บทที่ 3

การเขียนโปรแกรม

3.1 ขั้นตอนการเขียนและโครงสร้างของโปรแกรม

โปรแกรมสำหรับออกแบบความหนาชั้นทางวิ่งสนามบินแบบ 3 ชั้นนี้ เขียนขึ้นโดยพิจารณาถึงความเสียหายเนื่องจากน้ำหนักระทำซ้ำของเครื่องบิน 2 รูปแบบ คือการเกิดรอยแตกในชั้น A.C. และการเกิดร่องล้อบนชั้นดินเดิม

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมได้เลือกใช้ภาษาฟอร์แทน 77 ด้วยเหตุผลคือ

1. สามารถแปลเป็นภาษาเครื่องทั้งโปรแกรมโดย Compiler ทำให้สามารถประมวลผลได้เร็ว

2. เป็นที่คุ้นเคยในการเขียนโปรแกรมทางวิศวกรรมโยธา

3. ต้องการนำโปรแกรมย่อย (Subroutine) วิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางของโปรแกรม DAMA ซึ่งเขียนด้วยภาษาฟอร์แทรนมาดัดแปลงให้ใช้ได้กับโปรแกรมที่เขียนขึ้น

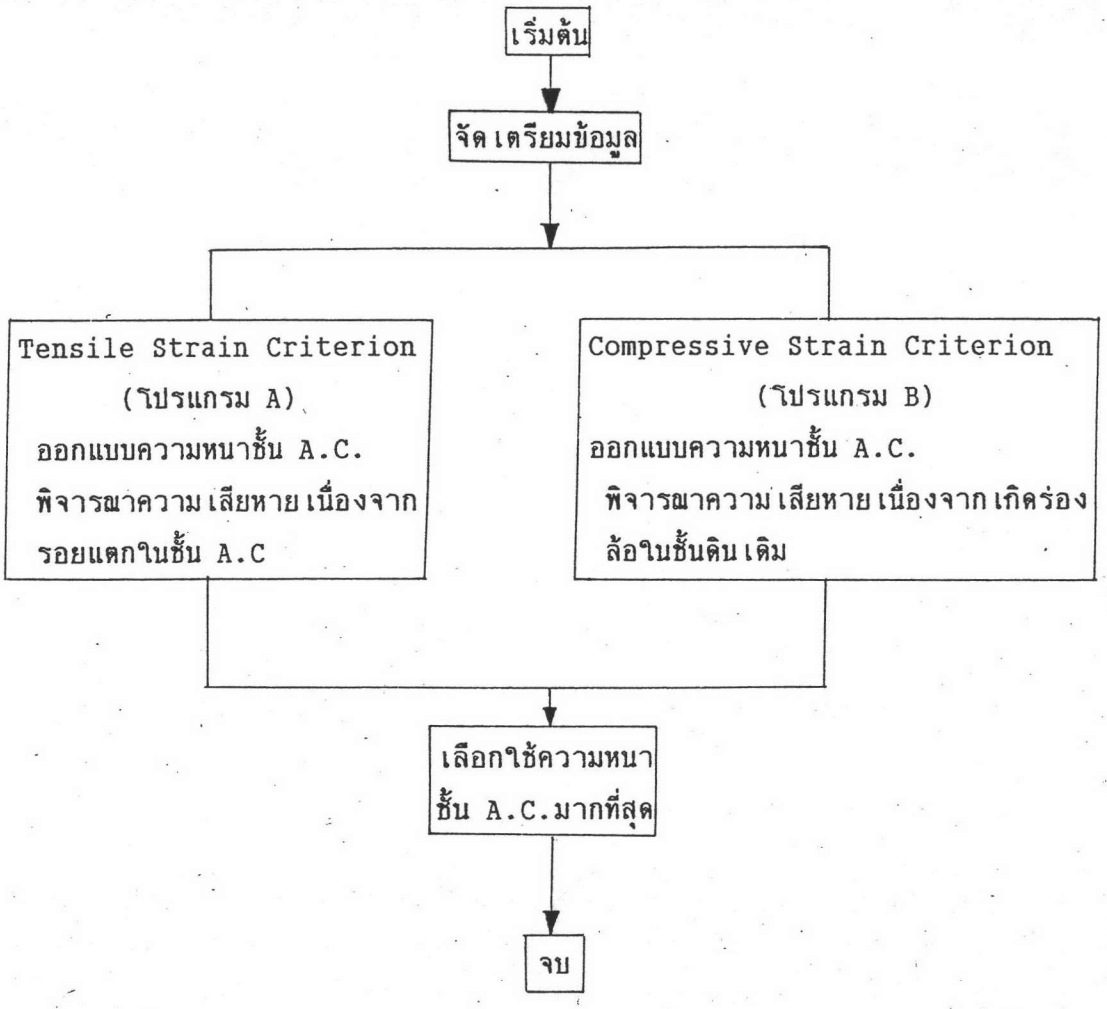
4. มีความสะดวกในการระบุชนิดของตัวแปรจำนวนเต็มและทศนิยม ซึ่งมีเป็นจำนวนมาก

การออกแบบโดยคำนึงถึงความเสียหายเนื่องจากน้ำหนักกระทำซ้ำข้างต้นนั้น โปรแกรมใช้เวลาประมวลผลมากถ้ารวมการออกแบบอยู่ในโปรแกรมเดียวกัน จึงไม่สะดวกในการทำงานอีกทั้งการออกแบบนั้นสามารถแยกออกเป็น 2 โปรแกรมได้คือ

1. โปรแกรม A หาความหนาชั้น A.C. โดยพิจารณาความเสียหายจากการเกิดรอยแตกในชั้น A.C.

2. โปรแกรม B หาความหนาชั้น A.C. โดยพิจารณาความเสียหายเนื่องจากการเกิดร่องล้อบนชั้นดินเดิม

สำหรับขั้นตอนการประมวลผลโปรแกรมแสดงในผังงานรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการประมวลผลของโปรแกรม A และ B

ความหนาชั้น A.C. ที่ใช้ในการออกแบบจะเลือกใช้ความหนาชั้น A.C. ที่มากที่สุดที่หาได้จากโปรแกรม A และ B

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมานี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน 4 ขั้นตอนคือ

1. ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา เป็นการศึกษาความเป็นมาของปัญหาวัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดเป็นแนวทางในการเขียนโปรแกรม

2. การเขียนผังงาน เป็นการลำดับขั้นตอนของการออกแบบในรูปสัญญลักษณ์เพื่อประโยชน์ในการเขียนโปรแกรม โดยพิจารณาถึงโครงสร้างของโปรแกรม ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ คือ

ก. ส่วนการป้อนข้อมูล

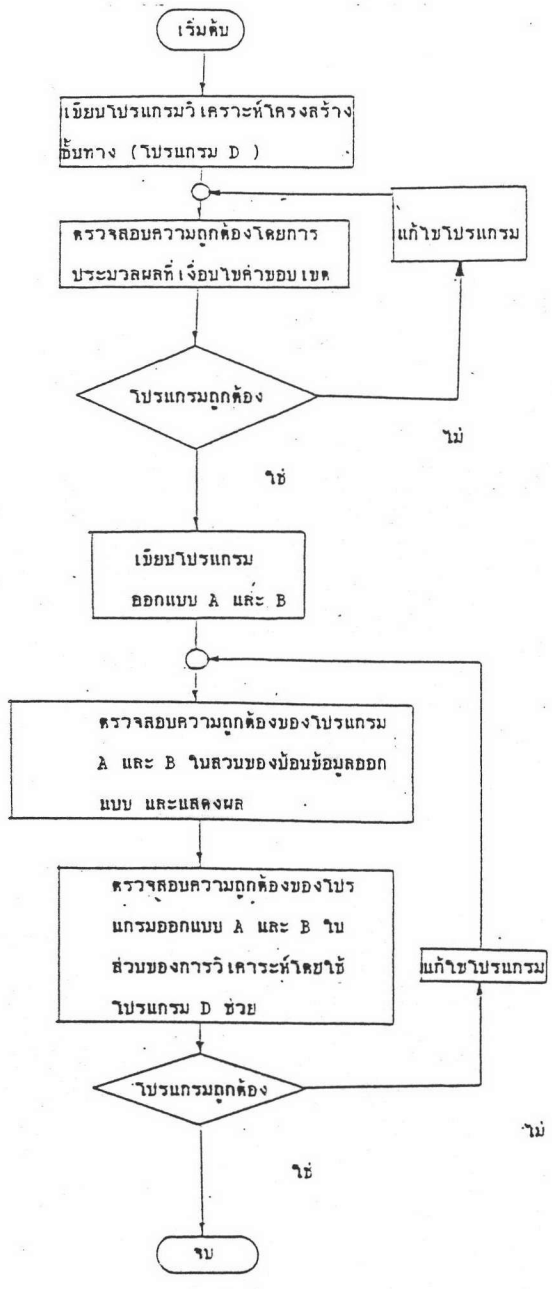
ข. ส่วนการวิเคราะห์

ค. ส่วนการออกแบบ

ง. ส่วนการแสดงผล

3. การเขียนโปรแกรม ตามผังงานที่ได้จากขั้นตอน 2

4. การตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรม เมื่อพิจารณาโครงสร้างโปรแกรมทั้ง 4 ส่วน ส่วนที่ ก,ข และ ง สามารถตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดได้ง่ายโดยการพิมพ์ผลหรือตรวจสอบผลที่ได้ โดยเครื่องคิดเลขแต่ในส่วนที่ 4 เป็นส่วนการวิเคราะห์ โดยเฉพาะการหาค่าความเค้นและความเครียดในชั้นทางตรวจสอบได้ยาก จึงต้องดึงเอาส่วนวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางออกมาเขียนเป็นโปรแกรมต่างหาก ในที่นี้ให้เป็นโปรแกรม D เมื่อเขียนโปรแกรม D ขึ้นมาแล้ว จึงตรวจสอบความถูกต้องโดยการประมวลผลโปรแกรม ที่เงื่อนไขค่าขอบเขต (Boundary Condition) เมื่อถูกต้องแล้วจึงค่อยคัดแปลงให้เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมออกแบบ เมื่อเขียนโปรแกรมออกแบบแล้วเสร็จที่สามารถตรวจสอบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการออกแบบโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ซึ่งถูกต้องแล้ว ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมแสดงอยู่ในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

3.2 ขีดจำกัดของโปรแกรม

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมีขีดจำกัดนอกเหนือจากขอบเขตการวิจัยใน ดังนี้

1. ออกแบบสำหรับเครื่องบินชนิดที่มีกลุ่มล้อหลักมากที่สุด 6 ล้อต่อหนึ่งกลุ่ม โดยแรงดันลมยางและน้ำหนักต่อล้อเท่ากันทุกล้อ

2. วิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางหาความเครียดจำนวน 3 จุดระหว่างแนวเส้นตรงเชื่อมสองล้อ คือ ศูนย์กลางของล้อ ขอบล้อ และกึ่งกลางระหว่างล้อ

3. ออกแบบเครื่องบินได้ 12 ชนิด

การป้อนข้อมูลความหนาชั้น A.C น้อยหรือมากเกินไป กว่าค่าเหมาะสมที่ควรจะได้จากการออกแบบ อาจเกิดการผิดพลาด และโปรแกรมหยุดทำงาน เนื่องจากค่าตัวเลขที่ได้มากกว่าค่าที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะรับได้ (Overflow) หรือไม่สามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์ เช่น ค่า Log ของศูนย์

หน่วยต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบระบุเป็นฟุตสำหรับความยาวและความหนา ปอนด์ สำหรับน้ำหนักกระทำ และองศาฟาเรนไฮต์สำหรับอุณหภูมิ

3.3 การเขียนโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทาง (โปรแกรม D)

โปรแกรมนี้ใช้วิเคราะห์หาความเค้นและความเครียดในชั้นทาง 3 ชั้นคือชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต(A.C.) ชั้นพื้นทาง และชั้นดินเดิม เมื่อตรวจสอบถูกต้องแล้วก็สามารถนำไปดัดแปลงเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมออกแบบ และสามารถนำมาตรวจสอบผลการวิเคราะห์ดังกล่าวของโปรแกรมออกแบบในภายหลังได้อีก

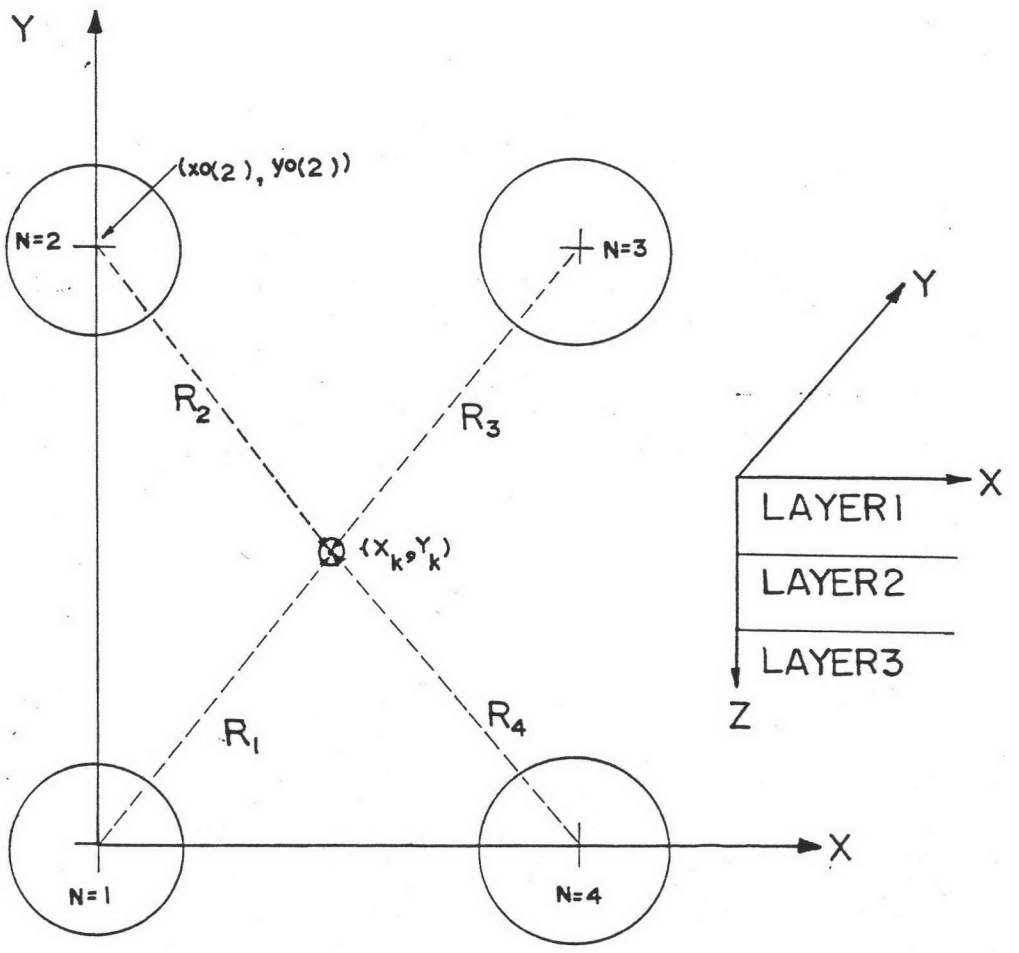
3.3.1 การป้อนข้อมูล

ข้อมูลที่ป้อนสำหรับโปรแกรม D แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. ข้อมูลคุณลักษณะของเครื่องบิน เป็นข้อมูลเกี่ยวกับการจัดเรียงตัวของกลุ่มล้อหลัก รวมทั้งน้ำหนักที่กระทำบนผิวจราจร

2. คุณสมบัติอิลาสติกของชั้นทางได้แก่อีลาสติกโมดูลัสและปัวซองเรโชและข้อมูลความหนาชั้นทาง

3. ข้อมูลตำแหน่งของล้อ และตำแหน่งที่ต้องการหาความเค้นและความเครียด ตำแหน่งถูกระบุในพิกัดฉาก โดยระบุชั้นของตำแหน่งด้วยดังรูปที่ 3.3 ในการประมวลผลแต่ละครั้งกำหนดตำแหน่งวิเคราะห์ได้ 25 จุด ในแนวราบ โดยคงค่าพิกัดความลึกไว้



รูปที่ 3.3 การระบุตำแหน่งหาความเค้นและความเครียดในระบบพิกัดฉาก (X,Y,Z)

3.3.2 การวิเคราะห์

การวิเคราะห์หาความเค้นเนื่องจากล้อเครื่องบินล้อหนึ่ง ซึ่งวิเคราะห์ในพิกัดทรงกระบอก (R, Θ, Z) นั้นจะอาศัยลักษณะสมมาตรของล้อวงกลมทำให้ค่า R และ Z เท่านั้นที่นำมาหาค่าความเค้น การรวมค่าความเค้นจากหลายล้อก็โดยการแปลงให้ความเค้นในพิกัด R, Z ที่หาจากทุกล้ออยู่ในพิกัดฉากเดียวกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของล้อและตำแหน่งที่กำลังวิเคราะห์โดยสรุปแล้วค่าความเค้นในพิกัด R,Z หาได้ในรูปดังนี้

$$S(R,Z) = \int_0^{\infty} f(p,R,Z)\, dp \qquad \ldots\ldots (3.1)$$

โดยที่ p = ค่าพารามิเตอร์มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง ∞

R = รัศมีระยะจากตำแหน่งล้อถึงตำแหน่งที่วิเคราะห์

Z = ความลึกของตำแหน่งที่วิเคราะห์

f (p,R,Z) จะประกอบด้วยส่วนสำคัญซึ่งโปรแกรมต้องคำนวณหาดังนี้

1. $A_i(p)$, $B_i(p)$, $C_i(p)$ และ $D_i(p)$ ค่าสัมประสิทธิ์ของชั้นทาง i ใด ๆ หาได้จากการแก้ปัญหาค่าขอบเขต (Boundary Condition) ขึ้นอยู่กับค่า p

2. $J_o(pR)$, $J_1(pR)$ เป็นค่าเบสเซิลฟังชั่งค์

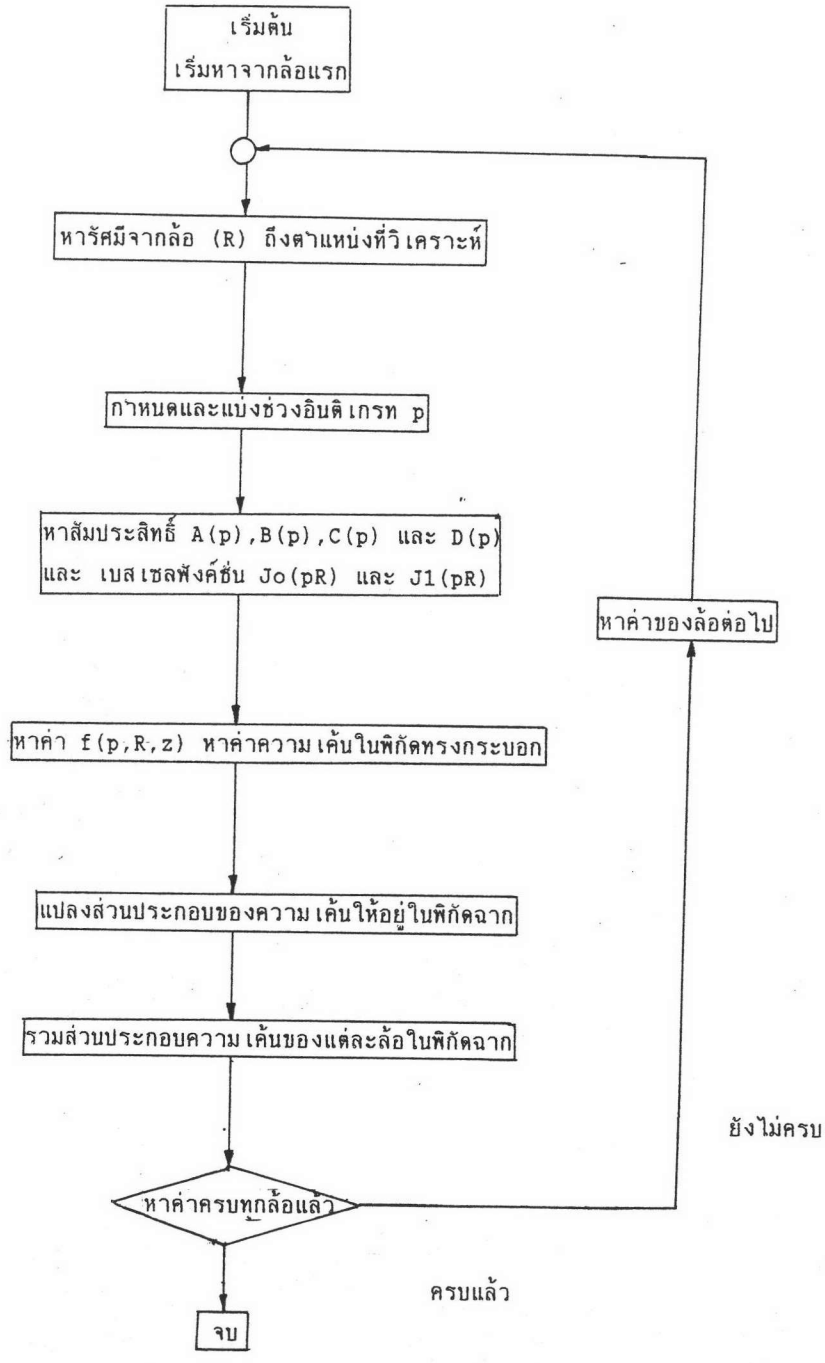
จากสมการที่ 3.1 สามารถเขียนผังงานในส่วนวิเคราะห์ได้ในรูป 3.4 สำหรับตำแหน่งวิเคราะห์ใด ๆ

3.3.2.1 การกำหนดช่วงอินติเกรท

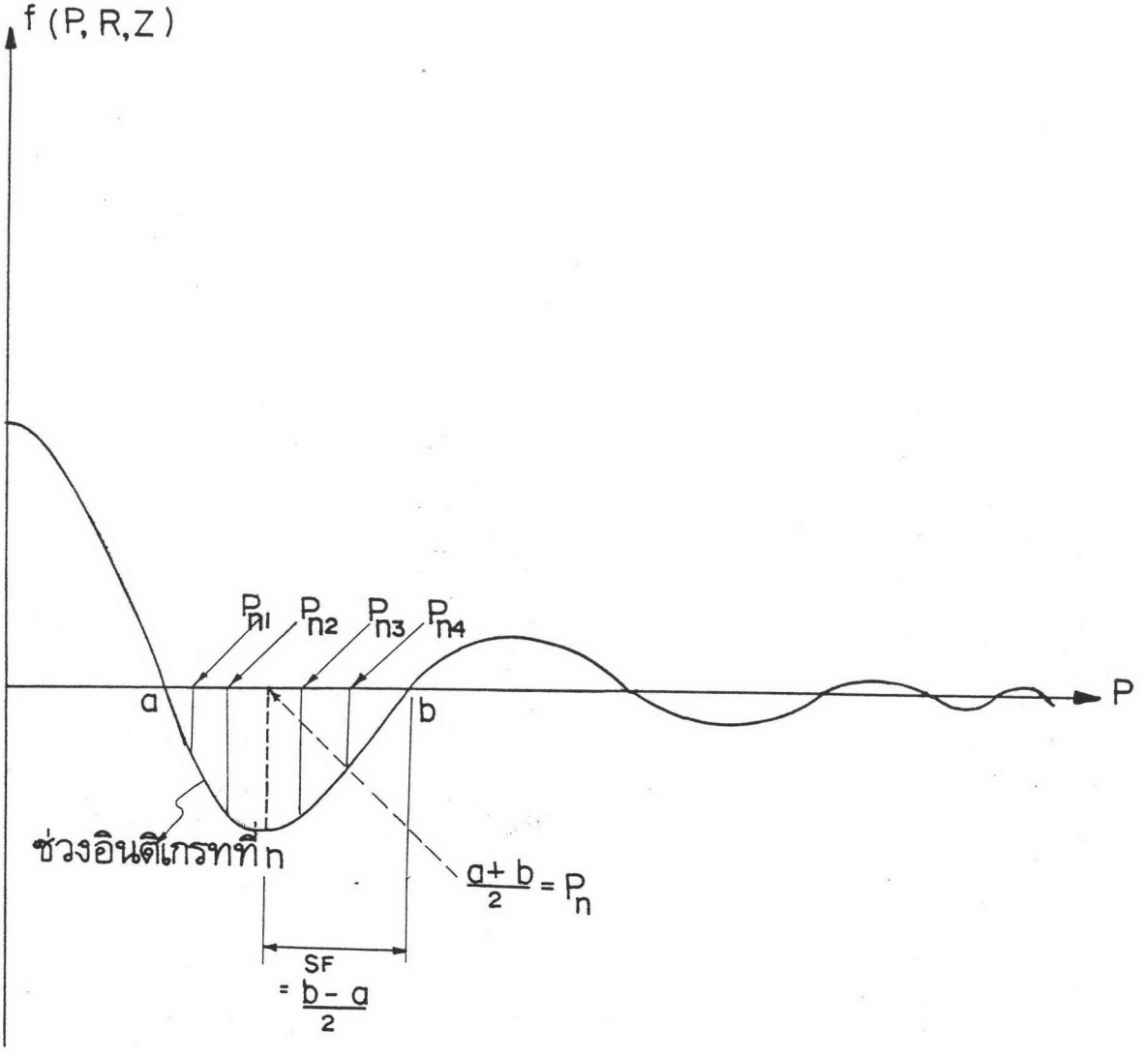
ตามสมการที่ 3.1 ค่าความเค้นไม่สามารถหาได้จากการอินติเกรทโดยตรงจึงมีความจำเป็นต้องใช้วิธี Numerical โดยการรวมผลการอินติเกรทของช่วงย่อย ๆ หลายช่วง ดังนั้นต้องมีการกำหนดช่วงโดยให้ช่วงนอกเหนือจากที่กำหนดมีค่ารวมน้อยจนสามารถตัดทิ้งได้ ในโปรแกรมจะกำหนดไว้ถึง 50 ช่วง เนื่องจากสมการหาค่าความเค้นที่ 3.1 นั้น มีค่า f(p,R,Z) เป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับค่า Jo (pR) และ Jl (pR) ดังนั้นเมื่อให้ค่าผลรวมมีความผิดพลาดน้อยจึงเลือกช่วงค่า p อยู่ระหว่างค่า Jo (pR) หรือ Jl (pR) เท่ากับศูนย์ซึ่งจะให้ f (p,R,Z) เท่ากับศูนย์ด้วย

3.3.2.2 การแบ่งช่วงการอินติเกรทออกเป็นส่วนย่อย

การหาค่าอินทิเกรตในโปรแกรมนั้นใช้วิธี Legendre -Gauss Integration อันดับ 4 จึงแบ่งช่วงอินติเกรทออกเป็นส่วนย่อย ระหว่างช่วงด้วยค่า p จำนวน4 ค่า ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 3.5 ซึ่งจะได้การอินติเกรทใน ช่วงย่อย a ถึง b เป็น



รูปที่ 3.4 ผังงานการหาค่าความเค้นสำหรับตำแหน่งที่วิเคราะห์ใด ๆ



รูปที่ 3.5 การแบ่งช่วงอินติเกรทออกเป็นส่วนย่อย ตามวิธี LEGENDRE-GAUSS INTEGRATETION ลำดับที่ 4

$$f(p,R,Z)\,dp = A_1\, f(p_{n1},R,Z)+A_2\, f(p_{n2},R,Z)+ A_3\, f(p_{n3},R,Z)+A4\, f(p_{n4},R,Z) \quad .....(3.2)$$

โดยที่ $p_{n1} = Pn - 0.8611363116SF$

$p_{n2} = Pn - 0.3399410436SF$

$p_{n3} = Pn + 0.33998104365SF$

$p_{n4} = Pn + 0.8611363116SF$

p_n = ค่า P กึ่งกลางช่วงอินติเกรท

SF = ความกว้างครึ่งหนึ่งของช่วงอินเกรท

A1,A4 = 0.3478548451

A2,A3 = 0.6521451549

ส่วนนี้เขียนเป็นโมดูล (Module) ของโปรแกรมย่อย ชื่อ PART

3.3.2.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์ A,B,C และ D

ค่า A,B,C และ D เป็นค่าสัมประสิทธิ์จากการแก้สมการ Boundary Condition มีค่าแปรเปลี่ยนตาม p เมื่อโปรแกรมย่อย PART คำนวณส่วนย่อย p_{n1} ถึง p_{n4} แล้วต้องนำค่า p เหล่านี้ไปหาค่าสัมประสิทธิ์ที่แต่ละค่า p โดยใช้โปรแกรมย่อย COEFซึ่งมีวิธีการหาตามสมการที่ 2.30 และ 2.33

3.3.2.4 การหาค่าเบสเซลฟังค์ชั่น

J_o (pR) และ J_1 (pR) เป็นค่าเบสเซลฟังค์ชั่น (Bessel function) ลำดับที่ศูนย์และหนึ่งตามลำดับ เป็นส่วนหนึ่งของ f (p,R,Z) หาโดยใช้โปรแกรมย่อย BESSEL ที่ค่า p_{n1} ถึง p_{n4} ของแต่ละส่วนย่อยที่หาได้จากโปรแกรมย่อย PART

3.3.2.5 การอินติเกรทหาค่าความเค้น

ขั้นตอนนี้จะหาได้ก็ต่อเมื่อมีการแบ่งค่า pของแต่ละส่วนย่อยในโปรแกรมย่อย PART ได้ค่าสัมประสิทธิ์ A,B,C,D ของชั้นทางแต่ละชั้นและหาค่า J_o (pR) และ J_1 (pR) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ f(p,R,Z) แล้ว โดยการรวมค่าทุกช่วงอินติเกรทตามสมการที่ 3.2 ค่าความเค้นที่ได้อยู่ในรูปพิกัดทรงกระบอก ซึ่งต้องแปลงค่าให้อยู่ในพิกัดฉาก (X,Y,Z) เพื่อรวมความเค้นที่เกิดขึ้นจากแต่ละล้อเข้าด้วยกัน โดยใช้ Transfomation Formulas ตามสมการที่ 2.35 a ถึง 2.35 f

3.3.2.6 การหาค่าความเครียด

เมื่อหาค่าความเค้นของตำแหน่งที่วิเคราะห์ได้แล้ว ความเครียดก็สามารถได้ตามสมการที่ 2.36 Strain ซึ่งในในการออกแบบ มีอยู่ 2 ค่าคือ Maximum Tensile Strain (e_t) หรือ Third Principal Tensile Strain บริเวณล่างสุดของชั้น A.C. และ Maximum Compressive Strain (e_v) หรือ First Principal Tensile Strain บนชั้นดินเดิม

ค่า e_v นั้นการออกแบบทั่วไปจะใช้ Vertical Compressive Strain เลย เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่า e_t นั้น การหาโดยวิธีแก้สมการดังหัวข้อ 2.3.7 เป็นการยุ่งยาก เนื่องจากมีค่าจำนวนเชิงซ้อน (-1) มาเกี่ยวข้องดังนั้นในการเขียนโปรแกรมจึงใช้วิธีการหมุนเปลี่ยนแกนระบบความเครียดในพิกัดฉากหนึ่งไปเป็นอีกพิกัดฉากหนึ่ง ซึ่งทำให้ Shear Strain ที่มีค่าสูงสุดที่กระทำบนระนาบของพิกัดฉากเริ่มแรกเท่ากับศูนย์ แล้วหมุนเปลี่ยนพิกัดฉากอีกหลายครั้ง จนกระทั่ง Shear Strain ทุกระนาบ มีค่าน้อยมากใกล้เคียงศูนย์ ก็สามารถหาค่า e_t ได้ ส่วนค่า ส่นประกอบของความเครียดบนระนาบและทิศทางต่าง ๆ ในการหมุนแกนแต่ละครั้งนั้นหาจาก Law of Transformation

3.3.3 <u>โครงสร้างของโปรแกรม D</u>

โปรแกรม D สำหรับวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางประกอบด้วยโปรแกรมต่าง ๆ ดังนี้

1. โปรแกรม MAIN มีหน้าที่ในการอ่านข้อมูล การพิมพ์แสดงผล กำหนดช่วงอินติเกรท เรียกโปรแกรมย่อยใช้งานและ คำนวนความเครียดในพิกัดฉาก

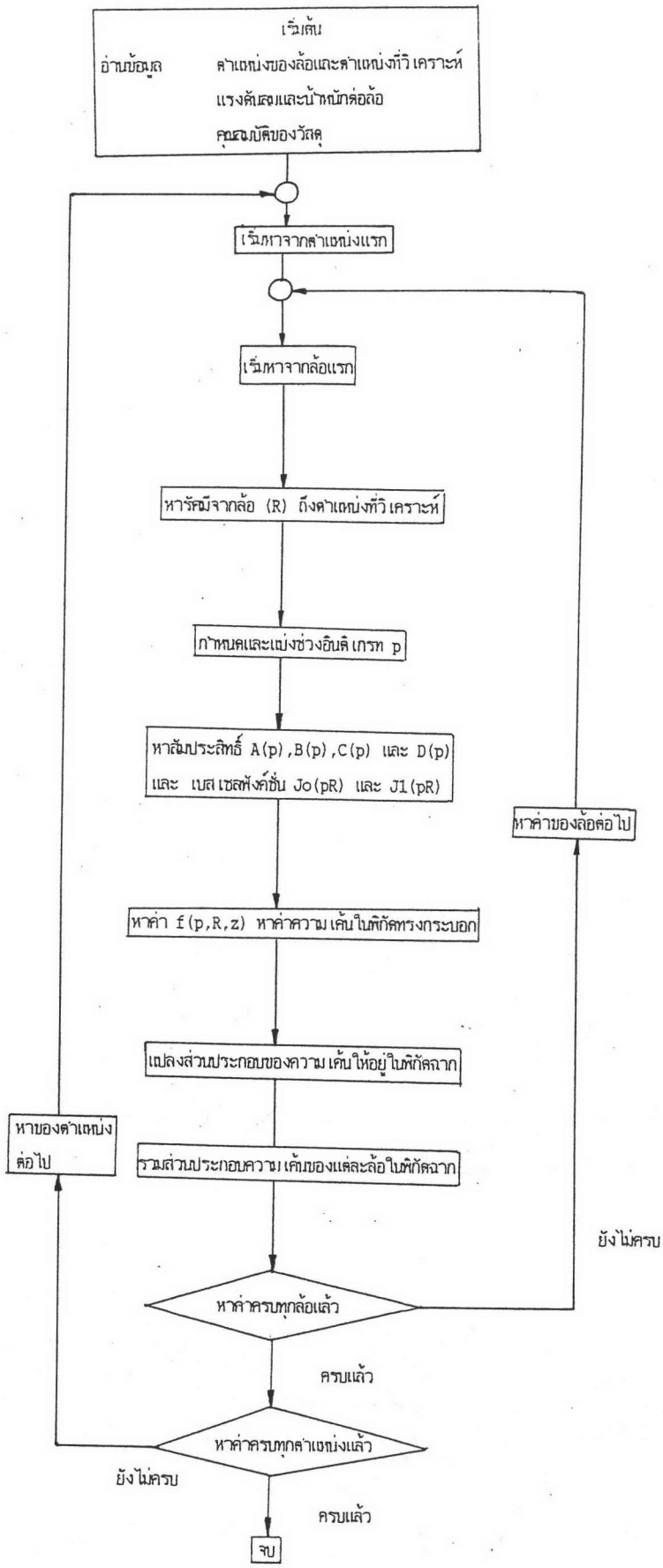
2. โปรแกรมย่อย PART แบ่งช่วงการอินติเกรทออกเป็นส่วนย่อยสำหรับการหาค่าอินติเกรท

3. โปรแกรมย่อย BESSEL หาค่า BESSEL FUNCTION อันดับที่ 1 และ 0 ของ pR

4. โปรแกรมย่อย SSR หาค่าความเค้นในพิกัดฉากโดยรวมผลจากล้อเครื่องบินทุกล้อ

5. โปรแกรม EIGEN หาค่าความเครียดในแนวแกนหลัก (Principal Tensile Strain)

การทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามผังงานรูปที่ 3.6 สำหรับการสร้างโปรแกรมที่เรียกใช้ได้ (Executed File) นั้น จะแยกแปลแต่ละโปรแกรมข้างต้นเป็นโมดูล (Module) ให้เป็นภาษาเครื่อง แล้วนำมาเชื่อม (Link) เป็นโปรแกรมเดียวกันสำหรับ Soure Program แสดงอยู่ในภาคผนวก ก



รูปที่ 3.6 ผังงานโปรแกรม D

3.4 การเขียนโปรแกรมออกแบบความหนาผิวจราจรโดยพิจารณาถึงน้ำหนักกระทำซ้ำ (Distress)

โปรแกรมออกแบบความหนาผิวจราจรโดยพิจารณาถึงน้ำหนักกระทำซ้ำแบ่งออกเป็น 2 โปรแกรมคือ โปรแกรม A พิจารณาความเสียหายเนื่องจากการเกิดรอยแตกในชั้น A.C. และ โปรแกรม B พิจาณาการเกิดร่องล้อบนชั้นดินเดิม ผังงานและโครงสร้างของโปรแกรมทั้งสองคล้ายคลึงกัน โดยมีข้อแตกต่างในรายละเอียดดังนี้

1. โปรแกรม A พิจารณา e_t ที่บริเวณล่างสุดของชั้น A.C. ส่วนโปรแกรม B พิจารณา e_v บนชั้นดินเดิม

2. การคำนวณความถี่ของการเกิดความเครียดซ้ำแตกต่างกัน แต่ละความหนาของชั้นพื้นทางที่กำหนด (h_2) จะเปลี่ยนค่าความหนาชั้น A.C. (h_1) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง h_1 กับจำนวนการเกิดความเครียดซ้ำที่ยอมให้ (Allowable Traffic Value, N_a) แล้วจึงนำมาหาค่าความหนาชั้น A.C. (h_1) ที่เหมาะสม คือ h_1 ที่ N_a เท่ากับ N_p ผังงานแสดงโปรแกรมออกแบบแสดงอยู่ในรูป 3.7 และ 3.8

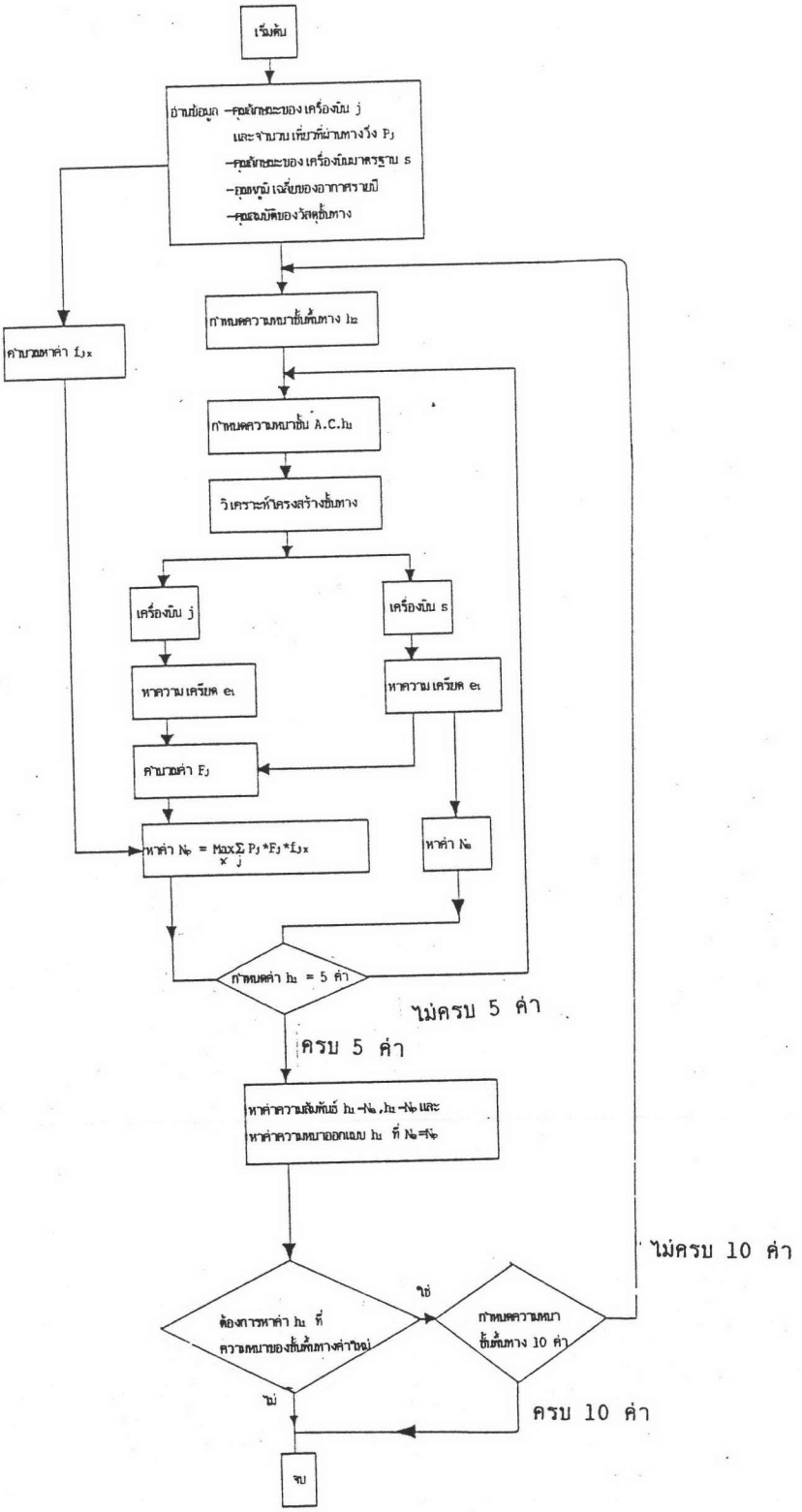
3.4.1 การป้อนข้อมูล

การป้อนและอ่านข้อมูลอยู่ในส่วนของโปรแกรมหลัก(Main Program) ประกอบด้วยข้อมูล

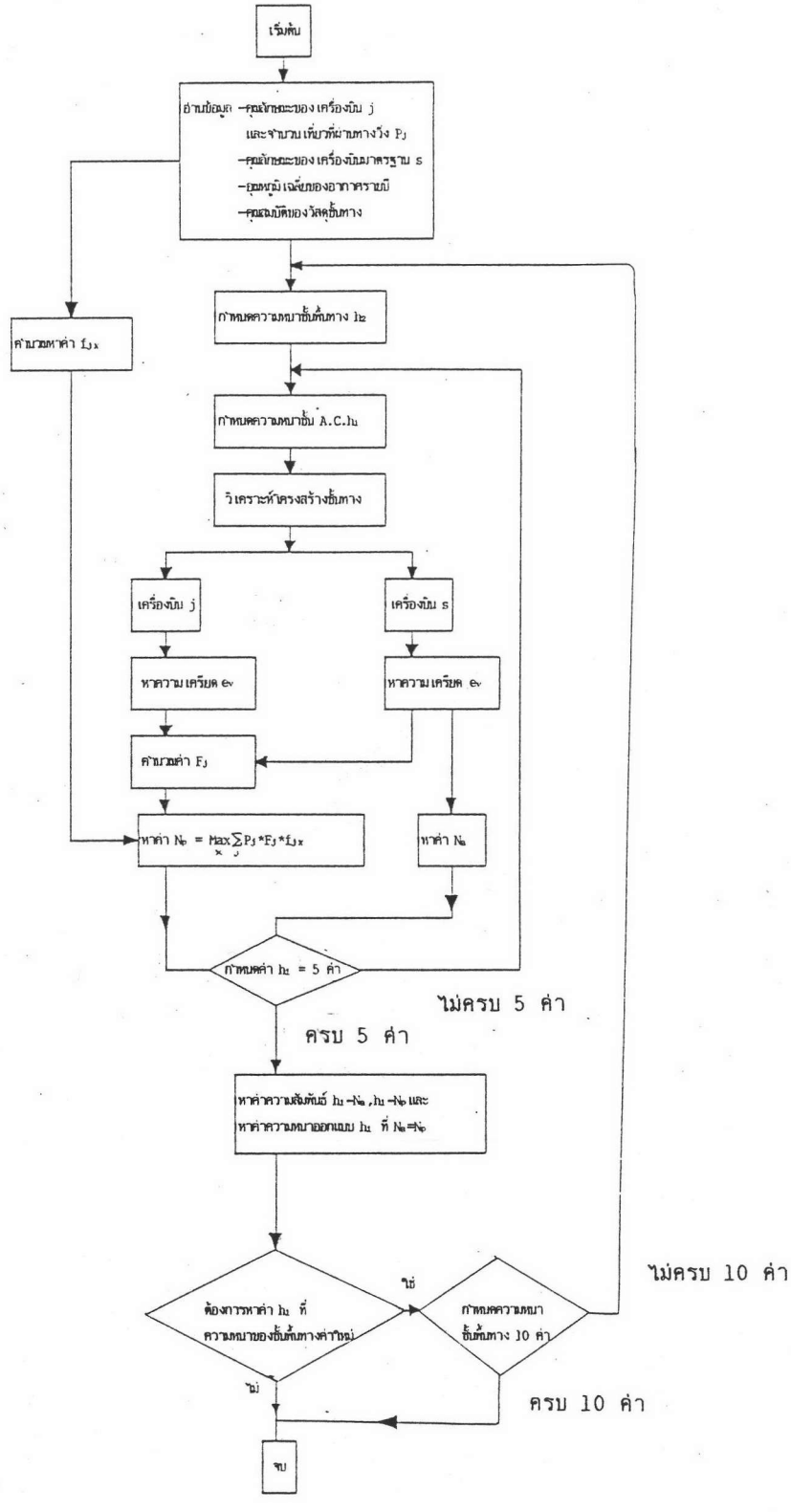
1. คุณลักษณะและจำนวนเที่ยวที่ผ่านทางวิ่งของเครื่องบิน
2. คุณสมบัติของวัสดุชั้นทางและสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

3.4.1.1 ข้อมูลคุณลักษณะและจำนวนเที่ยวที่ผ่านของเครื่องบิน

ข้อมูลคุณลักษณะจะเน้นที่กลุ่มล้อหลักของเครื่องบินซึ่งนำมาออกแบบประกอบด้วยน้ำหนักต่อล้อ แรงดันลมยาง และการจัดเรียงตัวของล้อซึ่งนำไปใช้เป็นน้ำหนักกระทำบนผิวจราจรในการวิเคราะห์หาค่าความเค้นและความเครียด ส่วนตำแหน่งของกลุ่มล้อหลักจากเส้นกึ่งกลางตัวเครื่องบินและการจัดเรียงตัวของกลุ่มล้อหลักจะถูกนำไปใช้คำนวณความถี่ของการเกิดความเครียดซ้ำตามขวางทางวิ่ง (f_{Jx}) นอกจากนี้การจัดเรียงตัวของกลุ่มล้อหลักยังมีผลต่อความถี่ของน้ำหนักกระทำซึ่งมีผลต่อเนื่องถึงคุณสมบัติของวัสดุ สำหรับจำนวนเที่ยวของเครื่องบินที่ผ่านนั้นนำไปใช้คำนวณค่าจำนวนการเกิดความเครียดซ้ำ (N_p, N_a)



รูปที่ 3.7 แผนภูมิการออกแบบผิวจราจรสนามบินแบบ 3 ชั้น โดยพิจารณาการเกิด Fatigue Cracking



รูปที่ 3.8 แผนภูมิการออกแบบผิวจราจรสนามบินแบบ 3 ชั้น โดยพิจารณาการเกิด Rutting

3.4.1.2 การอ่านข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

คุณสมบัติของวัสดุ เป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความเค้นความเครียดของชั้นทาง อันได้แก่ Modulus of Elasficity (E) และ Poisson's Ratio (v)

- ชั้น A.C ค่า E ขึ้นอยู่กับส่วนผสม อุณหภูมิและความถี่ของน้ำหนักกระทำ

- ชั้นพื้นทาง ค่า E ขึ้นอยู่กับค่าคงที่ซึ่งได้จากการทดลองขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ (k_1) และสภาวะของความเค้น (State of Stress) ในการเขียนโปรแกรมครั้งนี้ใช้สูตร Empirical ค่า E ขึ้นอยู่กับค่า k_1 ของพื้นทาง, E ของชั้น A.C. และชั้นดินเดิม และความหนาของชั้นA.C. และพื้นทาง

- ชั้นดินเดิม ค่าE ได้จากการทดสอบในสนามเช่น CBR หรือทดสอบ Bearing Plate หรือเจาะตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ

สำหรับค่าปัวซองเรโชนั้นนิยมการกำหนดค่า ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุชั้นทาง

3.4.2 <u>การคำนวณแฟคเตอร์การแจกแจงความถี่ของการเกิดความเครียดสูงสุดตามขวางทางวิ่ง (f_{jx})</u>

f_{jx} เป็นค่าซึ่งบอกถึงโอกาสที่เกิดความเครียดสูงสุดกี่ครั้งบนตำแหน่ง x ตามขวางทางวิ่งเมื่อเครื่องบิน j วิ่งผ่าน 1 ครั้ง หาได้จากการคำนวณการแจกแจงความถี่ของตำแหน่งที่ลงบนทางวิ่งแบบปกติของเครื่องบิน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ X_j และค่าเบี่ยงแบนมาตรฐานเท่ากับ 3.5 ฟุต เมื่อ X_j เป็นระยะจากศูนย์กลางเครื่องบินถึงศูนย์กลางกลุ่มล้อหลัก เมื่อกลุ่มล้อหลักลงที่ตำแหน่งใด f ครั้งจะทำให้เกิดความเครียดสูงสุดจำนวน f ครั้งออกไปกว้างเท่ากับความกว้างประสิทธิผล We ซึ่งแตกต่างกันไปสำหรับกรณีพิจารณา e_v หรือ e_t เมื่อรวมค่าการเกิด f' ครั้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ก็จะได้ f_{jx} ตามต้องการ สำหรับวิธีการหาโดยละเอียดอยู่ในหัวข้อ 2.5.1 ในโปรแกรมนี้จะแบ่งช่วงทางวิ่งตามขวางของสนามบินออกเป็นช่อง ๆ ละ 1 ฟุต จากเส้นกึ่งกลางทางวิ่งเพื่อหาค่า f_{jx}

3.4.3 การป้อนข้อมูลความหนาของชั้นพื้นทางและชั้น A.C.

โปรแกรมที่เขียนขึ้นจะเปลี่ยนค่าความหนาชั้น A.C. (h_1) ที่ความหนาชั้นพื้นทางใด ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง h_1 กับ N_a และ h_1 กับ N_p ที่ความหนาของชั้นพื้นทางนั้น การป้อนค่า h_1 ที่เหมาะสมควรจะให้ความสัมพันธ์ระหว่าง h_1 กับ N_a และ h_1 กับ N_p ตัดกันทำให้สามารถหาค่า h_1 ที่ $N_a = N_p$ ได้

3.4.4 การวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทาง

เมื่อทราบข้อมูลคุณลักษณะของเครื่องบิน คุณสมบัติของชั้นทางแล้วก็ถึงขั้นตอนการหาความเค้นและความเครียด ของเครื่องบินที่ออกแบบและเครื่องบินมาตรฐาน DC-8-63F เพื่อนำไปใช้หาแฟคเตอร์ความเสียหายเทียบเท่า (F_j) ของเครื่องบินแต่ละชนิดและเครื่องบินมาตรฐานเพื่อนำไปใช้ประเมินค่าการจำนวนเกิดความเครียดซ้ำของเครื่องบินแต่ละชนิดเทียบเท่าเครื่องบินมาตรฐาน (N_p) และจำนวนการเกิดความเครียดซ้ำที่ยอมให้ของเครื่องบินมาตรฐาน (N_a)

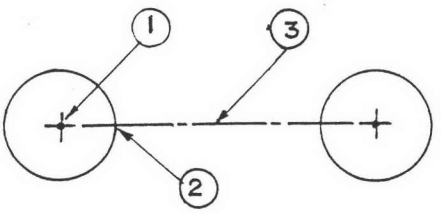
ส่วนวิเคราะห์นี้คัดแปลงมาจากโปรแกรม D ซึ่งใช้วิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางโดยให้วนลูป (Loop) ใช้ได้กับเครื่องบินแต่ละชนิดแต่ละความหนาของชั้น A.C. และให้สามารถกำหนดจุดที่จะวิเคราะห์ได้เพื่อนำความเครียดสูงสุดมาใช้

โปรแกรม A และ B กำหนดให้มีการคำนวณหาค่าความเค้นและความเครียดจำนวน 3 จุด ความแนวแส้นตรงระหว่างล้อ ดังรูป 3.9คือตำแหน่งศูนย์กลางของล้อ ขอบล้อ และกึ่งกลางระหว่างล้อ

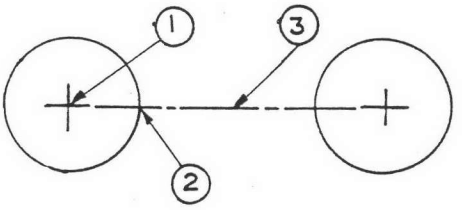
จากการศึกษาวิเคราะห์หาความเครียดใต้ล้อเครื่องบินสำหรับชั้นทางวิง 3 ชั้นของ Edwards และ Valkering (1971) พบว่าการหาค่า e_v สำหรับชั้นผิวทางที่บางค่า e_v สูงสุดจะเกิดที่ศูนย์กลางล้อ ในกรณีที่ชั้นผิวทางและพื้นทางหนาค่า e_v สูงสุดจะเลื่อนมาอยู่ระหว่างศูนย์กลางของกลุ่มล้อหลักทั้งนี้ตำแหน่งของ e_v สูงสุดยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนอีลาสติกโมดูลัสของชั้นทางต่าง ๆ ด้วย ส่วนกรณีหาค่า e_t ทั้งในกรณีที่ผิวจราจร A.C. หนาหรือบางค่า e_t สูงสุดมักอยู่ที่ศูนย์กลางของล้อเสมอ เพราะฉนั้นในโปรแกรมจึงกำหนดหาความเครียดไว้เพียง 3 จุดดังกล่าว

3.4.5 การหาค่าแฟคเตอร์ความเสียหายเทียบเท่า (F_j)

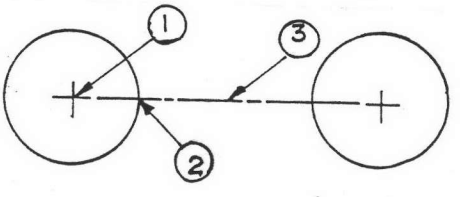
F_j เป็นค่าเปรียบเทียบความเสียหายว่าในชั้นทางเดียวกัน ความเครียด (e_t หรือ e_v) ที่เกิดจากเครื่องบินที่ออกแบบ j จำนวน 1 ครั้งมีความเสียหายเท่ากับการเกิดความเครียด (e_t หรือ e_v) ในชั้นทางนั้นเนื่องจากเครื่องบินมาตรฐาน DE-8-63F กี่ครั้ง



TWIN



TWIN: TWIN TANDEM



TWIN:TRIPLE TANDEM

ตำแหน่งที่วิเคราะห์ STRESS

1) จุดศูนย์กลางล้อ

2) ขอบล้อ

3) กึ่งกลางระหว่างล้อ

รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการวิเคราะห์หาความเค้นในกลุ่มล้อหลักชนิดต่าง ๆ

การหาค่า F_j นั้นต้องทราบก่อนว่า e_t หรือ e_v สูงสุดเนื่องจากเครื่องบินที่ออกแบบ j เท่าใด และของเครื่องบินมาตรฐาน DC-8-63F เท่าใดในชั้นทางเดียวกันเพื่อจักได้นำมาเปรียบเทียบกัน ดังรายละเอียดในหัวข้อ 2.5.2 เมื่อเปลี่ยนค่าความหนาชั้นทางของ A.C. หรือชั้นพื้นทางแล้วก็ต้องหา Fj ใหม่

3.4.6 <u>ค่าประเมินจำนวนการเกิดความเครียดซ้ำเทียบเท่าเครื่องบิน DC-8-63F (Predicted Equivalent DC-8-63F Strain Repetition, Np)</u>

เมื่อหาแฟคเตอร์การแจกแจงความถี่การเกิดความเครียดสูงสุดตามขวางทางวิ่ง(f_{jx}) และแฟคเตอร์ความเสียหายเทียบเท่าเครื่องบินDC-8-63F(F_j) ที่ความหนาของชั้น A.C. ใด ๆ ได้แล้ว ก็ถึงขั้นตอนหาค่า N_p ซึ่งเป็นการประเมินรวมค่าจำนวนเที่ยวบินของเครื่องบินทุกชนิดในหน่วยของเครื่องบินมาตรฐาน DC-8-63F

ถ้า P_j เป็นจำนวนเที่ยวที่เครื่องบินชนิด j ผ่านทางวิ่งค่า N_p หาได้จากสมการที่ 2.51

$$N_p = \max_x \sum_j P_j \times F_j \times f_{jx}$$

โปรแกรมจะรวมค่า P_j F_j f_{jx} ที่แต่ละตำแหน่งของระยะ x จากเส้นศูนย์กลางทางวิ่งของเครื่องบิน j ชนิด แล้วจะเลือกค่า $\sum_j P_j F_j f_{jx}$ ของตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดเป็นค่า N_p เมื่อเปลี่ยนค่าความหนาชั้น A.C ใหม่ก็ต้องหา N_p ใหม่ ซึ่งจะนำไปใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาชั้น A.C (h_1) กับ N_p

3.4.7 <u>การหาค่าจำนวนการเกิดความเครียดซ้ำที่ยอมให้ของเครื่องบิน DC-8-63F (Equivalent DC-8-63F Strain Repetition, N_a)</u>

การเปลี่ยนค่าความหนาชั้น A.C. (h_1) แต่ละครั้งทำให้ความเครียดในชั้นทาง (e_v, e_t) เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีผลต่อค่าจำนวนการเกิดความเครียดซ้ำที่ยอมให้, N_a เมื่อหาความเครียด e_t หรือ e_v ที่ความหนาของชั้น A.C. (h_1) ใด ๆ ภายใต้เครื่องบินมาตรฐาน DC-8-63F ได้แล้ว สามารถนำค่าความเครียดที่ได้ไปหาค่า N_a ซึ่งก็คือค่า N_f ในหัวข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 เมื่อเปลี่ยนค่าความหนาชั้น A.C.(h_1) หลายค่า ก็สามารถนำไปหาค่าความสัมพันธ์ของ h_1 กับ N_a ได้

3.4.8 <u>การหาค่าความหนาชั้น A.C. (h_1) ที่ออกแบบ</u>

ที่ความหนาชั้นพื้นทาง h_2 ใด ๆ เมื่อได้ค่า h_1-N_a และ h_1-N_p หลายค่าแล้วก็สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ h_1-N_a และ h_1-N_p ได้ โดยวิธี

Numerical ซึ่งในการเขียนโปรแกรมครั้งนี้ใช้วิธี Least Square ในรูปโพลีโนเมียลยกกำลัง 4 (ในโปแกรมได้ค่า h_1-N_a-N_p จำนวน 5 จุด) ดูรูป 3.10 โดยกำหนดให้ค่า N_a และ N_p อยู่ในค่า Logarithmic

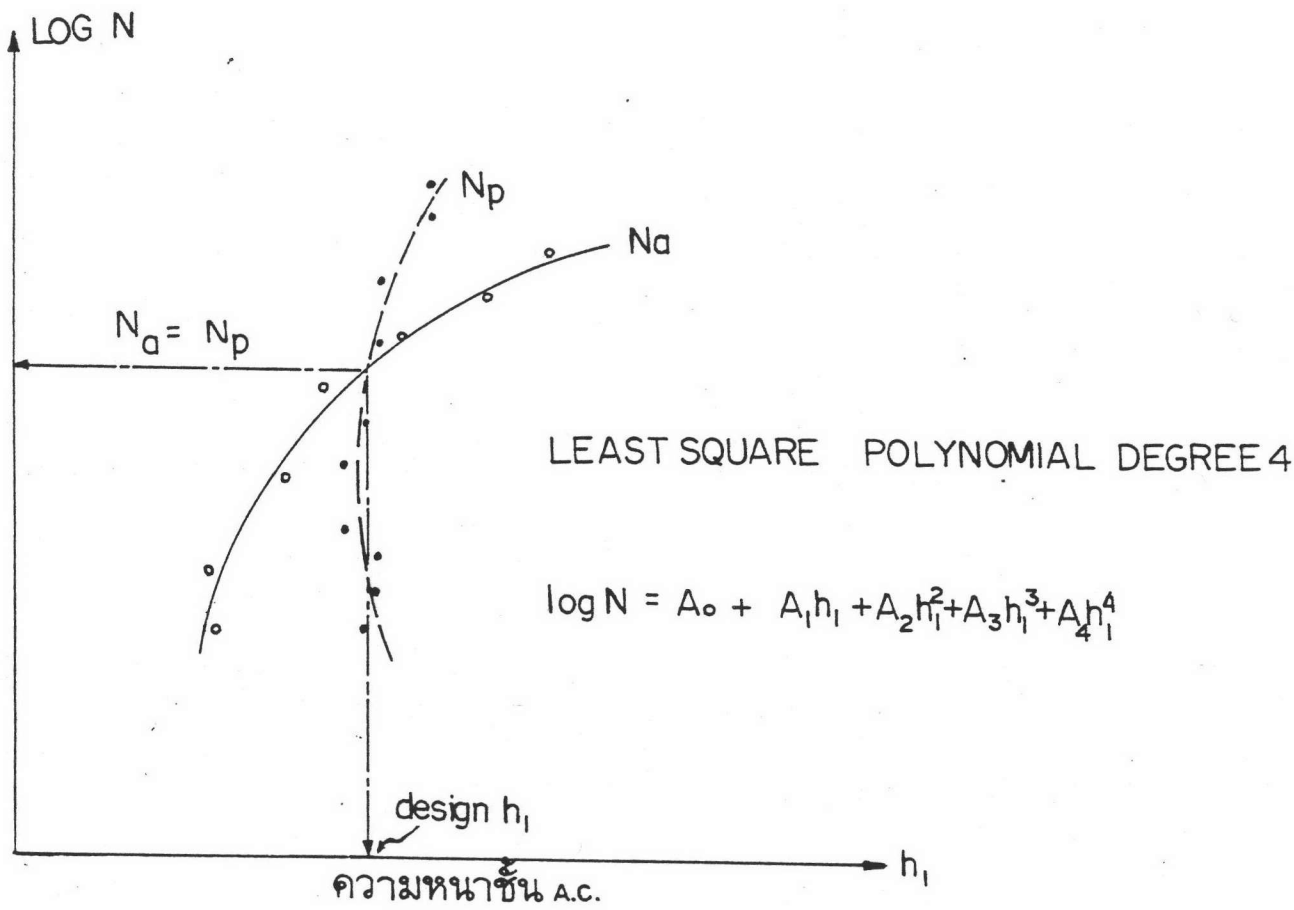
เมื่อได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง h_1-N_a และ h_1-N_p แล้วค่า h_1 ที่ออกแบบก็คือค่า h_1 ที่ $N_p = N_a$ นั้นคือจำนวนการเกิดความเครียดซ้ำที่ประเมินเทียบเท่าเครื่อง DC-8-63F เท่ากับ ค่าจำนวนการเกิดความเครียดซ้ำที่ยอมให้ของเครื่อง DC-8-63F นั้นคือต้องแก้สมการหาค่า h_1 จากความสัมพันธ์ h_1-N_a และ h_1-N_p ที่ N_a=N_p ในการเขียนโปรแกรมครั้งนี้ใช้วิธี Raphson Iterative Method

3.4.9 <u>โครงสร้างของโปรแกรม A และ B</u>

โปรแกรม A และ B ประกอบด้วยโปรแกรมต่าง ๆ ดังนี้

1. โปรแกรมหลัก (Program Main) มีหน้าที่
   - อ่านและป้อนข้อมูล คุณลักษณะของเครื่องบิน คุณสมบัติของวัสดุ ชั้นทางและสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง จำนวนเที่ยวเครื่องบิน และ ความหนาชั้นทาง
   - คำนวณอีลาสติกโมดูลัสของชั้นทาง
   - เรียกโปรแกรมย่อย
   - กำหนดช่วงอินติเกรท
   - คำนวณความเครียดในแกนพิกัดฉาก
   - คำนวณ f_{jx}
   - คำนวณ F_j
   - คำนวณค่า N_a, N_p ที่ความหนาชั้น A.C. ต่าง ๆ
   - การพิมพ์แสดงผล
2. โปรแกรมย่อย PART แบ่งช่วงอินติเกรทเป็นส่วนย่อย
3. โปรแกรมย่อย COEF คำนวณหาสัมประสิทธิ์ A,B,Cและ D
4. โปรแกรมย่อย BESSEL คำนวณ Bessel Function
5. โปรแกรมย่อย SSR คำนวณหาความเค้นในแกนพิกัดฉาก
6. โปรแกรมย่อย EIGEN คำนวณหา e_t (เฉพาะโปรแกรม A)
7. โปรแกรมย่อย LEASQ คำนวณความหนาออกแบบของชั้น A.C. ที่ $N_a = N_p$

สำหรับ Source Program ของโปรแกรม A และ B แสดงอยู่ในภาคผนวก ก



รูปที่ 3.10 การหาความหนาชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตที่เหมาะสมในการออกแบบ

3.5 การแสดงผล

การแสดงผลที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรม A,Bและ D ที่กล่าวมาข้างต้น โปรแกรมจะเขียนให้สามารถแสดงผลดังนี้

1. แสดงทางจอภาพ ในโปรแกรม A และ B เพื่อประโยชน์ในการการป้อนข้อมูล และ ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม

2. แสดงผลทางเครื่องพิมพ์ หรือ ไฟล์ข้อมูล สำหรับแสดงผลของข้อมูลที่ป้อนเข้าไป และผลที่ได้จากการประมวลผล ในส่วนของไฟล์ข้อมูลนั้นมีผลดีคือ สามารถเก็บข้อมูลไว้พิมพ์ผลได้หลายครั้งส่วน การพิมพ์ผลทางเครื่องพิมพ์นั้น จะพิมพ์ได้ครั้งเดียว