บทที่ 3

โปรแกรม SWMM โดยสังเขป

การพัฒนาโปรแกรม CU-SWMM ขึ้นใช้งานนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษารายละเอียดของโปรแกรม SWMM ให้เข้าใจ เนื่องจากโปรแกรม CU-SWMM ได้นำโปรแกรม SWMM มาเป็นส่วนประกอบเพื่อใช้ในการจำลองสภาพของระบบระบายน้ำ ลักษณะและรายละเอียดของโปรแกรม SWMM จะกล่าวโดยสรุปดังต่อไปนี้

3.1 วัตถุประสงค์ของการพัฒนาโปรแกรม SWMM

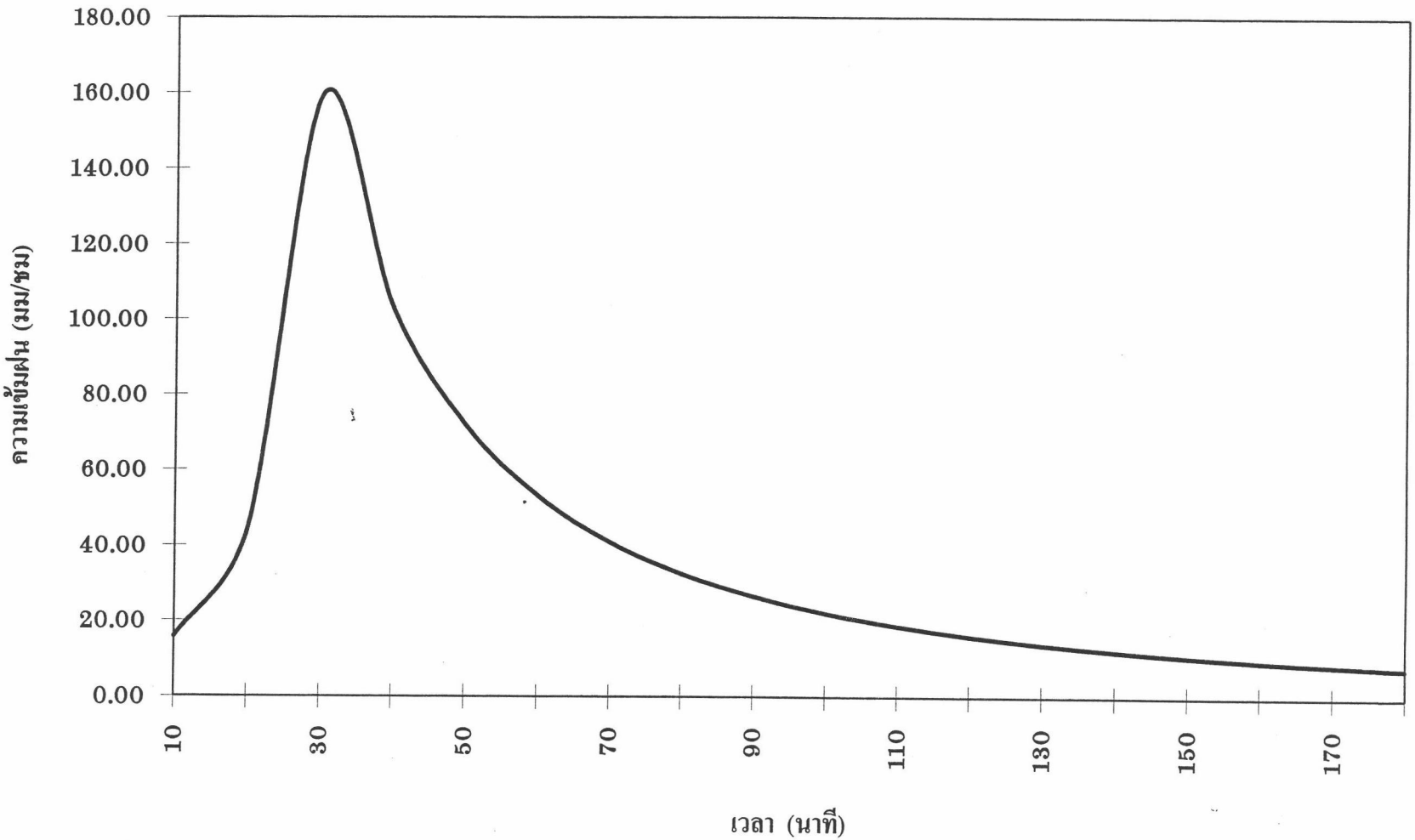
โปรแกรม SWMM ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้จำลองสภาพระบบระบายน้ำโดยใช้ข้อมูลฝนที่ตกจริงซึ่งมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำเรียกว่า hyetograph (ดูรูปที่ 3.1) และข้อมูลประกอบอื่น ๆ เช่น ระบบท่อระบายน้ำ และอ่างพักน้ำ พื้นที่รับน้ำฝน ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นปริมาณการไหลของน้ำ สภาพการทำงานของระบบระบายน้ำ และมลภาวะที่มีอยู่ในน้ำ โดยโปรแกรมจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ต่อเวลาที่ผ่านไปทั้งในรูปของตัวอักษรและกราฟ ทั้งนี้แล้วแต่ผู้ใช้งานโปรแกรมจะเป็นผู้กำหนด

3.2 ส่วนประกอบของโปรแกรม

โปรแกรม SWMM มีส่วนประกอบหลายส่วน แต่ละส่วนเรียกว่า block รายละเอียดและหน้าที่การทำงานของแต่ละ block สรุปได้ดังนี้

1. Executive block ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลและควบคุมลำดับการทำงานของแต่ละ block ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ ทำการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง block และจัดการเกี่ยวกับการอ่าน/เขียนข้อมูลลงสู่หน่วยความจำสำรองเช่น แผ่นจานแม่เหล็กหรือเทป เป็นต้น

2. Runoff block ทำหน้าที่คำนวณหาปริมาณน้ำไหลนองทั้งผิวดิน และใต้ดิน (surface and subsurface runoff) จากข้อมูลฝน หิมะ และลักษณะพื้นที่รับน้ำฝน เพื่อจะนำข้อมูลนี้ได้ส่งต่อไปยัง block อื่น ๆ เพื่อจำลองสภาพระบบระบายน้ำ



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของ Hyetograph

3. Transport block ทำการคำนวณทางด้านชลศาสตร์ขณะที่น้ำไหลผ่านระบบระบายน้ำ นอกจากนั้นยังสามารถประมาณปริมาณน้ำเสีย และค่ามลภาวะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาของการไหล คำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลซึมเข้าท่อ และคำนวณสภาพของอ่างพักน้ำ

4. Extended transport block (Extran block) เป็น block ที่ทำการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อขยายขีดความสามารถของ Transport block ให้โปรแกรมสามารถจำลองสภาพระบบระบายน้ำที่มีการต่อเป็นวงรอบ (loop) คำนวณการหนุนกลับของน้ำ (back water effect) การไหลภายใต้แรงดัน (pressured flow) สภาวะน้ำท่วม หรือการไหลกลับทาง นอกจากนั้นยังสามารถคำนวณเกี่ยวกับระดับน้ำเหนือฝาย (weir), orifice และสถานีสูบน้ำได้

5. Storage/Treatment block ทำหน้าที่คำนวณเกี่ยวกับการไหลและการกำจัดมลภาวะเมื่อน้ำไหลผ่านอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ มลภาวะต่าง ๆ จะถูกกำจัดโดยแรงโน้มถ่วงของโลก

6. Graph block ทำหน้าที่แสดงกราฟน้ำท่า (hydrographs) และกราฟมลภาวะ (polluto graphs) ออกทางเครื่องพิมพ์แบบตัวอักษร

7. Combine block ทำการเชื่อมต่อการทำงานของโปรแกรมในกรณีที่ระบบระบายน้ำมีขนาดใหญ่และซับซ้อนมาก จำเป็นต้องแยกทำการคำนวณหลายครั้ง

8. Rain block ใช้เพื่อการอ่านข้อมูลฝนจากเทปแม่เหล็กของ National Weather Service (NWS) ประเทศสหรัฐอเมริกา ไม่สามารถนำมาใช้กับประเทศไทยได้

9. Temp block ทำหน้าที่คล้าย Rain block แต่จะทำการอ่านข้อมูลอุณหภูมิ

10. Statistic block ทำหน้าที่สรุปผลลัพธ์ในการจำลองสภาพระบบระบายน้ำอย่างต่อเนื่อง (contnuous simulation) และจัดทำเป็นสถิติเกี่ยวกับค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุดของปริมาณน้ำ และมลภาวะ

3.3 การทำงานของโปรแกรม

Block ต่าง ๆ ของโปรแกรมที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อส่วนประกอบของโปรแกรมได้ถูกจัดแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. Service blocks ประกอบด้วย block ต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่เพิ่มความสะดวกของผู้ใช้ให้ทำงานได้สะดวกขึ้น block ต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่ Statistics block, Graph block, Combine block, Rain block และ Temp block

2. Executive block ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโปรแกรม

3. Computational blocks ประกอบด้วย block ต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่ในการคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์ ได้แก่ Runoff block, Transport block, Extran block และ Storage/Treatment block

การทำงานของโปรแกรมต่าง ๆ จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.2 โดย Executive block จะทำหน้าที่สั่งงานและควบคุมการส่งข้อมูลระหว่าง block ต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งแสดงผลลัพธ์ให้กับผู้ใช้

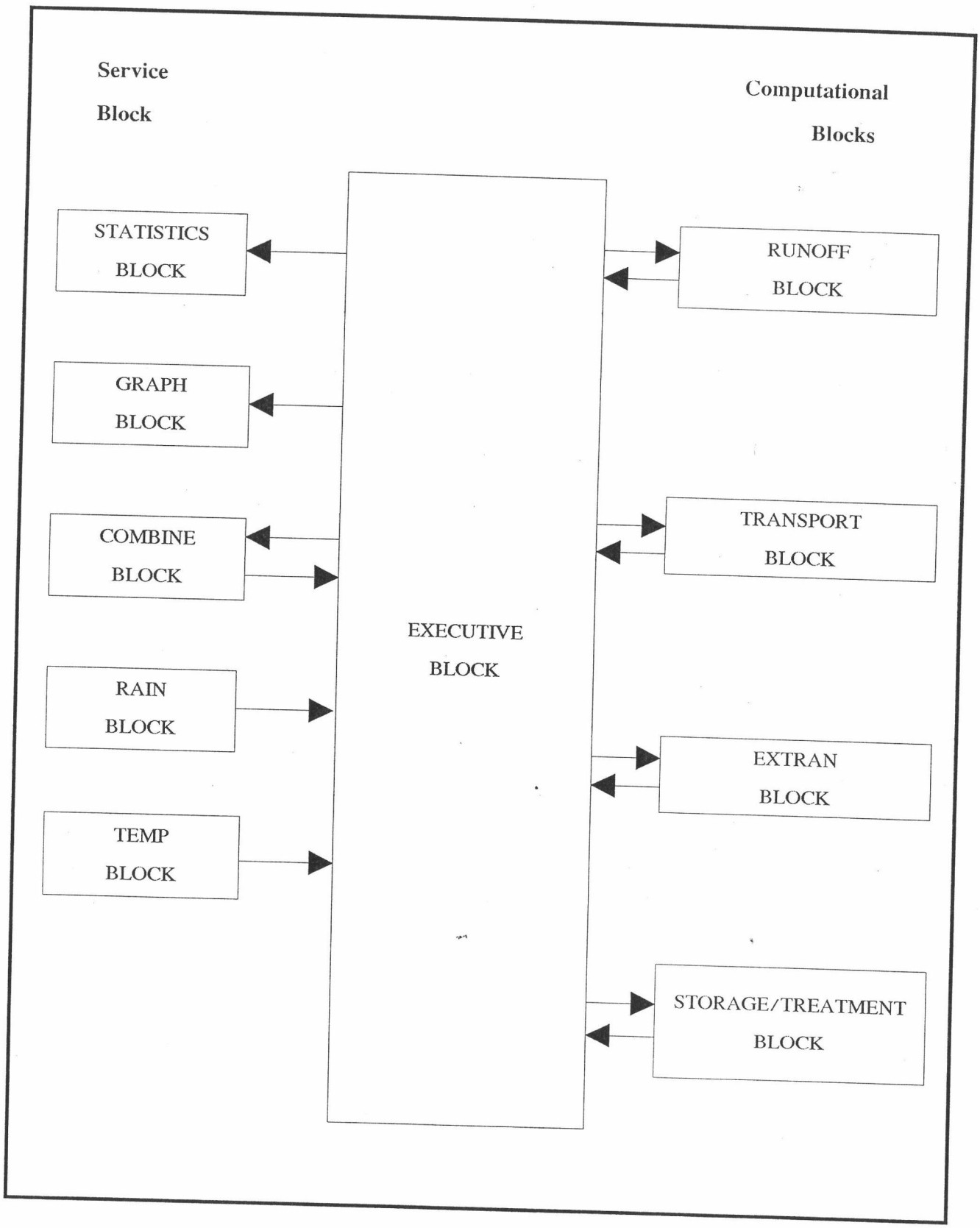
3.4 สภาวการณ์ที่โปรแกรมสามารถทำงานได้

โปรแกรม SWMM สามารถทำการจำลองสภาพระบบระบายน้ำภายใต้สภาวการณ์ของระบบต่าง ๆ ดังนี้

1. สภาวการณ์ด้านเวลา โปรแกรม SWMM สามารถรับข้อมูลฝนและคำนวณหาผลลัพธ์ได้อย่างไม่จำกัดช่วงเวลา (time step) และความยาวของข้อมูล ช่วงเวลาระหว่างข้อมูลและผลลัพธ์ 2 ค่า สามารถเป็นได้ตั้งแต่วินาทีจนถึงชั่วโมงหรือเป็นวัน ในกรณีที่ทำการจำลองสภาพระบบระบายน้ำอย่างต่อเนื่อง (continuous simutation)

2. ปริมาณข้อมูล สามารถรับปริมาณข้อมูลเช่น จำนวนพื้นที่รับน้ำฝน จำนวนช่วงของระบบระบายน้ำ และจำนวนกราฟน้ำฝนได้อย่างไม่จำกัด ขึ้นอยู่กับปริมาณหน่วยความจำที่มีอยู่ในเครื่อง โดยทำการแก้ไขดัดแปลงโปรแกรมก่อนการแปลเป็นภาษาเครื่อง

3. การบวนการทางกายภาพ โปรแกรม SWMM จะทำการคำนวณปริมาณน้ำไหลบนผิวดิน (overland flow) ด้วยวิธี non-linear reservoir โดยใช้สมการของ Manning และคำนวณปริมาณการซึมลงดิน (infiltration) โดยใช้สมการ Integrated Horton หรือ Green-Ampt ส่วนการไหลของน้ำในระบบระบายน้ำจะคำนวณโดยวิธี non-linear reservoir ใน Runoff block วิธี modified kinematic wave ใน Transport block (โดยกำหนดให้ระบบระบายน้ำเป็นแบบก้างปลา (cascade)) และใช้สมการ St.Venant ใน Extran block ซึ่งจะทำให้ Extran block สามารถคำนวณหาผลจากการหนุนกลับของน้ำ การไหลย้อนกลับ การไหลภายใต้แรงดันเนื่องจากน้ำท่วม และการต่อระบบระบายน้ำแบบวงรอบได้ นอกจากนั้น โปรแกรม SWMM ยังสามารถรับปริมาณน้ำซึมเข้าระบบระบายน้ำ (inflow) และปริมาณน้ำเสีย (dry weather flow) ณ จุดใด ๆ ในระบบระบายน้ำได้รวมถึงการจำลองเกี่ยวกับอ่างพักน้ำ สถานีสูบน้ำ ฝาย และ orifice ได้



รูปที่ 3.2 แสดงการทำงานของโปรแกรม SWMM

3.5 ข้อมูลที่ต้องการและผลลัพธ์ที่ได้

ข้อมูลที่โปรแกรม SWMMต้องการเพื่อนำไปทำการคำนวณหาผลลัพธ์มีหลายประเภทดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลฝน เป็นปริมาณฝนตกที่เวลาต่าง ๆ นับตั้งแต่เริ่มมีฝนตกจนกระทั่งหยุด เรียกว่า hyetograph (ดังแสดงในรูปที่ 3.1)

2. ข้อมูลพื้นที่รับน้ำฝน ขนาดของพื้นที่ สิ่งปกคลุม ความลาดชัน ค่า depression storage และค่าสัมประสิทธิ์ของ Manning รวมถึงค่าคงที่ต่าง ๆ ที่ใช้ในสมการ Integrated Horton หรือ Green-Ampt

3. ลักษณะของระบบระบายน้ำ การเชื่อมต่อ, ความยาว, รูปหน้าตัด, ความลาดชัน และค่าสัมประสิทธิ์ของ Manning รูปร่างและลักษณะทางชลศาสตร์ของฝาย, orifice และสถานีสูบน้ำ นอกจากนั้น Extran block ยังต้องการข้อมูลเกี่ยวกับระดับท้องท่อระบายน้ำ ระดับดิน และปริมาตรของบ่อพักด้วย

4. ข้อมูลปริมาณน้ำเสีย เป็นค่าคงที่ หรืออัตราการเกิดน้ำเสียต่อประชากร และจำนวนประชากร

5. ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นผิวของดินที่รับน้ำฝน และลักษณะสมบัติของน้ำฝนที่ไหลออกจากพื้นที่ หากต้องการจำลองลักษณะสมบัติของน้ำที่จุดต่าง ๆ ในระบบระบายน้ำ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม SWMM มีดังนี้

1. สรุปข้อมูลที่ป้อนเข้าไปทั้งหมด

2. กราฟน้ำท่า และกราฟมลภาวะที่จุดใด ๆ ในระบบระบายน้ำ ตามที่ผู้ใช้ต้องการ

3. ปริมาณน้ำไหลนอง ปริมาณการไหลที่ระบบระบายน้ำควรจะรับได้ และขนาดของระบบระบายน้ำที่ต้องการ (โปรแกรมจะทำการคำนวณหาขนาดให้ใหม่ หากระบุให้ทำเช่นนั้น)

4. ปริมาณมลภาวะที่เกิดขึ้น ถูกกำจัด และคงเหลือ

3.6 ความถูกต้องแม่นยำของโปรแกรม

โปรแกรม SWMM มีความถูกต้องแม่นยำในการจำลองสภาพระบบระบายน้ำค่อนข้างมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปว่ามีความใกล้เคียงความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด และไม่ต้องการการปรับแต่ง (calibrate) อีก แต่ในการจำลองลักษณะสมบัติของน้ำจำเป็นจะต้องมีการปรับแต่งโดยใช้ข้อมูลจากการวัดในสนามจึงจะให้ผลถูกต้องแม่นยำในระดับที่น่าพอใจ Extran block สามารถจำลองสภาพระบบระบายน้ำที่ซับซ้อนได้อย่างแม่นยำแต่หากไม่มีการหนุนของน้ำ การไหลย้อนกลับ สภาวะน้ำท่วม การไหลแบบวงรอบ หรือการไหลภายใต้แรงดันควรใช้ Transport block ในการคำนวณแทน Extran block เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการคำนวณ

3.7 การใช้งานโปรแกรม

โปรแกรม SWMM ถูกเขียนขึ้นด้วยภาษาฟอร์แทรนโดยการสนับสนุนของ United States Environmental Protection Agency (US.EPA) และถูกแปลให้เป็นภาษาเครื่องที่คอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้ มีชื่อว่า SWMM.EXE ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่มาก การใช้งานโปรแกรม SWMM จำเป็นต้องมีไฟล์ SWMM.EXE อยู่ใน hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควรเป็นเครื่องที่มีตัวประมวลผลเบอร์ 80386 ร่วมกับตัวประมวลผลเบอร์ 80387 ขึ้นไป และมีหน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 4 MB การเรียกใช้โปรแกรม SWMM ทำโดยการพิมพ์คำว่า SWMM ที่ DOS Prompt และกด Enter โปรแกรม SWMM จะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ หลังจากนั้นจึงให้ผู้ใช้ป้อนชื่อแฟ้มข้อมูลเข้าและแฟ้มข้อมูลผลลัพธ์เข้าไป โปรแกรมจะอ่านแฟ้มข้อมูลเข้า (ซึ่งต้องมีอยู่ใน hard disk อยู่แล้ว) และสร้างแฟ้มข้อมูลผลลัพธ์เพื่อเก็บผลลัพธ์จากการคำนวณ

ปัจจัยที่สำคัญในการใช้งานโปรแกรม SWMM คือ การศึกษาและทำความเข้าใจข้อมูลที่ SWMM ต้องการเพื่อจะนำมาสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลเข้า แต่ละ block ของ SWMM จะต้องการข้อมูลแตกต่างกันไป และเนื่องจาก SWMM เป็นโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่ ทำหน้าที่ครอบคลุมการจำลองสภาพระบบระบายน้ำในทุก ๆ ด้าน ข้อมูลที่ SWMM สามารถรับได้จึงมีปริมาณมากมายหลายประเภท ข้อมูลปริมาณมากเหล่านั้นไม่สามารถนำมากล่าวในรายละเอียดในหัวข้อนี้ได้ ผู้สนใจโปรแกรม SWMM จะสามารถศึกษารายละเอียดได้จากคู่มือการใช้งานโปรแกรม SWMM และพิจารณาเลือกข้อมูลที่ต้องการป้อนให้โปรแกรมเท่าที่จำเป็น

การป้อนข้อมูลให้โปรแกรมทำได้โดยการใช้โปรแกรมประเภทประมวลผลคำ (word processor) ต่าง ๆ ทำการสร้างแฟ้มข้อมูลตัวอักษร (text file) ให้มีรูปแบบ (format) ตามที่ SWMM สามารถรับรู้ได้แล้วเก็บลงสู่แผ่นจานแม่เหล็ก รูปแบบของแฟ้มข้อมูลที่สร้างขึ้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.3 หลังจากนั้นจึงเรียกโปรแกรม SWMM ขึ้นมาทำงานโดยใช้แฟ้มข้อมูลที่สร้างขึ้นเป็นข้อมูลเข้า (input)

```
*          SPECIAL CONTROL SYMBOLS NOW CONTROL THE SWMM INPUT FILE
*          THE SPECIAL SYMBOLS ARE '*', '@', AND '$'.
*               * ---> COMMENT LINE
*               @ ---> SAVE A FILE PERMANENTLY OR USE A SAVED FILE
*               $ ---> CALL A SWMM BLOCK
*      THE FIRST LINE CONTAINS THE NUMBER OF BLOCKS TO BE RUN AND
*           THE JIN AND JOUT INTERFACE FILE UNIT NUMBERS.
* NBLOCK  JIN(1)  JOUT(1)  JIN(2)  JOUT(2)
SW   2        0       10       10       0
*    THE SECOND LINE CONTAINS UP TO 6 SCRATCH FILE UNIT NUMBERS.
MM 6  11  12  13  14  15  16
*     FILE 10 (OR ANY UNIT NUMBER) COULD BE PERMANENTLY SAVED.
@   10   'SAVE10.OUT'
*     CALL THE RUNOFF BLOCK USING $RUNOFF
$RUNOFF
*     THERE ARE TWO A1 OR TITLE CARDS IN EVERY BLOCK.
*          ALL CHARACTER DATA MUST BE ENLOSED IN SINGLE QUOTES.
A1   'RUNOFF EXAMPLE 2, SIMPLE CONFIGURATION'
A1   'SINGLE CATCHMENT PLUS SINGLE PIPE, CONST. RAIN'
*     COMMENT LINES CAN BE USED TO IDENTIFY INPUT VARIABLES.
* METRIC ISNOW NRGAG INFILM KWALTY IVAP NHR NMN NDAY MONTH TYRSTR
B1   0        0         1        0        0        0    0    0    3        17        88
B2 0  0  2
*  5-MIN TIME STEP, 2-HR SIMULATION
B3 300.   300.   300.   2  2.0
B4 0  0
D1 0
*  KTYPE KINC KPRINT KTHIS KTIME KPREP NHISTO THISTO TZRAIN
E1    2       1        0        0       0        0        3        60.0       0.0
*  STEP-FUNCTION HYETOGRAPH
*    TIME-REIN(1)      RAIN-REIN (2)
E3        0.0                  1.0
E3       60.0                  0.0
E3      120.0                  0.0
*  2-FT DIAMETER CIRCULAR PIPE
*  NAMEG NGTO NPG GWIDTH GLEN  G3     GS1  GS2   G6    DFULL  GDEPTH
G1   101    102   2      2.0    300.0 0.005   0.0   0.0 0.014   0.0        0.0
*   2-AC   IMPERVIOUS CATCHMENT
*    JK  NAMEW NGTO WW1  WW2  WW3  WW4  WW5  WW6  WW7  WW8  WW9  WW10  WW11
H1   1   201      101  200.0   2.0   100.0 0.01  0.020  0.20   0.03   0.3    3.0     0.3    0.001
*   PRINT CONTROL PARAMETERS
M1   2  1
*   DEFAULT STARTING  AND  STOPPING  PRINT  TIME  IS DURATION  OF  SIMULATION.
M2   1  0  0
*   PRINT HYDROGRAPHS  FOR  PIPE  101  AND  INLET  102.
M3   101   102
*      END  THE  SWMM  SIMULATION  BY  USING  $ENDPROGRAM.
*         (ANOTHER  BLOCK  COULD  FOLLOW  INSTEAD.)
$ENDPROGRAM
```

รูปที่ 3.3 แสดงข้อมูลตัวอักษรที่ป้อนเป็นข้อมูลเข้าให้กับโปรแกรม SWMM

โปรแกรมจะทำการคำนวณและสร้างผลลัพธ์เป็นแฟ้มข้อมูลบนจานแม่เหล็ก แล้วจึงให้ระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์พิมพ์ผลลัพธ์ออกทางเครื่องพิมพ์เพื่อนำมาตรวจสอบ

3.8 ข้อมูลจำเพาะของโปรแกรม

โปรแกรม SWMM รุ่นที่ใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ฟอร์แทรน และใช้ตัวแปลภาษา (compiler) RM/FORTRAN การพัฒนาโปรแกรมทำบนเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM compatible ที่ใช้ตัวประมวลผลของอินเทล เบอร์ 80286 ทำงานที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา 8 Mhz. ร่วมกับตัวประมวลผลทางคณิตศาสตร์ของอินเทล เบอร์ 80287 และใช้หน่วยความจำเสมือน (virtual memory) ร่วมกับหน่วยความจำหลักเนื่องจากโปรแกรมมีขนาดใหญ่มาก

ข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม SWMM ที่กล่าวถึงในบทนี้เป็นแต่เพียงโดยสังเขปเพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจลักษณะส่วนประกอบ และการทำงานของโปรแกรม SWMM เท่านั้น รายละเอียดของโปรแกรมสามารถศึกษาได้จากคู่มือการใช้งาน SWMM โดยเฉพาะรายละเอียดของข้อมูลที่ SWMM ต้องการ ซึ่งจะทำให้เข้าใจเกี่ยวกับโปรแกรม SWMM และโปรแกรม CU-SWMM ที่จะพัฒนาขึ้นต่อไป