชิ้นส่วน และโครงสร้าง การรับประกันความปลอดภัยของชิ้นส่วน และโครงสร้างที่พบรอยร้าว จำเป็นต้องทราบอิทธิพลของรอยร้าวต่อความแข็งแรง และพฤติกรรมการเสีรूपของชิ้นส่วน และโครงสร้างให้ได้ในเชิงปริมาณ กลศาสตร์การแตกหักคือแนวทางหนึ่งที่ตอบคำถามนี้ได้

หนังสือเล่มนี้ใช้ประกอบการสอนวิชาการศาสตร์การแตกหัก หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขา วิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้อ่านควรมีความรู้เกี่ยวกับ วัสดุศาสตร์พื้นฐาน กลศาสตร์วัสดุ ทฤษฎีอีลาสติคซิติ และพลาสติกซิติเบื้องต้น คณิตศาสตร์วิศวกรรม และการคำนวณเชิงตัวเลข เนื้อหาแบ่งเป็น 9 บท บทที่ 1 อธิบายองค์ประกอบของวิชา และการประยุกต์ บทที่ 2 สรุปรูพื้นฐานของกลศาสตร์ของแข็ง บทที่ 3 ถึง 5 แนะนำพารามิเตอร์ปลาย รอยร้าวสำหรับการวิเคราะห์การเสีรूपของวัสดุบริเวณปลายรอยร้าวที่มีพฤติกรรมยืดหยุ่นเชิงเส้น จนถึงพฤติกรรมอีลาสติค-พลาสติก บทที่ 6 อธิบายความสามารถของวัสดุในการต้านทาน การแตกหัก หลักการทดสอบ และการวิเคราะห์การแตกหัก บทที่ 7 อธิบายการเติบโตของ รอยร้าวเนื่องจากกลไกความล้า บทที่ 8 อธิบายการเติบโตของรอยร้าวกรณีได้รับอิทธิพล จากสภาพแวดล้อม ในสองบทนี้จะอธิบายวิธีคำนวณอายุการเติบโตของรอยร้าวด้วย บทที่ 9 อธิบายการประเมินสภาพของโครงสร้างที่พบรอยร้าว โดยอิงกับระเบียบวิธี API 579

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ก่อเกียรติ บุญชูกุล อดีตอาจารย์ประจำภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สอนวิชานี้ให้กับผู้เขียนขณะศึกษาระดับปริญญาโท และสนับสนุนจนได้ไปศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ในโครงการ ถ่ายทอดเทคโนโลยี TJTTP-OECF ขอบพระคุณ ศ.ดร. ปราโมทย์ เจชะอำไพ ที่เป็นแรงบันดาลใจให้รักการเขียนหนังสือตั้งแต่ตอนที่เป็นนิสิต ขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา Prof. Yasuhide ASADA, Prof. Shinsuke SAKAI, Assoc. Prof. Toshiya NAKAMURA ที่ให้ โอกาสผู้เขียนเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ ทำให้เข้าใจความหมายของการศึกษาและการ ทำวิจัยดีขึ้น ขอขอบคุณทีมเจ้าหน้าที่ของ TJTTP-OECF ที่ดูแลความเป็นอยู่ระหว่างเรียนได้ อย่างยอดเยี่ยม ผู้เขียนขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ ให้โอกาสผู้เขียนใช้เครื่องมือวิจัย จัดสรรพื้นที่ห้องปฏิบัติการ และสนับสนุนเงินทุนให้ ห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลาหนึ่ง ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงาน ศ.ดร. ไพโรจน์ สิงหนัดกิจ และ ศ.ดร. ชาวสวน กาญจโนมัย ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัย ขอขอบคุณทุกคนที่ร่วม สร้างผลงานวิชาการ สุดท้าย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้แก่ คุณวาสนา ชำเซ็น คุณธีรภัทร์ ภูทอง และคุณโชษิตา วัชรโรทัย ที่ประสานงานและ ตรวจทานหนังสือจนเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์

จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย

ตุลาคม 2564

คำนำ	ก
บทที่ 1 ภาพรวม	
1.1 รูปแบบของความเสียหาย	1
1.2 ผลของตำหนิต่อความแข็งแรงอุดมคติ	3
1.3 องค์ประกอบของวิชากลศาสตร์การแตกหัก	5
1.4 แขนงของกลศาสตร์การแตกหัก	6
1.5 การประยุกต์กลศาสตร์การแตกหัก	6
1.5.1 การเลือกวัสดุ	6
1.5.2 การออกแบบชิ้นส่วน	7
1.5.2.1 ปรวิญญาเสียหายแต่ยังปลอดภัย	7
1.5.2.2 ปรวิญญาทนทานความเสียหาย	8
1.5.3 การประเมินการคงสภาพ	9
1.5.4 การติดตามสภาพ	9
1.5.5 การประเมินอายุใช้งานที่เหลือ	10
1.5.6 การวิเคราะห์ความเสียหาย	11
1.6 สรุป	12
เอกสารอ้างอิง	12
แบบฝึกหัด	14
บทที่ 2 กลศาสตร์ของแข็ง	
2.1 ภาพรวม	17
2.2 ความเค้น	18
2.3 ความเครียด	20
2.4 กฎทั่วไปของฮุก	21
2.5 สมการควบคุมของปัญหาอีลาสติกซิติ์สามมิติ	22
2.6 ปัญหาอีลาสติกซิติ์สองมิติในพิกัดคาร์ทีเซียน	24
2.6.1 ปัญหาความเค้นระนาบ	24
2.6.2 ปัญหาความเครียดระนาบ	25
2.7 ฟังก์ชันความเค้นของ Airy	26
2.8 ปัญหาอีลาสติกซิติ์ในพิกัดเชิงขั้ว	28
2.9 วิธีตัวแปรเชิงซ้อน	30
2.9.1 จำนวนเชิงซ้อน	30
2.9.2 ฟังก์ชันเชิงซ้อน	32
2.9.3 ฟังก์ชันความเค้นของ Goursat-Kolosoff-Muskhelishvili	34

2.10 ทฤษฎีพลาสติกซิตีเบื้องต้น	35
2.10.1 เกณฑ์การคราก	35
2.10.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียดภายใต้แรงดึง	36
เอกสารอ้างอิง	36

บทที่ 3 กลศาสตร์การแตกหักยืดหยุ่นเชิงเส้น

3.1 แนวทางพลังงานกับวัตถุที่มีรอยร้าว	
3.1.1 อัตราการปลดปล่อยพลังงาน	37
3.1.2 อัตราการปลดปล่อยพลังงานกรณีควบคุมระยะเคลื่อนตัว	38
3.1.3 อัตราการปลดปล่อยพลังงานกรณีควบคุมภาระ	39
3.1.4 อัตราการปลดปล่อยพลังงานในรูปของคอมพลายแอนซ์	41
3.1.5 เกณฑ์การเติบโตของรอยร้าว	44
3.1.6 ปัญหาที่กริฟฟิศึกษา	45
3.2 การวิเคราะห์ความเค้นของวัตถุที่มีรอยร้าว	46
3.2.1 โหมดการเสียรูปที่ปลายรอยร้าว	46
3.2.2 ผลเฉลยเชิงวิเคราะห์	47
3.2.2.1 ภาพรวม	47
3.2.2.2 วิธีฟังก์ชันความเค้น Williams	48
3.2.2.3 วิธีฟังก์ชันความเค้น Goursat-Kolosov-Muskhelishvili	54
3.2.2.4 วิธีฟังก์ชันความเค้น Westergaard	56
3.2.2.5 วิธีฟังก์ชันความเค้น Sanford	60
3.2.3 บริเวณเอกฐานเค้น	60
3.3 ตัวประกอบความเข้มของความเค้น	62
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง K และ G	66
3.5 ผลของขนาดจำกัด	69
3.6 หลักการซ้อนทับ	71
3.7 การหาผลเฉลยตัวประกอบความเข้มของความเค้น	81
3.7.1 วิธีฟังก์ชันน้ำหนัก	82
3.7.1.1 วิธีสมมุติระยะเคลื่อนตัวของพื้นผิวรอยร้าว	86
3.7.1.2 วิธีปรับแก้โดยตรง	91
3.7.1.3 การประยุกต์กับโปรไฟล์ความเค้นที่ซับซ้อน	95
3.7.2 วิธีคอมพลายแอนซ์	97
3.7.3 วิธีวัดความเครียด	99
3.7.3.1 ผลเฉลย 3 พารามิเตอร์ และสเตรนเกจหนึ่งตัว	101
3.7.3.2 ผลเฉลย 4 พารามิเตอร์ และสเตรนเกจสองตัว	102
3.7.3.3 ผลเฉลย 2 หรือ 3 พารามิเตอร์ และสเตรนเกจแบบ rectangular rosette	102

3.7.4	วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	103
3.7.5	วิธีประกอบ	106
3.7.6	วิธีประมาณผลเฉลย K ของรอยร้าวที่รอยเจาะ	108
3.8	ระยะเคลื่อนตัวของวัตถุที่มีรอยร้าว	111
3.8.1	การคำนวณระยะเคลื่อนตัวของพื้นผิวรอยร้าว ด้วยวิธีฟังก์ชันน้ำหนัก	111
3.8.2	ทฤษฎีบทความกลศาสตร์ของวัสดุ	112
3.8.3	ทฤษฎีความคล้าย	117
3.9	สรุป	119
	เอกสารอ้างอิง	119
	แบบฝึกหัด	123

บทที่ 4 กลศาสตร์การแตกหักสำหรับการครากขนาดเล็ก

4.1	สถานะความเค้น และการครากของวัสดุ	137
4.2	บริเวณพลาสติกที่ปลายรอยร้าว	139
4.2.1	ขนาดของบริเวณพลาสติก	139
4.2.1.1	วิธีของ Irwin	139
4.2.1.2	วิธีของ Dugdale	141
4.2.2	รูปร่างของบริเวณพลาสติก	142
4.3	พารามิเตอร์ K ประสิทธิภาพ	143
4.4	ขอบเขตของ LEFM และ SSY	147
4.5	ระยะเปิดที่ปลายรอยร้าวสำหรับการครากขนาดเล็ก	149
4.5.1	วิธีของ Irwin	149
4.5.2	วิธีของ Dugdale	150
4.6	สรุป	152
	เอกสารอ้างอิง	152
	แบบฝึกหัด	153

บทที่ 5 กลศาสตร์การแตกหักอีลาสติก-พลาสติก

5.1	นิยามของ J -อินทิกรัล	155
5.2	สมบัติของ J -อินทิกรัล	158
5.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง J -อินทิกรัล กับ CTOD	160
5.4	การหาผลเฉลย J -อินทิกรัล	162
5.4.1	การหา J -อินทิกรัล จากนิยามปริพันธ์ตามเส้น	162
5.4.1.1	วิธีเชิงวิเคราะห์	162
5.4.1.2	วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	163

5.4.2 การหา J -อินทิกรัล จากนิยามอัตราการปลดปล่อยพลังงานศักย์	174
5.4.2.1 วิธีขึ้นงานหลายชั้น	174
5.4.2.2 วิธีกึ่งเชิงวิเคราะห์	177
5.4.3 การประมาณ J -อินทิกรัล จากผลเฉลยภาวะขีดจำกัด	182
5.4.4 การประมาณ J -อินทิกรัล จากผลเฉลยพลาสติกเต็ม	184
5.4.5 การประมาณ J -อินทิกรัล ด้วยวิธีความเค้นอ้างอิง	187
5.5 ขอบเขตของ J -อินทิกรัล	191
5.6 สรุป	193
เอกสารอ้างอิง	193
แบบฝึกหัด	195

บทที่ 6 ความต้านทานการแตกหัก และการวิเคราะห์การแตกหัก

6.1 ประเภทของการแตกหัก และเกณฑ์การแตกหัก	201
6.2 การทดสอบหาความต้านทานการแตกหัก	207
6.2.1 เครื่องทดสอบ และเครื่องมือวัด	207
6.2.2 ขึ้นงาน และการสร้างรอยร้าวเริ่มต้น	207
6.2.3 การติดตามรอยร้าว	210
6.2.4 หลักการทดสอบ และวิธีวิเคราะห์ผล	212
6.2.4.1 การทดสอบ K_{Ic}	212
6.2.4.2 การทดสอบเส้นโค้ง K_R	216
6.2.4.3 การทดสอบ J_{Ic}	221
6.2.4.4 การทดสอบเส้นโค้ง J_R	228
6.2.4.5 วิธีนอร์มัลไลซ์	231
6.2.4.6 วิธีประมาณจากกราฟภาวะ-ระยะเคลื่อนตัว	237
6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการแตกหัก	238
6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการแตกหักกับอุณหภูมิ	239
6.4.1 เส้นโค้งขอบเขตล่างของ ASME	239
6.4.2 วิธี Master curve	243
6.5 การประมาณความต้านทานการแตกหักจากสมบัติแรงกระแทก	249
6.6 สรุป	251
เอกสารอ้างอิง	252
แบบฝึกหัด	254

บทที่ 7 การเติบโตของรอยร้าว

7.1 ความเสียหายล้า	267
7.2 การทดสอบอัตราการเติบโตของรอยร้าวล้า	272

7.2.1 หลักการทดสอบ	272
7.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	274
7.3 ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเติบโตของรอยร้าวล้า	281
7.4 สมการอัตราการเติบโตของรอยร้าวล้า	288
7.5 การคำนวณอายุการเติบโตของรอยร้าวล้าภายใต้ภาระล้าแอมพลิจูดคงที่	290
7.6 พฤติกรรมการเติบโตของรอยร้าวล้าภายใต้ภาระล้าแอมพลิจูดไม่คงที่	294
7.7 การคำนวณอายุการเติบโตของรอยร้าวล้าภายใต้ภาระล้าแอมพลิจูดไม่คงที่	298
7.7.1 การนับรอบภาระด้วยวิธี simplified rainflow	298
7.7.2 แบบจำลองการเติบโตของรอยร้าวล้าภายใต้ภาระล้าแอมพลิจูดไม่คงที่	303
7.7.2.1 แบบจำลองรากของกำลังสองเฉลี่ย	304
7.7.2.2 แบบจำลองที่ไม่คิดปฏิสัมพันธ์ของภาระ	305
7.7.2.3 แบบจำลองของ Wheeler	306
7.7.2.4 แบบจำลองของ Willenborg	308
7.7.2.5 แบบจำลองการปิดของรอยร้าวล้า	309
7.8 แบบจำลองอัตราการเติบโตของรอยร้าวล้าจากความแข็งแรงล้า	311
7.9 สรุป	317
เอกสารอ้างอิง	318
แบบฝึกหัด	322

บทที่ 8 การเติบโตของรอยร้าวที่ได้รับผลของสภาพแวดล้อม

8.1 กลไกความเค้นร่วมกับการกัดกร่อน	327
8.2 กลไกความล้าร่วมกับการกัดกร่อน	332
8.3 กลไกการคืบ	337
8.3.1 พารามิเตอร์ C^*	338
8.3.2 การหาผลเฉลย C^*	339
8.3.2.1 การหา C^* จากนิยาม	339
8.3.2.2 การประมาณ C^* จากผลเฉลยพลาสติกเต็มที่	342
8.3.2.3 การประมาณ C^* จากผลเฉลยภาระขีดจำกัด	344
8.3.2.4 การประมาณ C^* ด้วยวิธีความเค้นอ้างอิง	345
8.3.3 การทดสอบอัตราการเติบโตของรอยร้าวคืบ	348
8.3.4 การคำนวณอายุการเติบโตของรอยร้าวคืบ	352
8.4 กลไกความล้าร่วมกับการคืบ	355
8.5 สรุป	357
เอกสารอ้างอิง	357
แบบฝึกหัด	359


บทที่ 9 การประเมินสภาพของโครงสร้างที่มีรอยร้าว

9.1 เรื่องทั่วไป	361
9.2 หลักการประเมินสภาพโครงสร้างที่มีรอยร้าว	363
9.3 คำแนะนำ และข้อมูลในระเบียบวิธี FFS	365
9.3.1 การแยกประเภทความเค้น	365
9.3.2 การทำความเค้นให้เป็นเชิงเส้น	366
9.3.3 การระบุลักษณะรอยร้าว	368
9.3.4 โพรไฟล์ความเค้นตกค้าง	374
9.3.5 ผลเฉลยพารามิเตอร์ปลายรอยร้าว	378
9.3.6 ผลเฉลยความเค้นอ้างอิง	379
9.3.7 ความต้านทานการแตกหัก	381
9.3.7.1 วิธี ASME section XI	381
9.3.7.2 วิธีแรงกระแทกชาร์ปี	383
9.3.7.3 วิธี Master curve	386
9.3.8 อัตราการเติบโตของรอยร้าว	387
9.3.9 แผนภาพประเมินความเสียหาย	388
9.4 ระเบียบวิธี API 579	393
9.4.1 ขอบเขต	393
9.4.2 ขั้นตอนการประเมินสภาพ	394
9.4.2.1 การประเมินระดับ 1	394
9.4.2.2 การประเมินระดับ 2	398
9.4.2.3 การประเมินระดับ 3	404
9.4.3 การประเมินอายุใช้งานที่เหลือ	411
9.4.4 การประเมินสภาพรั่วก่อนแตกหัก	412
9.5 กลศาสตร์การแตกหักเชิงความน่าจะเป็น	413
9.6 สรุป	418
เอกสารอ้างอิง	419
แบบฝึกหัด	421
ภาคผนวก ก ผลเฉลย J_{pl}	425
ภาคผนวก ข การหาผลเฉลย K ด้วยโปรแกรม ANSYS	429
ดัชนี	439
ประวัติผู้เขียน	443

สามารถยืมและติดตามหนังสือใหม่ได้ที่ ระบบห้องสมุดอัตโนมัติ Walai Autolib

<https://lib.rmutp.ac.th/bibitem?bibid=b๐๐๑๐๗๐๒๒>

B กลศาสตร์การแตกหัก / จีรพงศ์ กสิวิทย์อำนาจ.
จีรพงศ์ กสิวิทย์อำนาจ.

My list 



Subject [การแตกหัก.](#)
[กลศาสตร์.](#)
[กำลังวัสดุ.](#)
[ความเครียดและความเค้น.](#)
[วัสดุ -- ความล้า.](#)

Details

Published กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2564.
Edition พิมพ์ครั้งที่ 1.
Detail 443 หน้า : ภาพประกอบ ; 26 ซม.
ISBN 9786165881081

 39  14  0

 MARC

 Export

 Save

 Share

สำหรับเพื่อการศึกษาและการอ้างอิงเท่านั้น