บทที่ 6

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับปัญหาของแข็งยืดหยุ่นได้ที่มีรอยร้าว

ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำเอาสมการไฟไนต์เอลิเมนต์และไฟไนต์เอลิเมนต์เมตริกซ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นในบทที่ 4 มาประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สอดคล้องกันด้วยภาษาฟอร์แทรน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาของแข็งยืดหยุ่นได้ที่มีรอยร้าว โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ และสามารถทำความเข้าใจได้โดยง่าย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมีชื่อว่า KFACTOR ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 ลักษณะของโปรแกรม KFACTOR

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ KFACTOR ที่ถูกประดิษฐ์ขึ้นนี้ ประกอบด้วยโปรแกรมหลัก (Main program) และ 6 โปรแกรมย่อย (Subroutine) โดยลักษณะขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมมีดังนี้

6.1.1 เริ่มต้นการทำงานโดยการอ่านข้อมูลของปัญหา เช่น จำนวนจุดต่อ ตำแหน่งของจุดต่อต่างๆ จำนวนเอลิเมนต์ คุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ และหมายเลขจุดต่อที่ประกอบกันเป็นเอลิเมนต์ เป็นต้น ซึ่งทำการอ่านในช่วงแรกของโปรแกรมหลัก [Main program]

6.1.2 คำนวณเอลิเมนต์เมตริกซ์ต่างๆ ของทุกๆ เอลิเมนต์ โดยเรียกโปรแกรมย่อย [Subroutine LST] และส่งผ่านเอลิเมนต์เมตริกซ์ต่างๆ ที่คำนวณได้นี้ไปสร้างเมตริกซ์ใหญ่ของระบบสมการรวม โดยเรียกโปรแกรมย่อย [Subroutine ASSMBLE]

6.1.3 กำหนดเงื่อนไขขอบเขตของปัญหาลงในระบบสมการรวม เช่น บางจุดต่อจะถูกตรึงแน่นเคลื่อนที่ไม่ได้ หรือบางจุดต่อมีแรงภายนอกมากระทำ โดยเรียกโปรแกรมย่อย [Subroutine APPLYBC]

6.1.4 แก้ระบบสมการรวมเพื่อหาค่าการเคลื่อนตัว u และ v ที่ทุกจุดต่อ โดยเรียกโปรแกรมย่อย [Subroutine SOLVE]

6.1.5 คำนวณค่าความเค้น σ_{xx}, σ_{yy} และ τ_{xy} ของทุกเอลิเมนต์ และแปลงเป็นค่าความเค้น σ_{xx}, σ_{yy}, τ_{xy} และความเค้นแบบ Von mises ของทุกจุดต่อ โดยเรียกโปรแกรมย่อย [Subroutine STRESS]

6.1.6 คำนวณค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของปัญหา โดยเรียกโปรแกรมย่อย [Subroutine KCAL]

6.1.7 พิมพ์คำตอบของค่าการเคลื่อนตัว u และ v ที่ทุกจุดต่อ ความเค้นที่ทุกจุดต่อ และค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของปัญหา ลงในไฟล์ที่ต้องการ และสร้างไฟล์ใหม่ที่บรรจุข้อมูลทุกอย่าง เพื่อใช้ในการแสดงผลลัพธ์ด้วยโปรแกรมกราฟฟิกบนจอคอมพิวเตอร์

ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม KFACTOR สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแผนภูมิการทำงานได้ดังแสดงในรูปที่ 6.1

6.2 รายละเอียดของโปรแกรม KFACTOR

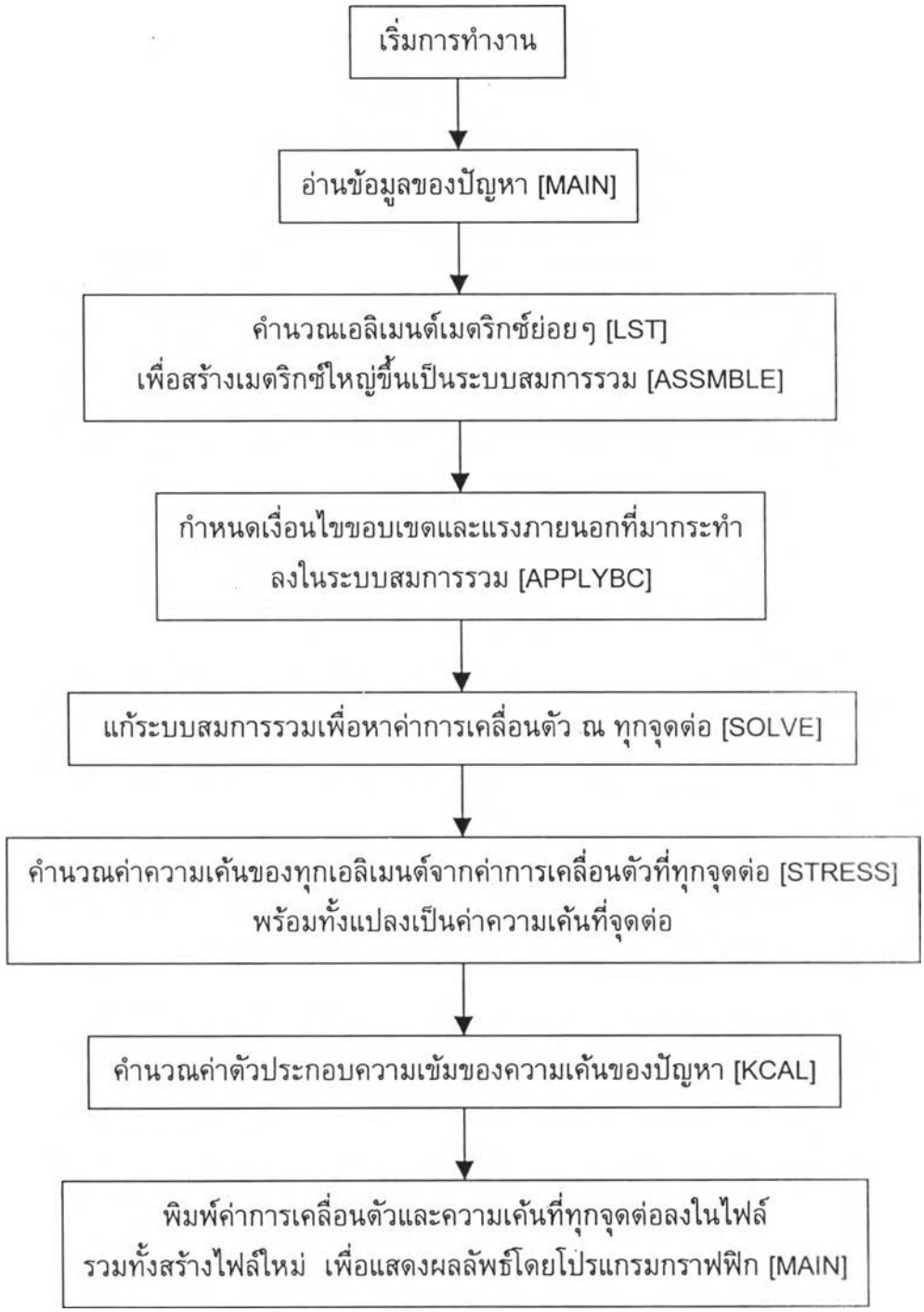
รายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ KFACTOR ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ตอนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้

6.3 ลักษณะของไฟล์ข้อมูลนำเข้า

ลักษณะของไฟล์ข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ KFACTOR ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ทั้งหมด 6 ส่วนดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ประโยคอธิบายกำกับลักษณะของไฟล์

บรรทัดแรก	ตัวเลขระบุจำนวนบรรทัดที่เป็นตัวอักษรอธิบายลักษณะไฟล์
บรรทัดต่อไป	ประโยคอธิบายลักษณะของไฟล์ ซึ่งจำนวนบรรทัดเท่าที่ระบุไว้ในบรรทัดแรก
ตัวอย่างเช่น	3
	Center cracked rectangular plate under tension
	The model consists of 331 elements and 720 nodes
	Use crack tip element



รูปที่ 6.1 ลักษณะขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม KFACTOR

ส่วนที่ 2 ขนาดของปัญหา

บรรทัดแรก คำระบุจำนวนจุดต่อ เอลิเมนต์ และแรงภายนอก

บรรทัดต่อไป ตัวเลขจำนวนจุดต่อ เอลิเมนต์ และแรงภายนอก

ตัวอย่างเช่น	NPOIN	NELEM	NFORCE
	720	331	15

ส่วนที่ 3 คุณสมบัติต่างๆ ของปัญหา

บรรทัดแรก คำระบุคุณสมบัติต่างๆ

บรรทัดต่อไป ตัวเลขแสดงค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น อัตราส่วนปัวส์ซง ความหนาของแผ่น รวมถึงจุดต่อของปลายรอยร้าว

ตัวอย่างเช่น	ELAS	PR	THICK	CRACK TIP NODE
	2.07E+06	0.292	30.0	2

ส่วนที่ 4 ลักษณะของจุดต่อ

บรรทัดแรก คำระบุลักษณะของจุดต่อ

บรรทัดต่อไป ตัวเลขแสดงหมายเลขของจุดต่อ เงื่อนไขขอบเขตในทิศ x และ y ตำแหน่งจุดต่อในแกน x และ y

ตัวอย่างเช่น	NODE	IBCX	IBCY	X	Y
	1	1	1	0.0	0.0
	2	0	1	42.5	0.0
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	720	0	0	21.0	2 0.0

หมายเหตุ : เงื่อนไขขอบเขต IBC ในทิศ x หรือ y หมายถึง

IBC = 1 จุดต่อนั้นถูกตรึงไม่ให้เคลื่อนที่ในทิศนั้น

IBC = 0 คำนวณหาการเคลื่อนที่ในทิศนั้น

ส่วนที่ 5 ลักษณะการเรียงจุดต่อภายในเอลิเมนต์

บรรทัดแรก คำระบุลักษณะการเรียงจุดต่อภายในเอลิเมนต์

บรรทัดต่อไป ตัวเลขแสดงหมายเลขของเอลิเมนต์ และหมายเลขของจุดต่อทั้งหกในทิศทวนเข็มนาฬิกาที่ประกอบกันขึ้นเป็นเอลิเมนต์นั้น

ตัวอย่างเช่น ELEMENT NODAL CONNECTIONS :

1	5	38	37	207	297	206
2	2	31	4	32	204	205
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
331	147	146	149	616	617	619

ส่วนที่ 6 แรงภายนอกที่มากระทำกับจุดต่อต่างๆ

บรรทัดแรก คำระบุหัวข้อแรงภายนอกที่มากระทำกับจุดต่อ

บรรทัดต่อไป ตัวเลขแสดงหมายเลขของจุดต่อที่มีแรงภายนอกที่มากระทำ และขนาดของแรงภายนอกในทิศ x และ y

ตัวอย่างเช่น

NPOIN	FX	FY
4	0.0	7142.9
205	0.0	28571.6
⋮	⋮	⋮
5	0.0	7142.9

6.4 ลักษณะของไฟล์ผลลัพธ์

ไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ KFACOTR จะบรรจุอยู่ในไฟล์ที่ระบุชื่อไว้เมื่อตอนเริ่มโปรแกรม โดยข้อมูลจะเป็นผลลัพธ์ของค่าการเคลื่อนตัว u และ v ที่ทุกจุดต่อ ค่าความเค้นที่ทุกจุดต่อ และค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นของปัญหา ดังแสดงได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

NODAL DISPLACEMENT SOLUTIONS [10]:

NODE	U	V
1	.755951045400E-03	.000000000000E+00
2	.891781401100E-03	.000000000000E+00
3	.734823118900E-03	.000000000000E+00
4	.710683353400E-03	.000000000000E+00
5	.696292301300E-03	.167512024800E-02
6	.685020787400E-03	.226527532700E-03
7	.679528227000E-03	.446683723100E-03
8	.678109883400E-03	.548387160400E-03
9	.679665721000E-03	.631615125800E-03
10	.684546262500E-03	.729114632500E-03

==========

NODAL STRESS SOLUTIONS [10]:

NODE	SXX	SYY	SXY	SVM
1	.117415E-01	.370318E+01	-.154599E-01	.369742E+01
2	.398207E+02	.697946E+02	.108832E+02	.635062E+02
3	.230728E+00	.501537E+01	-.769173E-01	.490589E+01
4	.571744E+00	.623705E+01	-.110016E+00	.597478E+01
5	.103525E+01	.690361E+01	-.140771E+00	.645322E+01
6	.163647E+01	.768122E+01	-.161753E+00	.701339E+01
7	.207505E+01	.837424E+01	-.167460E+00	.755916E+01
8	.293300E+01	.912650E+01	-.131905E+00	.807339E+01
9	.341310E+01	.100331E+02	.331519E-01	.883585E+01
10	.459844E+01	.108949E+02	.527343E-01	.947381E+01

==========

STESS INTENSITY FACTOR [KI] :

59.04490

==========

รูปที่ 6.2 รูปแบบของผลลัพธ์ตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม KFACTOR