บทที่ 4
โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการซึมของความชื้นในตัวกลางพรุน

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ประดิษฐ์ขึ้นในบทที่ 3 ได้นำมาประดิษฐ์ขึ้นเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหาการซึมของความชื้นในตัวกลางพรุนสองมิติภายใต้สถานะไม่คงตัว โปรแกรมดังกล่าวถูกประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้ภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN) โปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้มีชื่อว่า RHBFE (Richards Head-Based by Finite Element) รายละเอียดของโปรแกรมดังกล่าวได้ถูกอธิบายโดยละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ขั้นตอนการคำนวณ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ RHBFE ประกอบด้วยโปรแกรมหลัก (main program) และโปรแกรมย่อย (subroutine) 9 โปรแกรม โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

4.1.1 อ่านแฟ้มข้อมูลนำเข้า (input file) ของปัญหา ซึ่งประกอบด้วย

- จำนวนจุดต่อทั้งหมด
- จำนวนเอลิเมนต์ทั้งหมด
- จำนวนเกรเดียนท์ของหัวน้ำรวมทั้งหมด
- ค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้เป็นเงื่อนไขในการหยุดการคำนวณ
- ค่าคุณสมบัติของวัสดุพรุน ได้แก่ สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน
- จำนวนรอบในการทำซ้ำของระเบียบวิธีพิคาร์ด
- ข้อมูลของทุกจุดต่อ ประกอบไปด้วย หมายเลขของจุดต่อ เงื่อนไขขอบเขตของจุดต่อ พิกัดของจุดต่อ ค่าหัวน้ำเนื่องจากความดันเริ่มต้น และเกรเดียนท์ของหัวน้ำรวมบนจุดต่อ
- ข้อมูลของทุกเอลิเมนต์ ประกอบไปด้วย หมายเลขของเอลิเมนต์ หมายเลขของจุดต่อที่อยู่บนเอลิเมนต์ และเกรเดียนท์ของหัวน้ำรวมที่สร้างขึ้นภายในเอลิเมนต์

4.1.2 เรียกโปรแกรมย่อย [INITIAL] เพื่อกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น

4.1.3 เรียกโปรแกรมย่อย [TRI] เพื่อสร้างไฟไนต์เอลิเมนต์เมตริกซ์ จากนั้นนำไฟไนต์เอลิเมนต์เมตริกซ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมารวมเป็นระบบสมการรวมโดยเรียกโปรแกรมย่อย [ASSMBLE]

4.1.4 เรียกโปรแกรมย่อย [VELBOUND] เพื่อกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของปัญหา

4.1.5 เรียกโปรแกรมย่อย [TRANSIENT] เพื่อสร้างความสัมพันธ์เวียนบังเกิด

4.1.6 เรียกโปรแกรมย่อย [APPLYBC] เพื่อทำการประยุกต์เงื่อนไขขอบเขต

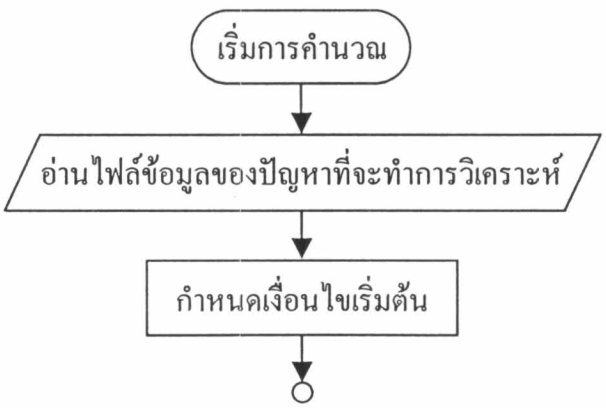
4.1.7 แก้สมการหาค่าหัวน้ำเนื่องจากความดันที่เปลี่ยนแปลง ด้วยระเบียบวิธีการทำซ้ำของพิคาร์ด โดยเรียกโปรแกรมย่อย [GAUSS] จากนั้นทำการคำนวณหาค่าหัวน้ำเนื่องจากความดันใหม่ที่จุดต่อต่างๆ

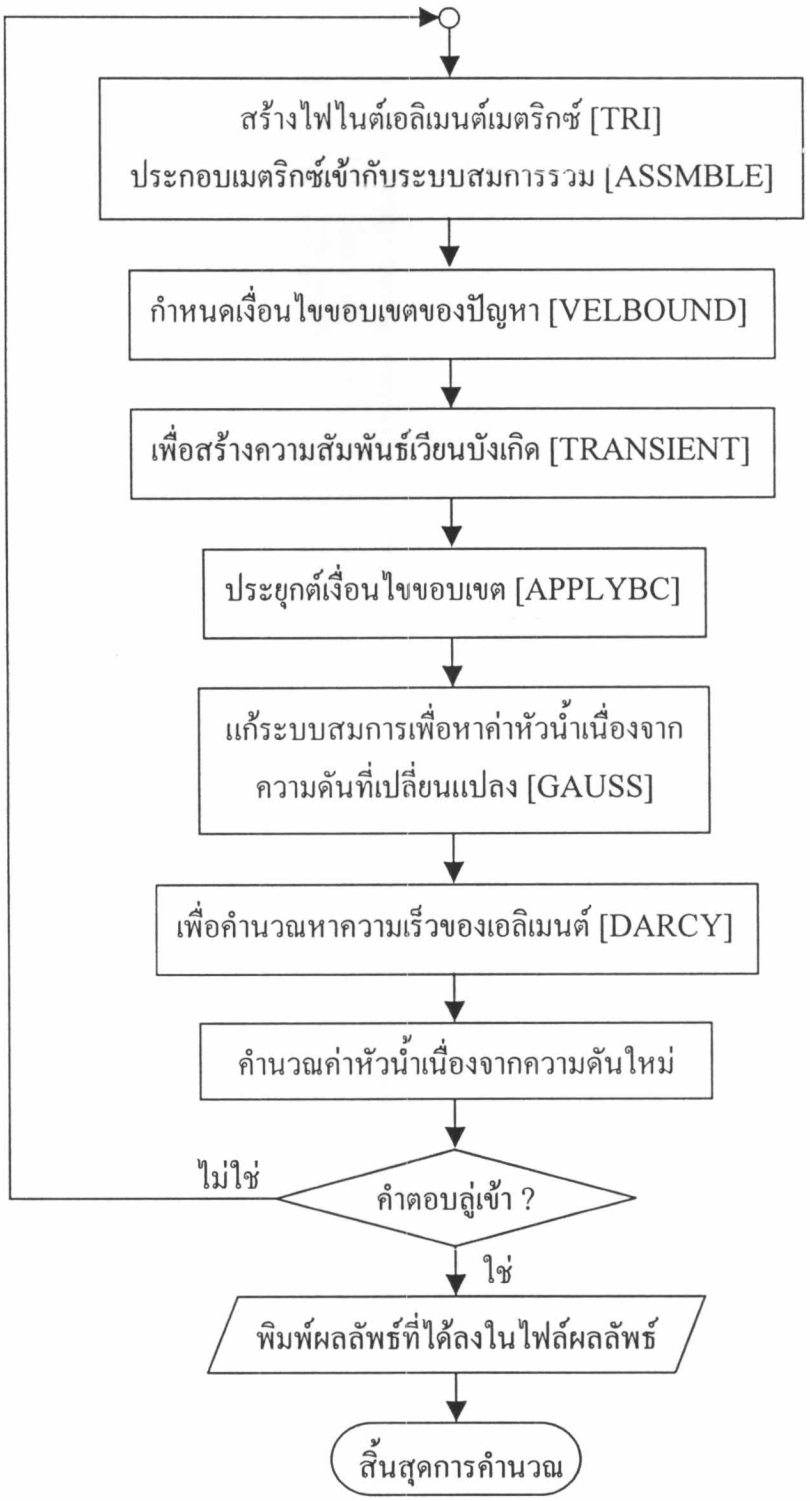
4.1.8 เรียกโปรแกรมย่อย [DARCY] เพื่อคำนวณหาความเร็วของการซึมผ่านในเอลิเมนต์

4.1.9 ตรวจสอบการลู่เข้าของผลลัพธ์ที่ได้ โดยเรียกโปรแกรมย่อย [CONVERGE] หากผลลัพธ์ลู่เข้าภายใต้ค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนด จึงกระทำตามขั้นตอนที่ 4.1.10 ต่อไป แต่หากผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่ลู่เข้าภายใต้ค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนด ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 4.1.3 ซ้ำจนกระทั่งความคลาดเคลื่อนของคำตอบที่ได้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้

4.1.10 พิมพ์ผลลัพธ์ที่คำนวณได้ลงในไฟล์ผลลัพธ์เพื่อนำไปใช้แสดงผลต่อไป

ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมสามารถสรุปได้โดยใช้แผนภูมิการทำงาน (flow chart) ดังแสดงในรูปที่ 4.1





รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม RHBFE

4.2 รายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

รายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรม RHBFE ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

4.3 รายละเอียดของไฟล์ข้อมูลนำเข้า

รายละเอียดของไฟล์ข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรม RHBFE ประกอบไปด้วย 6 ส่วนย่อย ดังต่อไปนี้

4.3.1 ลักษณะของไฟล์ข้อมูล

บรรทัดแรก จำนวนบรรทัดที่อธิบายลักษณะของปัญหา

บรรทัดต่อๆ มา ลักษณะของปัญหาซึ่งมีจำนวนบรรทัดเท่ากับที่ระบุไว้ในบรรทัดแรก

ตัวอย่างเช่น:

```
2
FINITE ELEMENT DATA FOR MOISTURE CONTENT
IN VERY DRY SOIL PROBLEM
```

4.3.2 รายละเอียดของรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์

บรรทัดแรก คำอธิบายรายละเอียดของรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์

บรรทัดต่อมา จำนวนจุดต่อ จำนวนเอลิเมนต์ จำนวนเกรเดียนท์ของหัวน้ำรวม ค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้เป็นเงื่อนไขการหยุดกระบวนการทำซ้ำ

ตัวอย่างเช่น:

```
NPOI  NELEM  NFLUX   TOL
1809   3200   0002   0.01
```

4.3.3 คุณสมบัติของวัสดุพรุน

บรรทัดแรก คำอธิบายคุณสมบัติของวัสดุพรุน

บรรทัดต่อมา ค่าความหนา สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน และค่าคงที่ต่างๆ ของแบบจำลองซึ่งได้จากการทดลองวัสดุพรุนแต่ละชนิด

ตัวอย่างเช่น:

```
THICK  HKSAT   ALPHA   EM   EN   ZETA_S   ZETA_R
1.00     3.46  0.0335  0.5  2.0    0.381    0.102
ST_PH  MITER  NSAVE
-100.0   200    600
```

4.3.4 รายละเอียดเกี่ยวกับความสัมพันธ์เวียนบังเกิด

บรรทัดแรก คำอธิบายรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์เวียนบังเกิด

บรรทัดต่อมา ช่วงเวลา จำนวนช่วงเวลา ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักเวลา

ตัวอย่างเช่น:

DT	NSTEP	TWF
60.0	1440	1.0

4.3.5 ข้อมูลของจุดต่อ

บรรทัดแรก คำอธิบายข้อมูลของจุดต่อ

บรรทัดต่อๆ มา หมายเลขของจุดต่อ เงื่อนไขขอบเขตของหัวน้ำเนื่องจากความดัน ตำแหน่งของจุดต่อในแนวแกน x และ z ค่าของหัวน้ำเนื่องจากความดัน และเกรเดียนท์ของหัวน้ำรวม

ตัวอย่างเช่น:

NODE	IBC	X	Z	PH	FLUX
1	1	0.000	0.002	0.00	0.00
2	0	0.005	0.002	0.00	0.00
3	0	0.010	0.002	0.00	0.00
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1808	1	0.995	0.000	0.00	0.00
1809	1	1.000	0.000	0.00	0.00

4.3.6 ข้อมูลของเอลิเมนต์

บรรทัดแรก คำอธิบายข้อมูลของเอลิเมนต์

บรรทัดต่อๆ มา หมายเลขของเอลิเมนต์ หมายเลขของจุดต่อที่ประกอบขึ้นเป็นเอลิเมนต์ และเกรเดียนท์ของหัวน้ำรวมที่สร้างขึ้นภายในเอลิเมนต์

ตัวอย่างเช่น:

ELEMENT	I	J	K	Q
1	1609	1409	1408	0.0
2	1609	1610	1409	0.0
3	1610	1611	1409	0.0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
3199	401	201	200	0.0
3200	401	402	201	0.0

4.4 ลักษณะของไฟล์ผลลัพธ์

ไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ RHBFE มีลักษณะดังต่อไปนี้

บรรทัดแรก คำอธิบายผลลัพธ์

บรรทัดต่อมา หมายเลขของจุดต่อ ตำแหน่งของจุดต่อในแนวแกน x และ z ค่าของหัวน้ำเนื่องจากความดัน

ตัวอย่างเช่น:

NODE	X-COORD	Z-COORD	PRESSURE HEAD
1	.000000E+00	.200000E+00	.000000E+00
2	.500000E -02	.200000E -01	.129319E+03
3	.100000E -01	.200000E -01	.323298E+02
⋮	⋮	⋮	⋮
1808	.995000E+00	.1000000E+01	.0000000E+00
1809	.100000E+01	.1000000E+01	.0000000E+00