โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบผิวจราจรยืดหยุ่นแบบ 3 ชั้นของสนามบิน

นาย กิจธวัช ตั้งบุญธินา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2534

ISBN 974-578-789-2

ลิกขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017262 ๑๗๒๑๒๕๘

COMPUTER PROGRAM FOR AIRPORT 3-LAYER FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN

Mr. Kittawat Tangboontina

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Civil Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1991

ISBN 974-578-789-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบผิวจราจรยืดหยุ่นแบบ 3 ชั้นของสนามบิน
โดย	นายกิจธวัช ตั้งบุญธินา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัฒย์ศิริ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา)

กิจธวัช ตั้งบุญธินา : โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบผิวจราจรยืดหยุ่นแบบ 3 ชั้นของสนามบิน (COMPUTER PROGRAM FOR AIRPORT 3-LAYER FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์, ศ.ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ, 245 หน้า. ISBN 974-578-789-2

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการออกแบบผิวจราจรยืดหยุ่นแบบ 3 ชั้นของสนามบิน สำหรับเครื่องบินหลายล้อ วิธีการออกแบบถือว่าชั้นทางมีพฤติกรรมเป็นแบบลิเนียร์อีลาสติก คุณสมบัติของวัสดุชั้นทางที่นำมาออกแบบได้แก่ ค่าอีลาสติกโมดูลัสและปัวซองเรโช

โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้เขียนด้วยภาษาฟอร์แทรน 77 โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย

1. โปรแกรมวิเคราะห์หาความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) ของชั้นทาง
2. โปรแกรมออกแบบความหนาชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตโดยพิจารณาถึงน้ำหนักจราจรกระทำซ้ำ ซึ่งทำให้เกิดรอยแตกในชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต และ การเกิดร่องล้อบนชั้นดินเดิม

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมานี้ได้ตรวจสอบความถูกต้องในส่วนที่วิเคราะห์หาความเค้น และความเครียดโดยการประมวลผลที่เงื่อนไขค่าขอบเขต และได้ทดลองใช้วิเคราะห์หาความเครียดของระบบชั้นทาง 3 ชั้น ก่อนนำค่าความเครียดไปออกแบบหาความหนาของชั้นทางตามคู่มือ MS-11 ของ THE ASPHALT INSTITUTE เพื่อตรวจสอบเปรียบเทียบกับการออกแบบโดยการใช้โปรแกรม

ในการออกแบบโดยใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นมานี้ ผลที่ได้สอดคล้องกับความเป็นจริงกล่าวคือ ความหนาชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตลดลง เมื่อเพิ่มความหนาชั้นพื้นทาง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา ปฐพีกลศาสตร์
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

KITTAWAT TANGBOONTINA : COMPUTER PROGRAM FOR AIRPORT 3-LAYER FLEXIBLE PABEMENT DESIGN. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.BOONSOM LERDHIRUNWONG, Ph.D., PROF.DIREK LAVANSIRI, Ph.D. 245 pp. ISBN 974-578-789-2

This research is to develops a program to aid in the design of airport 3-layer flexible pavements for multiple wheel aircraft. The method is based on a model in which the pavement structure is regarded as a linear elastic multi-layered system of which the materials are characterised by their modulus of elasticity and Poisson's ratio.

The microcomputer programs were written in Fortran 77 consist of

1. A program to analyze stress and strain within pavement.
2. A program to design thickness for airfield pavement to insure against repetitive load which induced fatigue cracking in asphalt concrete layer and rutting in subgrad layer.

The programs are run to analyze stress, strain and making a check on deformation at a proper boundary layer condition. Layer strains which are the result of the analyzed output are retrieved in the design of pavement thickness for 3-layer system. Pavement thickness by this programs and by manual calculation by MS-11 (manual desing of The Asphalt Institute) were compared.

Thickness of asphalt concrete for 3-layer design of flexible pavement correspond to the existing design method.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ปฐพีกลศาสตร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์ และรองศาสตราจารย์ อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา ที่ได้กรุณาตรวจสอบ และให้คำแนะนำแก่การวิจัยนี้จนสมบูรณ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญรูป..... ญ

สารบัญตาราง..... ฑ

สัญญลักษณ์..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย..... 2

1.3 ขั้นตอนในการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 ภูมิหลังของทฤษฎีในการวิจัย..... 4

2.1 บททบทวนเกี่ยวกับงานวิจัย..... 4

2.2 ข้อพิจารณาในการออกแบบ..... 5

2.2.1 การเกิดรอยแตกในชั้นของแอสฟัลท์คอนกรีต..... 5

2.2.2 การเกิดร่องล้อบนชั้นดินเดิม..... 6

2.3 ทฤษฎีอีลาสติกเลเยอร์..... 8

2.3.1 สมมุติฐานในการวิเคราะห์..... 8

2.3.2 สมการอนุพันธ์ย่อยของความเค้นและการเคลื่อนที่ 10

2.3.3 คำตอบสำหรับ ϕ (Stress Function)..... 12

2.3.4 คำตอบสำหรับค่า A_k, B_k, C_k และ D_k..... 14

2.3.5 คำตอบของความเค้นจากหลายล้อ..... 18

2.3.6 การหาค่าความเครียด..... 20

2.3.7 การหาค่า Principal strain..... 22

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 คุณสมบัติของวัสดุในการออกแบบ..... 23
2.4.1 อีลาสติกโมดูลัสของชั้น A.C..... 23
2.4.2 อีลาสติกโมดูลัสของชั้นดินเดิม..... 24
2.4.3 อีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทาง..... 26
2.4.4 ปัวซองเรโช..... 32
2.5 การประเมินค่าความเสียหายเทียบเท่า..... 33
2.5.1 แฟคเตอร์แจกแจงความถี่ตามขวางของทางวิ่ง.. 43
2.5.2 แฟคเตอร์ความเสียหายเทียบเท่า..... 45
2.6 ค่าจำนวนการเกิดความเครียดซ้ำที่ยอมให้..... 45
2.7 วิธีการออกแบบความหนาผิวจราจร..... 47
บทที่ 3 การเขียนโปรแกรม..... 50
3.1 ขั้นตอนการเขียนและโครงสร้างของโปรแกรม..... 50
3.2 ขีดจำกัดของโปรแกรม..... 53
3.3 การเขียนโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทาง..... 53
3.3.1 การป้อนข้อมูล..... 53
3.3.2 การวิเคราะห์..... 55
3.3.3 โครงสร้างของโปรแกรม..... 59
3.4 การเขียนโปรแกรมออกแบบความหนาผิวจราจรโดย
พิจารณาถึงน้ำหนักกระทำซ้ำ..... 61
3.4.1 การป้อนข้อมูล..... 61
3.4.2 การคำนวนแฟคเตอร์การแจกแจงความถี่ของ
การเกิดความเครียดสูงสุดตามขวางของทางวิ่ง.. 64
3.4.3 การป้อนข้อมูลความหนาของชั้นพื้นทางและชั้น A.C. 65
3.4.4 การวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทาง..... 65
3.4.5 การหาค่าแฟคเตอร์ความเสียหายเทียบเท่า(F_J). 65
3.4.6 การประเมินจำนวนการเกิด ความเครียดซ้ำ
เทียบเท่าเครื่องบิน DC-8-63F..... 67
3.4.7 การหาค่าจำนวนการเกิด ความเครียดซ้ำที่
ยอมให้ของเครื่องบิน DC-8-63 F..... 67

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4.8 การหาค่าความหนาชั้น A.C.(h_1)ที่ออกแบบ.... 67

3.4.9 โครงสร้างของโปรแกรม..... 68

3.5 การแสดงผล..... 70

บทที่ 4 การประมวลผลโปรแกรม..... 71

4.1 การประมวลผลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมD.. 71

4.2 ตัวอย่างการประมวลผลโปรแกรมออกแบบ A และ B.... 101

4.2.1 การเตรียมข้อมูล..... 101

4.2.2 การประมวลผล..... 102

4.3 การตรวจสอบการออกแบบโปรแกรม A และ B โดยคู่มือ(Manual Design)..... 137

4.4 การออกแบบผิวจราจรแบบ 2 ชั้น..... 149

4.4.1 การออกแบบโดยพิจารณาการเกิดรอยแตกในชั้น A.C..... 149

4.4.2 การออกแบบโดยพิจารณาการเกิดร่องล้อบนชั้นดินเดิม..... 153

4.5 การเปรียบเทียบผลการออกแบบความหนาทางวิ่งสนามบินแบบ 2 ชั้น และ 3 ชั้น..... 160

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 167

5.1 สรุป..... 167

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 168

รายการอ้างอิง..... 169

ภาคผนวก..... 172

ภาคผนวก ก Source Program..... 173

ภาคผนวก ข คุณลักษณะของเครื่องบินที่ใช้ในการออกแบบ..... 227

ภาคผนวก ค วิธีการใช้โปรแกรม..... 234

ประวัติผู้เขียน..... 245

สารบัญรูป

รูปภาพที่ หน้า

2.1 ผลของเครื่องบินชนิดต่าง ๆ ต่อการเกิดค่าความเครียดช้าในแนวดิ่ง..... 7

2.2 ผลของแอสฟัลท์คอนกรีตโมดูลัสต่อค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดอัดในแนวดิ่ง (e_v) กับจำนวนการเกิดความเครียดช้าจนวิบัติ..... 7

2.3 a ความเค้นในพิกัดทรงกระบอก..... 9

2.3 b ระบบชั้นของชั้นทาง..... 9

2.4 การเปลี่ยนแกนจากพิกัดทรงกระบอกเป็นพิกัดฉาก(2 มิติ).....19

2.5 การเปลี่ยนแกนจากพิกัดทรงกระบอกเป็นพิกัดฉาก(3 มิติ).....19

2.6 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิเฉลี่ยประจำเดือนของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตที่ความลึกและอุณหภูมิต่าง ๆ.....25

2.7 ผลของ DEVIATOR STRESS ต่อค่า RESILIENT MODULUS (Mr) ของดินเม็ดละเอียด.....27

2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น-ความหนาแน่นแห้งและ ค่า RESILIENT MODULUS ของชั้นดินเดิม.....28

2.9 ผลของค่า RESILIENT MODULUS กับค่าผลรวมความเค้นในแนวแกนหลัก.....29

2.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง RESILIENT MODULUS ของชั้นดินเดิม กับ ค่า CBR.....30

2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบริ่งและอีลาสติกโมดูลัสของชั้นดินเดิม.....31

2.12 ผลของอุณหภูมิต่อค่าป้วซองเรโชของคอนกรีต.....34

2.13 การจัดเรียงของล้อเครื่องบิน DC-8-63F.....37

2.14 ผลการหาค่า ERD ที่หน้าตัดชั้นทางหมายเลข 2.....38

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปภาพที่ หน้า

2.15 ผลการหาค่า EQUIVALENT FACTOR ที่หน้าตัดชั้นทาง หมายเลข 2.....38
2.16 ผลของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อค่า ERD.....39
2.17 การแจกแจงความถี่ของตำแหน่งกลุ่มล้อหลัก.....44
2.18 a สมมุติฐานการเกิด MAX. TENSILE STRAIN บริเวณล่างสุดของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต.....44
2.18 b สมมุติฐานการเกิด MAX. VERTICAL COMPRESSIVE STRAIN บนชั้นดินเดิม.....46
2.19 การหาค่าความหนาชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตโดยใช้กราฟ.....48
2.20 หน้าตัดทางวิ่งสนามบินแบบ 3 ชั้น.....49
3.1 ขั้นตอนการประมวลผลของโปรแกรม A และ B.....51
3.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม.....52
3.3 การระบุตำแหน่งหาค่าความเค้นและความเครียดในระบบพิกัดฉาก(X,Y,Z).....54
3.4 ผังงานการหาค่าความเค้นสำหรับตำแหน่งที่วิเคราะห์ใด ๆ.....56
3.5 การแบ่งช่วงการอินติเกรทเป็นส่วยย่อย ตามวิธี LEGENDRE-GAUSS INTEGRATION ลำดับที่ 4.....57
3.6 ผังงานโปรแกรม D.....60
3.7 แผนภูมิการออกแบบผิวจราจรสนามบินแบบ 3 ชั้น โดยพิจารณาการเกิด FATIGE CRACKING.....62
3.8 แผนภูมิการออกแบบผิวจราจรสนามบินแบบ 3 ชั้น โดยพิจารณาการเกิด RUTTING.....63
3.9 ตำแหน่งการวิเคราะห์หาความเค้นในกลุ่มล้อหลักชนิดต่าง ๆ.....66
3.10 การหาค่าความหนาชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตที่เหมาะสมในการออกแบบ.....69
4.1 การจัดเรียงตัวตัวของกลุมล้อหลักเครื่องบิน B-747-320B.....73

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปภาพที่ หน้า

4.2 รูปแบบการกระจายของความเครียด(MAX. TENSILE STRAIN) บริเวณล่างสุดของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต ใต้เครื่องบิน B-707.....82
4.3 รูปแบบการกระจายของความเครียด(MAX. TENSILE STRAIN)บริเวณล่างสุดของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต ใต้เครื่องบิน B-707.....87
4.4 รูปแบบการกระจายของความเครียด(VERTICAL COMPRESSIVE STRAIN) บนชั้นดินเดิมใต้ เครื่องบิน B-747.....93
4.5 รูปแบบการกระจายของความเครียด(VERTICAL COMPRESSIVE STRAIN) บนชั้นดินเดิมใต้ เครื่องบิน B-747.....99
4.6 a การหาค่าความหนาชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตในการออกแบบ ทางวิ่งสนามบินแบบ 3 ชั้น ที่ความหนาชั้นพื้นทาง 10 นิ้ว.....150
4.6 b การหาค่าความหนาชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตในการออกแบบ ทางวิ่งสนามบินแบบ 3 ชั้น ที่ความหนาชั้นพื้นทาง 5 นิ้ว.....151
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้น A.C. และ N_a กรณี FATIGUE CRACKING ของทางวิ่งสนามบิน แบบ 2 ชั้น.....152
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้น A.C. และ N_p กรณี FATIGUE CRACKING ของเครื่องบิน B-747F บนทางวิ่งสนามบินแบบ 2 ชั้น.....154
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้น A.C. และ N_p กรณี FATIGUE CRACKING ของเครื่องบิน B-727-200 บนทางวิ่งสนามบินแบบ 2 ชั้น.....155

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปภาพที่ หน้า

4.10 การหาความหนาชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตในการออกแบบ
กรณี FATIGE CRACKING สำหรับทางวิ่งสนามบินแบบ
2 ชั้น.....158
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้น A.C. และ N_a
กรณี RUTTING ของทางวิ่งสนามบินแบบ 2 ชั้น.....159
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้น A.C. และ N_p
กรณี RUTTING ของเครื่องบิน B-747F บนทางวิ่งสนาม
บินแบบ 2 ชั้น.....161
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้น A.C. และ N_p
กรณี RUTTING ของเครื่องบิน B-727-200 บนทาง
วิ่งสนามบินแบบ 2 ชั้น.....162
4.14 การหาความหนาชั้นแอสฟัลท์คอนกรีตในการออกแบบ
กรณี RUTTING สำหรับทางวิ่งสนามบินแบบ 2 ชั้น.....165
ข-1 การระบุตำแหน่งกลุ่มล้อของเครื่องบิน.....230
ข-2 การประกอบกลุ่มล้อชนิดต่าง ๆ.....231
ข-3 การประกอบชนิดต่าง ๆ ของล้อ.....232
ข-4 สรุปคุณลักษณะของเครื่องบิน.....233
ค-1 รูปแบบ FORMAT การป้อนและอ่านข้อมูลโปรแกรม D.....235
ค-2 รูปแบบ FORMAT การป้อนและอ่านข้อมูลโปรแกรม A,B และ C.....239

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง e_v และ N_f	6
2.2	ค่าคงที่ k_1 และ k_2 สำหรับหาค่า RESILIENT MODULUS	29
2.3	ค่า POISSON'S RATIO ที่ใช้ในหน่วยงานต่าง ๆ	35
2.4	คุณลักษณะของเครื่องบิน DC-8-63F	37
2.5	TRANVERSE FREQUENCY DISTRIBUTION ของเครื่องบินที่เคลื่อนที่บนทางวิ่ง	40
2.6 a	คุณสมบัติของวัสดุแต่ละหน้าตัดของทางวิ่ง	41
2.6 b	การเลือกน้ำหนักของเครื่องบินในการวิเคราะห์	41
2.6 c	คุณลักษณะของเครื่องบินที่ใช้ในการวิเคราะห์	42
4.1	การเปรียบเทียบค่าความเค้นที่ได้จากการคำนวณและเงื่อนไขค่าขอบเขต	73
4.2 a	การหาค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทาง(E_2)ที่ความหนาชั้นพื้นทาง 10 นิ้ว	139
4.2 b	การหาค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทาง(E_2)ที่ความหนาชั้นพื้นทาง 5 นิ้ว	140
4.3 a	การหาค่า F_j ในกรณี FATIGE CRACKING สำหรับความหนาชั้นพื้นทาง 10 นิ้ว	141
4.3 b	การหาค่า F_j ในกรณี RUTTING ที่ความหนาชั้นพื้นทาง 10 นิ้ว	141
4.3 c	การหาค่า F_j ในกรณี FATIGE CRACKING สำหรับความหนาชั้นพื้นทาง 5 นิ้ว	142
4.3 d	การหาค่า F_j ในกรณี RUTTING ที่ความหนาชั้นพื้นทาง 5 นิ้ว	142
4.4 a	สรุปค่า f_{jx} (ASPHALT CONCRETE TENSILE STRAIN)	143
4.4 b	สรุปค่า f_{jx} (SUBGRADE VERTICAL STRAIN)	144
4.5 a	การคำนวณหาค่า N_a และ N_p ในกรณี FATIGUE CRACKING สำหรับความหนาชั้นพื้นทาง 10 นิ้ว	145

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.5 b	การคำนวณหาค่า N_a และ N_p ในกรณี RUTTING สำหรับความหนาชั้นพื้นทาง 10 นิ้ว	146
4.6 a	การคำนวณหาค่า N_a และ N_p ในกรณี FATIGUE CRACKING สำหรับความหนาชั้นพื้นทาง 5 นิ้ว	147
4.6 b	การคำนวณหาค่า N_a และ N_p ในกรณี RUTTING สำหรับความหนาชั้นพื้นทาง 5 นิ้ว	148
4.7 a	สรุปค่า F_{jh} (ASPHALT CONCRETE TENSILE STRAIN)	156
4.7 b	การคำนวณหาค่า N_p ในกรณี FATIGUE CRACKING	157
4.8 a	สรุปค่า F_{jh} REGRESSION CONSTANT (VERTICAL COMPRESSIVE STRAIN)	163
4.8 b	การคำนวณหาค่า N_p ในกรณี RUTTING	164
4.9	การเปรียบเทียบผลการออกแบบความหนาทางวิ่งสนามบิน แบบ 2 ชั้น และ 3 ชั้น	160
ข-1	คุณลักษณะของเครื่องบินที่ใช้ออกแบบ	228
ค-1	ความหมายของ FORMAT ในภาษา FORTRAN	236

สัญญลักษณ์

A,B,C,D	สัมประสิทธ์ของคำตอบของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย
A.C.	ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต
e_t	Principal Tensile Strain บนชั้นดินเดิม
e_v	Vertical Compressive Strain บริเวณล่างสุดของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต
$\|E^*\|$	ไดนามิกโมดูลัสของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต
En,E(n)	อีลาสติกโมดูลัสของชั้นทางที่ n
f_{jx}	แฟคเตอร์การแจกแจงความถี่ของการเกิดความเครียดสูงสุดที่ตำแหน่ง x ตามขวางทางวิ่งของเครื่องบิน j
F_j	แฟคเตอร์ความเสียหายเทียบเท่าของเครื่องบิน j เทียบกับเครื่องบินมาตรฐาน
h_i	ความหนาของชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต
Jn(x)	Bessel Function ลำดับที่ n ของ x
MMAT	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศประจำปี(°F)
MMPT	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวจราจรประจำปี(°F)

Mr	Resilient Modulus ของชั้นดินเดิม
Na	Allowable Traffic Value
Nf	จำนวนการเกิดความเครียดซ้ำจนชั้นทางวิบัติ
Np	Predicted Traffic Value
p	Partitin ในการแบ่งช่วงอินติเกรท
Pj	จำนวนเที่ยวบินของเครื่องบิน j ที่ผ่านทางวิ่ง
r,R	พิกัดรัศมี
u	ระยะเคลื่อนที่ในแนวรัศมี
v	ระยะเคลื่อนที่ในแนวรัศมี
v_n	Poisson's Ratio ของชั้นทางที่ n
w	ระยะเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง
x,y	พิกัดฉาก

Θ	พิกัดมุม ผลรวมความเค้นในแนวแกนหลัก
$\varnothing$	Stress Function
σ_a	Axial Stress ในทิศทาง a
ε_a	Axial Strain ในทิศทาง a
ε_n	Principal Strain
τ_{ab}	Shear Stress บนระนาบ a ทิศทาง b
γ_{ab}	Shear Strain บนระนาบ a ทิศทาง b
ν	Poisson's Ratio