การออกแบบรันเวย์สนามบินที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบมูลค่าการก่อสร้างในประเทศไทย

Optimization of Runway Designs by Comparing Construction Cost in Thailand

ฟัตฮีย์ แวโดยี
มูฮำหมัดฟารุก แมะ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การออกแบบรันเวย์สนามบินที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบมูลค่าการก่อสร้างในประเทศไทย

Optimization of Runway Designs by Comparing Construction Cost in Thailand

ฟัตฮีย์ แวโดยี
มูฮำหมัดฟารุก แมะ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Optimization of Runway Designs by Comparing Construction Cost in Thailand

FATHEE WEADOYEE
MUHAMMADFARUK MAEH

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การออกแบบรันเวย์สนามบินที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบมูลค่าการก่อสร้างในประเทศไทย		
นักศึกษา	นายฟัตฮีย์	แวโดยี	รหัสนักศึกษา 58010928
	นายมูฮำหมัดฟารุก	แมะ	รหัสนักศึกษา 58011017
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร ผศ.นัฐพร นวกิจรังสรรค์ ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์	Prada Chaturaly.

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบรันเวย์สนามบินที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบมูลค่าการก่อสร้างในประเทศไทย

นายฟัตฮีย์ แวโดยี รหัสประจำตัว 58010928
นายมูฮำหมัดฟารุก แมะ รหัสประจำตัว 58011017
อาจรย์ที่ปรึกษา ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบทางวิ่งของสนามบินและทำให้ได้การออกแบบที่เหมาะสมที่สุดโดยการเลือกใช้วัสดุที่มีอยู่ในประเทศไทย ในปัจจุบันรัฐบาลพยายามขยายโครงการการขนส่งทั้งสามรูปแบบ (เช่น การขนส่งทางถนน,ทางอากาศและทางน้ำ) การขนส่งทางอากาศเป็นหนึ่งในด้านที่ต้องการวิศวกรรมหลายแขนงในการสร้างทางวิ่ง ในขณะที่วิศวกรการทางพิจารณาประสิทธิภาพการใช้งานและค่าใช้จ่ายของงานก่อสร้าง การออกแบบผิวทางจำเป็นต้องใช้วัสดุและความหนาที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างแต่ละชั้น วิธีการออกแบบรันเวย์ของสนามบินเป็นไปตามวิธี Federal Aviation Administration (FAA) และการใช้โปรแกรม KENPAVE เพื่อตรวจสอบความเครียดในแต่ละโมเดล จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองทั้งสี่แบบมีค่า CBR เดียวกันของแต่ละชั้นและชนิดของวัสดุที่แตกต่างกันสามารถแสดงค่าความเค้นที่แตกต่างกันแม้ว่าความหนาของแต่ละชั้นจะได้รับการปรับให้เหมาะสมโดยโปรแกรม FAA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Optimization of Runway Designs by Comparing Construction Cost in Thailand

Mr.Fathee Weadoyee Student ID 58010928
Mr.Muhammadfaruk Maeh Student ID 58011017
Advisor Dr.Preeda Chaturabong
Academic Year 2561

ABSTRACT

The objective of this research is to study the airport runway designs and to optimize the design by selecting different available materials used in Thailand. Currently, government has been trying to expand projects of all three mode of transport (i.e. road, air and water). Air transportation is one of the modes that needs many fields of engineering. To construct runway, as pavement engineer considers functional performance and cost of pavement design, an optimum material and thickness for each layer are needed. The method of designing airport runway is in accordance with Federal Aviation Administration Method (FAA). Using KENPAVE program to determine strain in each model was adopted. Results show that four models with the same CBR values of each layer and different material types can show different strain values despite thicknesses for each layer were optimized by FAA program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคอยชี้แนะแนวทางแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดี รวมถึงคำแนะนำที่มีประโยชน์ทั้งความรู้ด้านวิชาการ และแนวทางทำการศึกษาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการทำโครงงานพิเศษ ขอขอบคุณ บริษัทกรุงเทพเอนจิเนียริ่งคอนซัลแตนท์ จำกัด ที่ได้มอบข้อมูที่สำคัญในการประกอบวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่วริษฐ์ สกนธวุฒิ Design Section Manager บริษัทกรุงเทพเอนจิเนียริ่งคอนซัลแตนท์ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการให้ข้อมูลของสนามบินเบตง

ขอขอบคุณ กระทรวงพาณิตย์ที่ได้แนะนำการหาข้อมูลดัชนีราคากลางที่ใช้ในการประมาณมูลค่าการก่อสร้างทางวิ่งของสนามบินแต่ละโมเดล

ขอขอบคุณ เพื่อนพี่น้องวิศวกรรมโยธาทุกคนที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณ คณะกรรมการการสอบโครงงานพิเศษนี้ ที่ให้ความกรุณามอบคำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ทำให้คณะผู้จัดทำได้ความรู้เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก คณะผู้จัดทำมีความรู้สึกสำนึกในบุญคุณของสถาบันการศึกษาต่างๆ ที่คณะผู้จัดทำได้เคยศึกษาเล่าเรียนมา รวมไปถึงครูบาอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนความรู้ต่างๆมากมายให้กับคณะผู้จัดทำ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณกำลังใจพิเศษนั้นคือ มารดา บิดา และสมาชิกในครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่คอยมอบกำลังใจอันยิ่งใหญ่ให้กับคณะผู้จัดทำเสมอมา

ฟัตฮีย์ แวโดยี
มูฮำหมัดฟารุก แมะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 แผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 กล่าวนำ 3
2.2 วิธีของ Federal Aviation Administration Method (FAA) 3
2.3 การออกแบบความหนาของผิวทางลาดยาง 8
2.4 ข้อกำหนดการออกแบบทางด้านวิศวกรรมท่าอากาศยาน 20
2.4.1ข้อกำหนดและแนวทางการออกแบบทางด้านวิศวกรรมท่าอากาศยาน 20
2.4.2 การจำแนกประเภทกายภาพของท่าอากาศยานตาม ICAO 20
2.4.3 การจำแนกประเภทท่าอากาศยาน Class of Runway ตาม ICAO 21
2.5 ข้อมูลเบื่องต้นของสนามบินเบตง 23
2.6 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN (การออกแบบพื้นผิวที่มีความยืดหยุ่น) 24

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการโครงงาน 26

3.1 กล่าวนำ 26
3.2 กำหนดหัวข้อการทำโครงงานโดยการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา 26
3.3 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำโครงงาน 26
3.4 ปรึกษาข้อมูลที่สำคัญที่ใช้ในการทำโครงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา 26
3.5 ทำเรื่องขอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทางบริษัทที่ทำการออกแบบ 26
3.6 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
3.7 รวบรวมข้อมูล 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8 วิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบโดยใช้ Excel Airfield Flexible Pavement Design 27
3.8.1 ป้อนชื่อและข้อมูลของสนามบิน 30
3.8.2 ป้อนค่าCBRของชั้นsubgradeและโค้ดของfrost 31
3.8.3 ป้อนข้อมูลชั้นรองพื้นทาง 32
3.8.4 เลือกมวลรวมของชั้นพื้นทาง 34
3.8.5 คำนวณค่าความลึกของการเจาะน้ำแข็ง 35
3.8.6 ป้อนข้อมูลเครื่องบิน 35
3.8.7 หาความหนาที่จำเป็นสำหรับเครื่องบินแต่ละลำ 35
3.8.8 ยืนยันความหนาที่จำเป็นสำหรับเครื่องบินแต่ละลำ 36
3.8.9 การคำนวณสำหรับชั้นปรับปรุงคุณภาพดิน 36
3.9 ประมวลผลจากการออกแบบ 37
3.10 วิเคราะห์ความเครียดที่เกิดขึ้นจาก KENPAVE 39
3.10.1 ป้อนชื่อและคุณสมบัติต่างๆของการวิเคราะห์ 41
3.10.2 ป้อนตำแหน่งของจุดที่ต้องการวิเคราะห์ 42
3.10.3 ป้อนข้อมูลความหนาของชั้นดิน 43
3.10.4 ป้อนค่า Elastic modulus 43
3.10.5 ป้อนข้อมูลการรับน้ำหนักจากเครื่องบิน 44
3.10.6 บันทึกและสรุปผล 44
3.11 การสรุปผลจากการออกแบบของตัวอย่างทางวิ่งของสนามบินแบบที่ 1 45

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ของการทำโครงงาน 47

4.1 กล่าวนำ 47
4.2 การออกแบบทางวิ่งสนามบิน 47
4.3 ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบโมเดล 1 48
4.4 ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 2 51
4.5 ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 3 54
4.6 ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 4 57

บทที่ 5 สรุปผลการทำโครงงานและข้อเสนอแนะ 62

5.1 สรุปผลการศึกษา 62
5.2 ข้อเสนอแนะ 63

บรรณานุกรม 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ..... ผก 1
ภาคผนวก ข. ..... ผข 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การจำแนกดินตามวิธี Unified System เพื่อใช้กับงานออกแบบก่อสร้างสนามบิน 4
2.2 แฟกเตอร์ใช้เปรียบเทียบหาค่าน้ำหนักล้อหรือน้ำหนักเพลาของเครื่องบินแบบต่าง ๆ 6
2.3 ความหนาขั้นต่ำของชั้นพื้นทาง 18
2.4 เปอร์เซนต์การเพิ่มความหนาในสนามบินที่มีปริมาณจราจรสูง 19
2.5 แฟกเตอร์ใช้เปรียบเทียบวัสดุปรับปรุงคุณภาพใช้ทำรองพื้นทาง (Stabilized Sub-base) 19
2.6 แฟกเตอร์ใช้เปรียบเทียบวัสดุปรับปรุงคุณภาพใช้ทำพื้นทาง (Stabilized base) 20
2.7 Aerodrome reference code ตามมาตรฐาน ICAO 21
2.8 ชนิดของขั้นโครงสร้างที่สามารปรับปรุงชั้นโครงสร้าง 24
4.1 การสรุปผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 1 50
4.2 การสรุปผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 2 53
4.3 การสรุปผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 3 56
4.4 การสรุปผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 4 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 รูปแบบการเรียกชื่อของเครื่องบินในการออกแบบทางวิ่ง 7

2.2 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, single wheel gear (FAA) 8

2.3 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, dual wheel gear (FAA) 9

2.4 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, dual tandem gear (FAA) 10

2.5 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, B 747-100, SR, 200 B, C,F (FAA) 11

2.6 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, B 747-SP (FAA) 12

2.7 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, DC 10-10, 10CF (FAA) 13

2.8 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, DC 10-30, 30CF, 40, 40CF (FAA) 14

2.9 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, L-1011, 100 (FAA) 15

2.10 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, L-1011-100, 200 (FAA) 16

2.11 แผนภูมิใช้กำหนดความหนาขั้นต่ำของพื้นทางที่ยอมให้ได้ (FAA) 17

2.12 แสดงโครงสร้างชั้นทางทางวิ่ง (Runway) 23

2.13 ชั้นโครงสร้างของการออกแบบ 24

3.1 ตัวอย่างการออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 1 27

3.2 โปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design 28

3.3 ข้อมูลของสนามบิน 30

3.4 ค่าCBR ของชั้นคันทาง 31

3.5 ค่าน้ำแข็งของชั้นคันทาง 31

3.6 จำนวนของชั้นรองพื้นทาง 32

3.7 ค่าCBRของชั้นรองพื้นทาง#1 32

3.8 ค่าน้ำแข็งของชั้นรองพื้นทาง#1 33

3.9 ค่าCBRของชั้นรองพื้นทาง#2 33

3.10 ค่าน้ำแข็งของชั้นรองพื้นทาง#2 34

3.11 การปรับปรุงคุณภาพชั้นพื้นทาง 34

3.12 Frost Design 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.13 การป้อนข้อมูลของบินเครื่องบิน 35
3.14 โปรแกรมแสดงผลค่าความหนาที่ต้องใช้ 36
3.15 แสดงปุ่มยืนยันและกลับสู่หน้าหลัก 36
3.16 เลือกไม่ปรับปรุงคุณภาพดินชั้นพื้นทาง 37
3.17 การปรับปรุงคุณภาพชั้นดินของชั้นรองพื้นทาง 37
3.18 ตารางสรุปผลของโครงสร้างชั้นทางวิ่งที่ออกแบบ 38
3.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับความหนาทั้งหมดของโครงสร้าง 38
3.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการขึ้นลงต่อปีกับความหนาทั้งหมดของโครงสร้าง 39
3.21 หน้าแรกของโปรแกรม 41
3.22 Main menu 41
3.23 ข้อมูลทั่วไปสำหรับการวิเคราะห์ 42
3.24 ป้อนตำแหน่งของจุดที่ต้องการจะพิจารณา 42
3.25 ป้อนความหนาของชั้นโครงสร้างและค่า poisson's ratio 43
3.26 ป้อนค่าอิลาสติก โมดูลัสของแต่ละชั้นโครงสร้าง 43
3.27 ป้อนข้อมูลการรับน้ำหนักของเครื่องบิน 44
3.28 ข้อมูลสรุปผลการวิเคราะห์ Strain 45
4.1 การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 1 48
4.2 ความหนาของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 1 ที่ได้จากโปรแกรม 49
4.3 ผลการวิเคราะห์ความเครียดที่ได้ของทางวิ่งสนามบิน Model 1 50
4.4 การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 2 51
4.5 ความหนาของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 2 ที่ได้จากโปรแกรม 52
4.6 ผลการวิเคราะห์ความเครียดที่ได้ของทางวิ่งสนามบิน Model 2 53
4.7 การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 3 54
4.8 ความหนาของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 3 ที่ได้จากโปรแกรม 55
4.9 ผลการวิเคราะห์ความเครียดที่ได้ของทางวิ่งสนามบิน Model 3 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.10 การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 4 57

4.11 ความหนาของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 4 ที่ได้จากโปรแกรม 58

4.12 ผลการวิเคราะห์ความเครียดที่ได้ของทางวิ่งสนามบิน Model 4 59

4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาทั้งหมดกับอัตราการขึ้นลงต่อปีของเครื่องบิน 60

4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาทั้งหมดกับค่า CBR 61

5.1 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการก่อสร้างและค่าความเครียดที่เกิดขึ้น 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

จากอดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาประเทศในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาทางด้านด้านเศรษฐกิจ การพัฒนาทางด้านสาธารณูปโภคในทุกๆด้านรวมไปถึงการพัฒนาทางด้านคมนาคมขนส่งทั้งสามด้านซึ่งประกอบด้วย การขนส่งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ โดยในปัจจุบันการขนส่งทางอากาศก็ถือว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก

การออกแบบทางวิ่งของสนามบินจะมีข้อแตกต่างจากการออกแบบถนนหลายประการ เช่น ปริมาณน้ำหนักการบดอัด จำนวนครั้งของการบดอัด แรงดันลมในล้อ ซึ่งในอดีตการออกแบบความหนาทางวิ่งและทางขับของเครื่องบินจะมีความคล้ายกับการออกแบบถนนมากเนื่องจากน้ำหนักของเครื่องบินและน้ำหนักของรถยนต์น้ำหนักใกล้เคียงกันมาก ปัจจุบันน้ำหนักของเครื่องบินเพิ่มสูงขึ้นหลายเท่า จึงทำให้การการออกแบบทางวิ่งและทางขับของเครื่องบินแตกต่างจากการออกบบถนนอันเป็นผลมาจากการวิวัฒนาการของเครื่องบินมีการพัฒนามากขึ้น ทฤษฎีการออกแบบทางวิ่งและทางขับมีหลากหลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่คณะผู้จัดทำสนใจและเลือกใช้เป็นวิธีของ Federal Aviation Administration Method (FAA) ซึ่งเป็นวิธีการออกแบบสนามบินที่เป็นมารตฐานที่มีหน่วยงาน International Civil Aviation Organization (ICAO) ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานการออกแบบก่อสร้างสนามบินที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

การออกแบบทางวิ่งของสนามบินที่คณะผู้จัดทำจะพูดถึงในเรื่องการเปลี่ยนแปลงความหนาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชั้นดินแต่ละชั้นโดยการใช้วิธีของ FAA ในการออกแบบความหนาของทางวิ่งของสนามบินโดยนำข้อมูลของสนามบินต้นแบบ(สนามบินเบตง)มาเป็นตัวอย่างและออกแบบชั้นโครงสร้างของทางวิ่ง คณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design กับโปรแกรม KENPAVE ซึ่งทางคณะผู้จัดทำมีความสนใจที่จะทำการออกแบบสนามบินเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความหนาชั้นโครงสร้างทางเมื่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชั้นดิน โดยจัดทำเป็น Model ทั้งสิ้น 4 Models จึงเป็นที่มาของการทำโครงงานในครั้งนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการออกแบบความหนาของทางวิ่งของสนามบินด้วยวิธี Federal Aviation Administration Method (FAA)
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของดินโดยการปรับปรุงคุณภาพของดินแต่ละชั้นโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลง จากโมเดลตัวอย่าง จำนวน 4 โมเดล
3. เพื่อวิเคราะห์หาความหนาของชั้นโครงสร้างที่เหมาะสมและประมาณมูลค่าที่ใช้ในการก่อสร้าง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. เป็นการศึกษาและออกแบบทางวิ่งของสนามบินเพื่อหาความหนาของชั้นโครงสร้างเท่านั้น
2. ออกแบบความหนาเฉพาะทางวิ่งของสนามบินทำการเปรียบเทียบกับโมเดลที่ออกแบบ 4 โมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิเคราะห์มูลค่าการก่อสร้างของสนามบินที่ทำการออกแบบ

4. ใช้เครื่องบิน Dual Wheel น้ำหนัก 150,000 lbs. และใช้อัตราการขึ้นลง 1,460 ครั้ง/ปี ในการออกแบบทุก Model

5. เส้นทางวิ่งของสนามบิน มีความยาว 1800 เมตร และมีความกว้างของทางวิ่ง 30 เมตร

1.4 แผนการดำเนินงาน

1. กำหนดหัวข้อการทำโครงงานโดยการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำโครงงาน
3. ปรึกษาข้อมูลที่สำคัญที่ใช้ในการทำโครงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา
4. ทำเรื่องขอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทางบริษัทที่ทำการออกแบบ
5. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. รวบรวมข้อมูล
7. วิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบ Model โดยใช้ Excel Airfield Flexible Pavement Design
8. ประมวลผลจากการออกแบบ
9. วิเคราะห์ความเครียดที่เกิดขึ้นจาก KENPAVE
10. การสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเข้าใจถึงวิธีการในการออกแบบชั้นโครงสร้างของทางวิ่งของสนามบิน
2. สามารถทราบถึงความหนาของชั้นดินที่ใช้ในการออกแบบของทางทางวิ่งของเครื่องบิน
3. สามารถนำข้อมูลของโครงงานจากการออกแบบนำไปใช้งานและประยุกต์ใช้กับงานทางด้านกรมทาง
4. สามารถนำโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบทางวิ่งของสนามบินมาใช้ประโยชน์ในการทำงานในอนาคต
5. จากการทำโครงงานสมารถเสริมสร้างประสบการณ์จากการออกแบบไปประยุกต์ใช้กับการทำงานในอนาคตข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในการดำเนินการของโครงงาน จะต้องมีการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงานเพื่อใช้เป็นข้อมูลรองรับในโครงงาน โดยสามารถสรุปเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ได้ดังต่อไปนี้

2.2 วิธีของ Federal Aviation Administration Method (FAA)

สนามบินพลเรือนในประเทศสหรัฐอเมริกา มีหน่วยงาน International Civil Aviation Organization (ICAO) ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานการออกแบบก่อสร้างสนามบินทั่วประเทศเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ICAO ใช้วิธีของ FAA เป็นมาตรฐานในการออกแบบ

โดยการออกแบบของ FAA ใช้วิธีจำแนกดินคันทาง (Soil Classification) มาพิจารณาร่วมกับลักษณะการระบายน้ำบนผิวดิน ระดับน้ำใต้ดินในประเทศที่มีอากาศหนาวจัดจนน้ำกลายเป็นน้ำแข็งใช้พิจารณากำหนดความหนาของโครงสร้างทาง โดยมิต้องทดสอบหาค่าความสามารถในการรับแรงอย่างใดเลย จากนั้น ปี คศ.1978 FAA ได้เปลี่ยนแปลงวิธีการจำแนกดินมาใช้ระบบของ Unified System

จากการทดสอบและค้นคว้าของ FAA สรุปได้ว่า วิธีของ Unified System ง่ายและเหมะสมกว่าวิธีอื่น ขณะเดียวกัน FAA ใช้วิธีทดสอบ CBR ในการหาค่าความสามารถรับแรงของดินมาประกอบการออกแบบความหนาของทาง การจำแนกดินระบบ Unified System ในตาราง 2.1 แบ่งดินเป็นชนิดหยาบ ชนิดละเอียดและชนิดมีสารอินทรีย์ปน ดินชนิดหยาบจะค้างบนตะแกรง เบอร์200 มากกว่า50% เช่น กรวด ทรายหยาบ ทรายละเอียด ดินชนิดละเอียดจะต้องมีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50% เช่น ดินทราย ดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การจำแนกดินตามวิธี Unified System เพื่อใช้กับงานออกแบบก่อสร้างสนามบิน

	MAJOR DIVISIONS	Groups symbols	
Coarse-grained Soil more than 50% retained on NO.200 sieve'	Gravels 50% or more of coarse fraction retained on No.4 sieve	Clean Gravels	GW GP
		Gravels with Fines	GM GC
	Sand less than 50% of course fraction retained on No.4 sieve	Clean Sand	SW SP
		Sand with Fines	SM SC
Fine-grained Soils 50% or less retained on No. 200 sieve'	Silts and Clays Liquid Limit 50% or less ML CL OL		
	Silts and Clays Liquid Limit Greater than 50% MH CH OH		
Highly Organic Soil PT			

'Based on the material passing the 3-in (75-mm) sieve.

กลุ่มดิน ดินแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยอีก 15 กลุ่ม สัญลักษณ์ของกลุ่มและคำอธิบายสั้น ๆ ของแต่ละข้อจะมีดังนี้

1. GW Well-graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines
2. GP Poorly graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines.
3. GM Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures.
4. GC Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures.
5. SW Well-graded sands and gravelly sands, little or no fines.
6. SP Poorly graded sands and gravelly sands, little or no tines.
7. SM Silty sands, sand-silt mixtures.
8. SC Clayey sands, sand-clay mixtures.
9. ML Inorganic silts, very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands.
10. CL Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, silty clays, lean clays.
11. OL Organic si!:s and organic silty clays of low plasticity.
12. MH Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sands or silts, plastic silts.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. CH Inorganic clays or high plasticity, fat clays.
14. OH Organic clays of medium to high plasticity.
15. PT Peat, muck and other highly organic soils.

การทดสอบคุณสมบัติในการรับน้ำหนักของดิน ใช้วิธี CBR ถ้าเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ใช้วิธีมาตรฐาน ASTM D-1883 ถ้าเป็นการทดสอบในสนาม ใช้วิธีมาตรฐานของ Asphalt Institute (MS-10)

น้ำหนักของเครื่องบินที่ใช้กำหนดออกแบบ ใช้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดขณะเครื่องจะขึ้นบิน (Max.take off weight) โดยกำหนดให้ 95% ของน้ำหนักทั้งหมดลงตรง main Gear และน้ำหนักอีก 5% ลงที่เพลาหน้า(Nose Gear) ก่อนทำการออกแบบควรศึกษาหรือพิจารณาถึงระยะห่างของล้อและเพลาของเครื่องที่มาใช้สนามบินและกำหนดแรงดันลมในล้อระหว่าง 75-200 ปอนด์/ตร.นิ้ว (0.52-1.38 MPa)

ปริมาณการจราจร ศึกษาเก็บข้อมูลปริมาณจราจรในอดีต ปัจจุบันและคาดคะเนถึงอนาคตของเครื่องบินแต่ละแบบที่มาใช้สนามบิน ซึ่งมีขนาด น้ำหนักบรรทุกไม่เท่ากัน เพื่อที่จะนำมาช่วยกำหนดชนิดและแบบของเครื่องบินที่ใช้ออกแบบ (Design Aircraft) และคำนวณความหนาของโครงสร้าทาง

การกำหนด Equivalent Annual departure ของเครื่องบินที่ใช้ออกแบบ เนื่องจากปริมาณการจราจรที่มาใช้สนามบินมีหลายประเภทและหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบมีน้ำหนักบรรทุกและจำนวนเพลาไม่เท่ากันดังนั้นสถิติตัวเลขที่ใช้ออกแบบก็แตกต่างกันไป จึงจำเป็นต้องกำหนดค่าตัวเลขมาตรฐานเพื่อเปลี่ยนเปรียบเทียบกับเครื่องที่ใช้ออกแบบ ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แฟกเตอร์ใช้เปรียบเทียบหาค่าน้ำหนักล้อหรือน้ำหนักเพลาของเครื่องบินแบบต่างๆ ให้เป็นเครื่องที่ใช้ออกแบบ

To convert from	To	Multiply departures by
single wheel	dual wheel	0.8
single wheel	dual tandem	0.5
dual wheel	dual tandem	0.6
double dual tandem	dual tandem	1.0
dual tandem	single wheel	2.0
dual tandem	dual wheel	1.7
dual wheel	single wheel	1.3
double dual tandem	dual wheel	1.7

เครื่องบินประเภทลำตัวกว้าง เช่น Boing 747,DC-10 Airbus 300 ต้องพิจารณาเป็นพิเศษ เนื่องจากลักษณะของ landing gear และลักษณะการจักชุดล้อ แตกต่างจากเครื่องบินประเภทอื่นๆ โดยกำหนดให้เครื่องบินลำตัวกว้างมีน้ำหนัก 300,000 ปอนด์(136,000 กก.) dual tandem

เมื่อเปลี่ยนค่าน้ำหนักล้อให้เข้าอยู่ในมาตรฐานอย่างเดียวกันแล้ว ขั้นต่อไปให้หา Equivalent Annual departures ของเครื่องบินกำหนดออกแบบจากสูตร

$$\log R_1 = \log R_2 \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{2}}$$

กำหนดให้

R_1= Equivalent Annual departures by design aircraft

R_2= Annual departures expressed in design aircraft landing gear

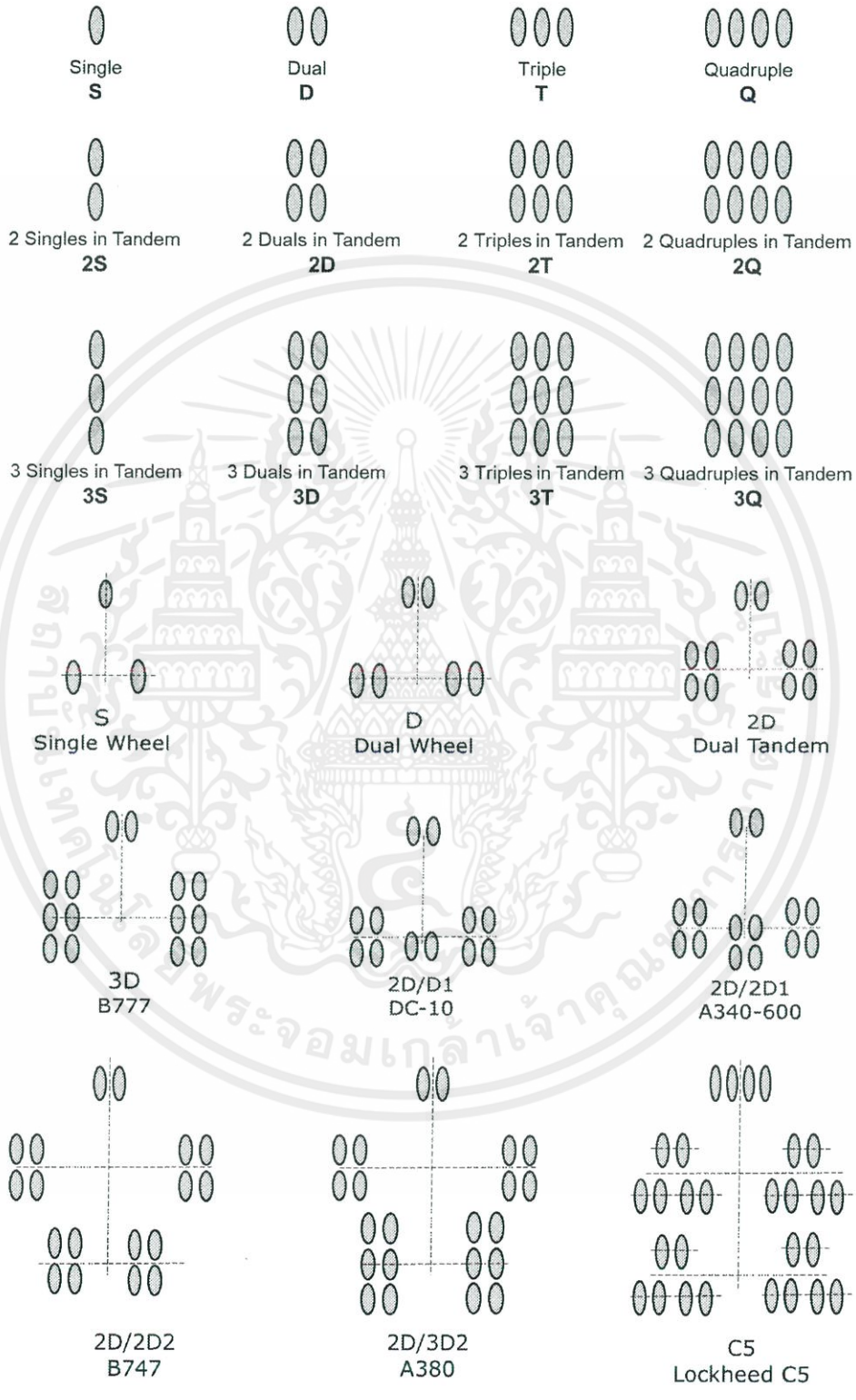
W_1=Wheel load of the design aircraft

W_2= Wheel load of the aircraft in question

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลการเรียกชื่อชนิดของเครื่องบินที่ใช้ในการออกแบบ

Traffic Model – Gear Naming Convene (รูปแบบการเรียกชื่อของเครื่องบิน)

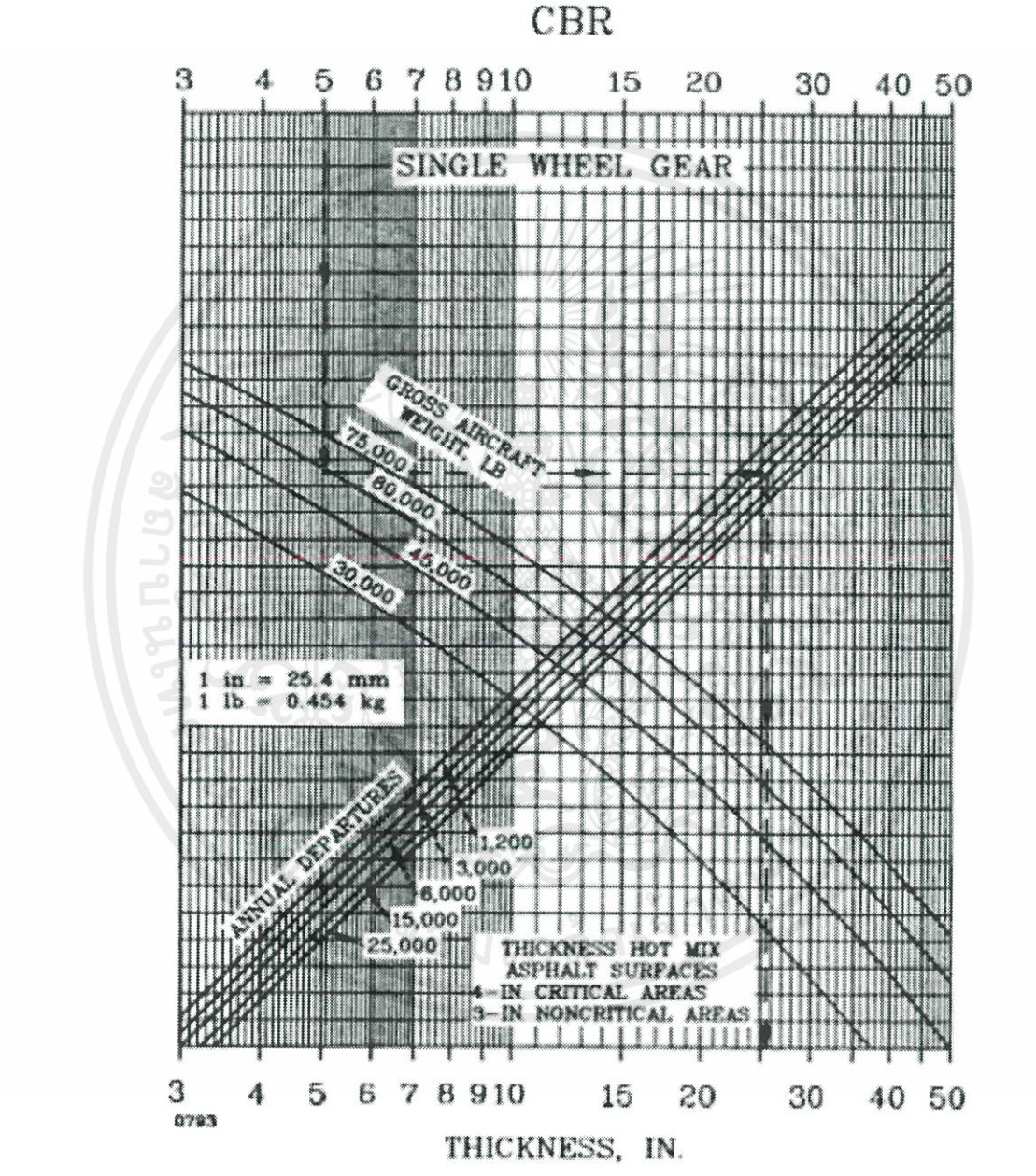


รูปที่ 2.1 รูปแบบการเรียกชื่อของเครื่องบินในการออกแบบทางวิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

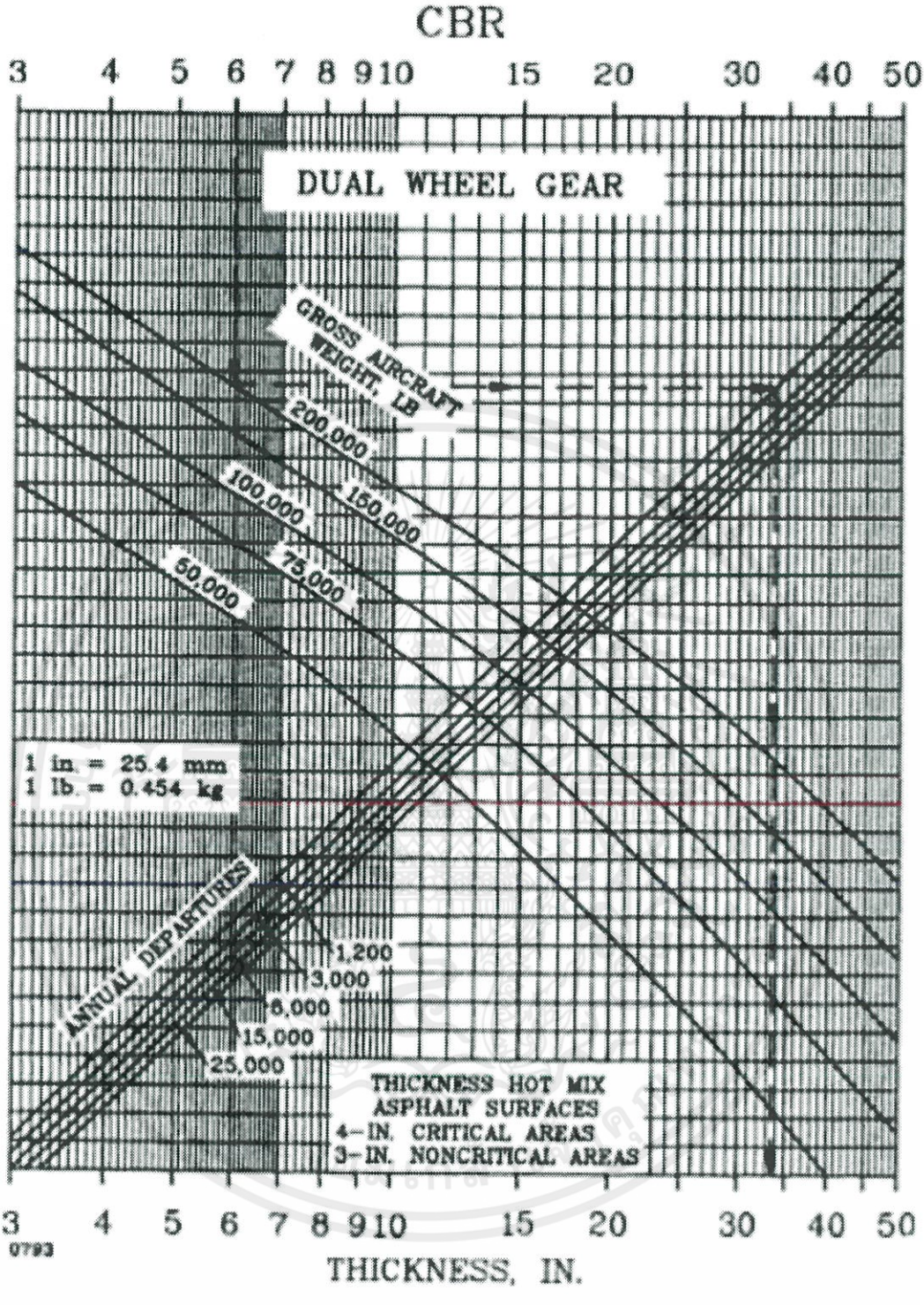
2.3 การออกแบบความหนาของผิวทางลาดยาง

สามารถใช้แผนภูมิในการออกแบบ ตามภาพที่ 2.1-2.9 โดยพิจารณาจากค่า CBR ของดินคันทางและพื้นทาง น้ำหนักของเครื่องบินออกแบบ จำนวนครั้งของเครื่องบินขึ้นต่อปี (annual departures) อายุการใช้งาน 20 ปี ค่าความหนาที่คำนวณได้จากแผนภูมิออกแบบ เป็นความหนารวมความหนาของผิวทางและพื้นทาง (T) งเหนือดินคันทางในบริเวณ Critical area และเท่ากับ 0.9T ในบริเวณ non-critical area ภาพที่ 2.10 ใช้กำหนดความหนาของชั้นพื้นทางจากค่า CBR ลแความหนาของโครงสร้างทางทั้งหมด



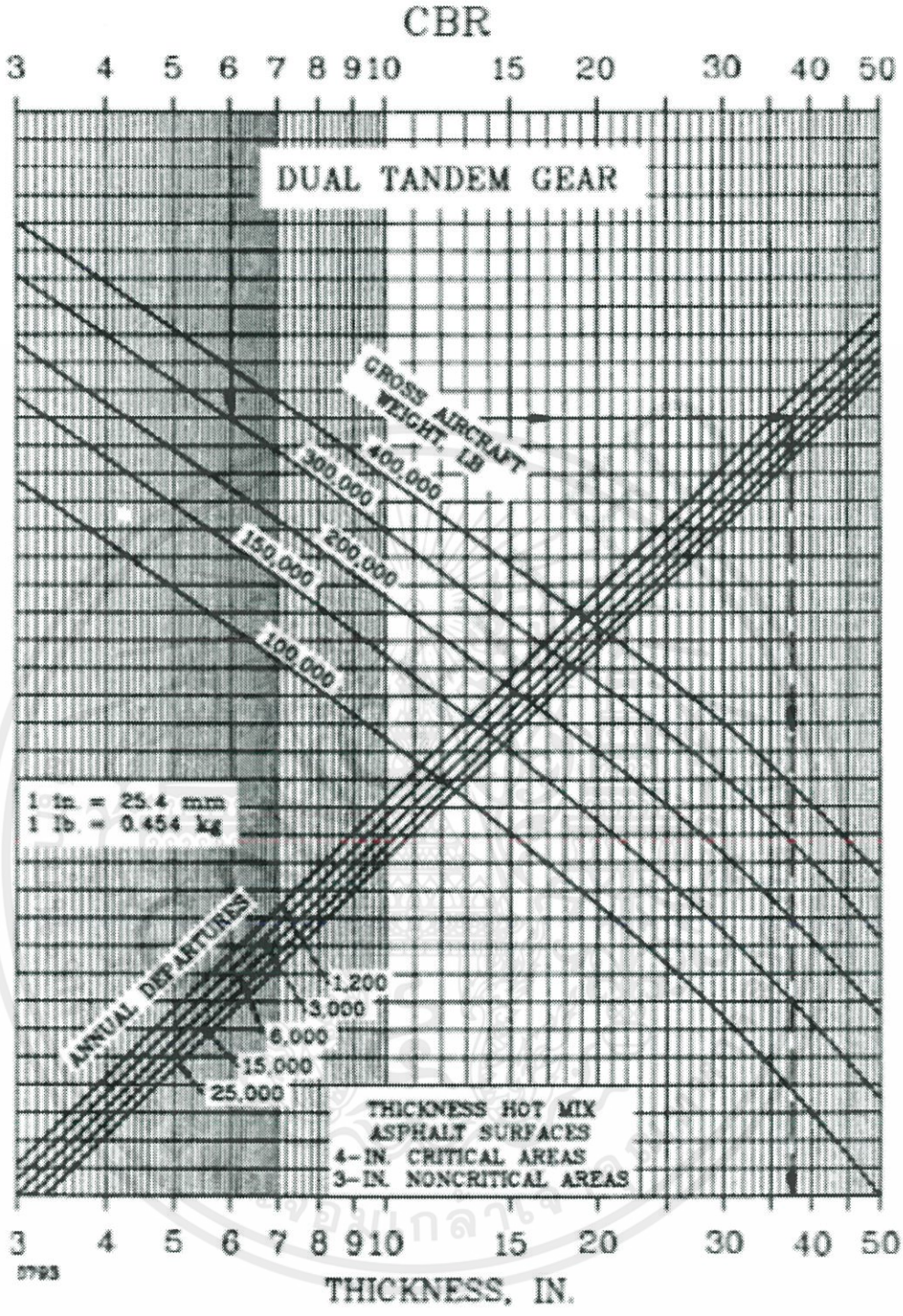
รูปที่ 2.2 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, single wheel gear (FAA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



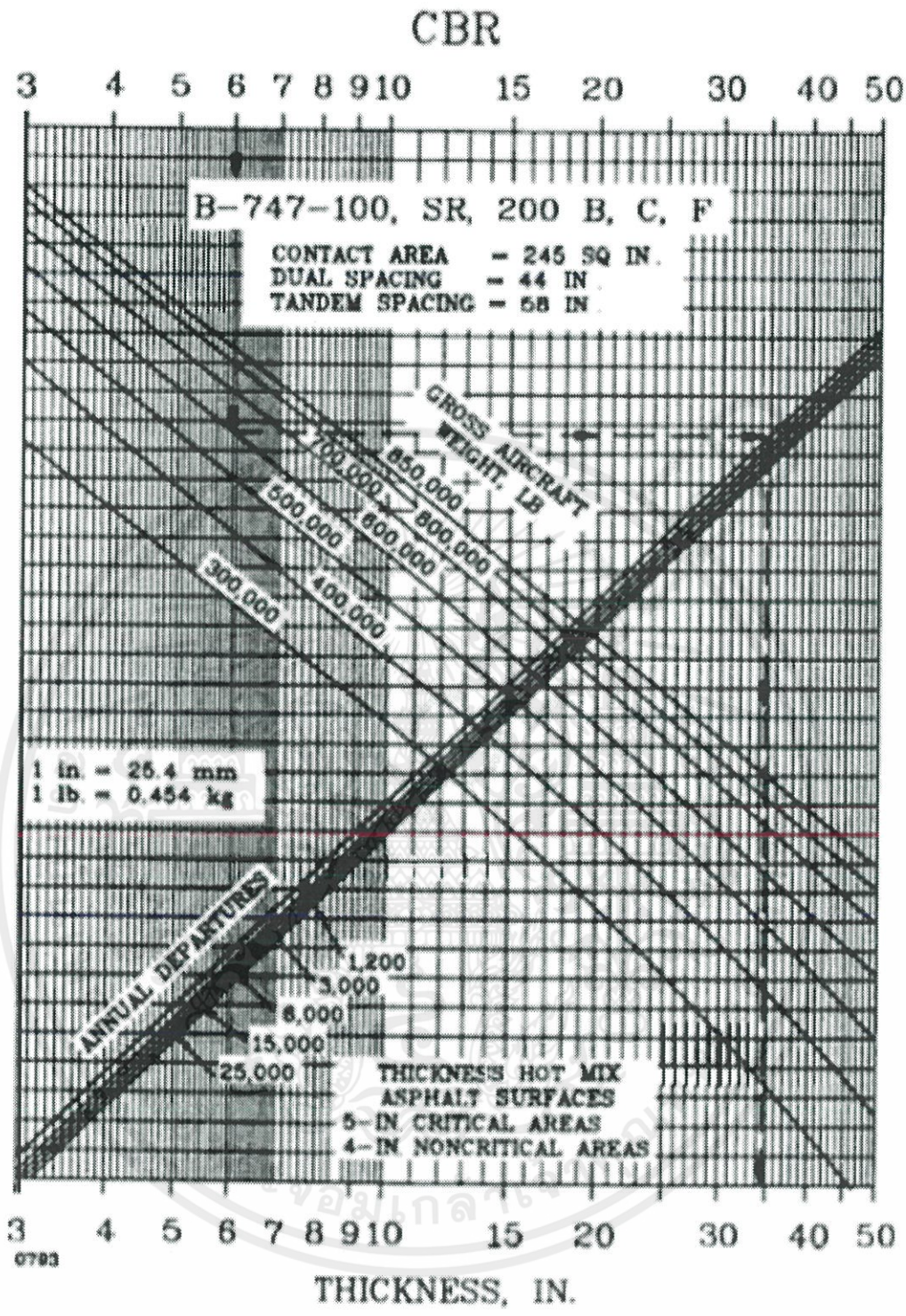
รูปที่ 2.3 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, dual wheel gear (FAA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



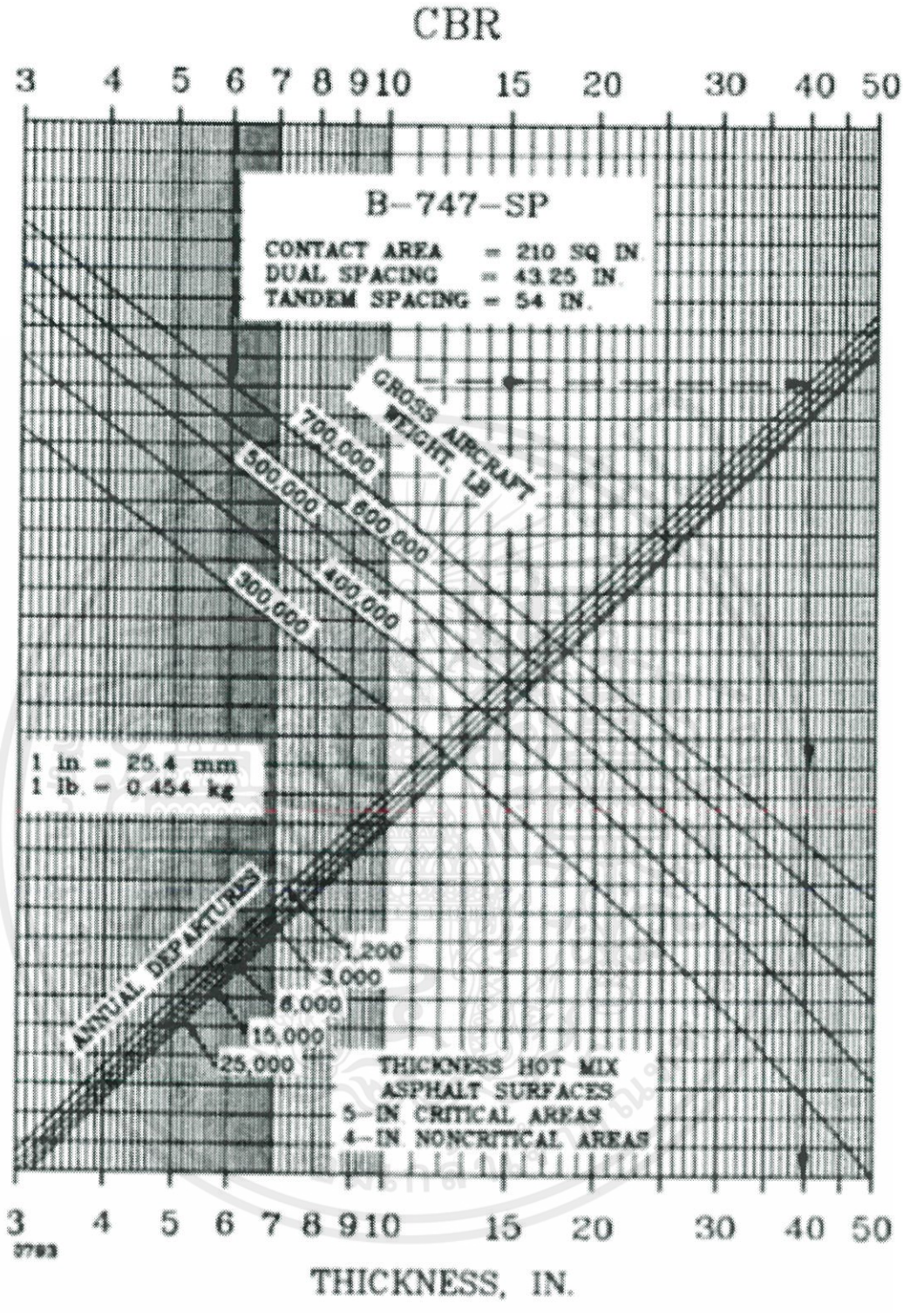
รูปที่ 2.4 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, dual tandem gear (FAA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



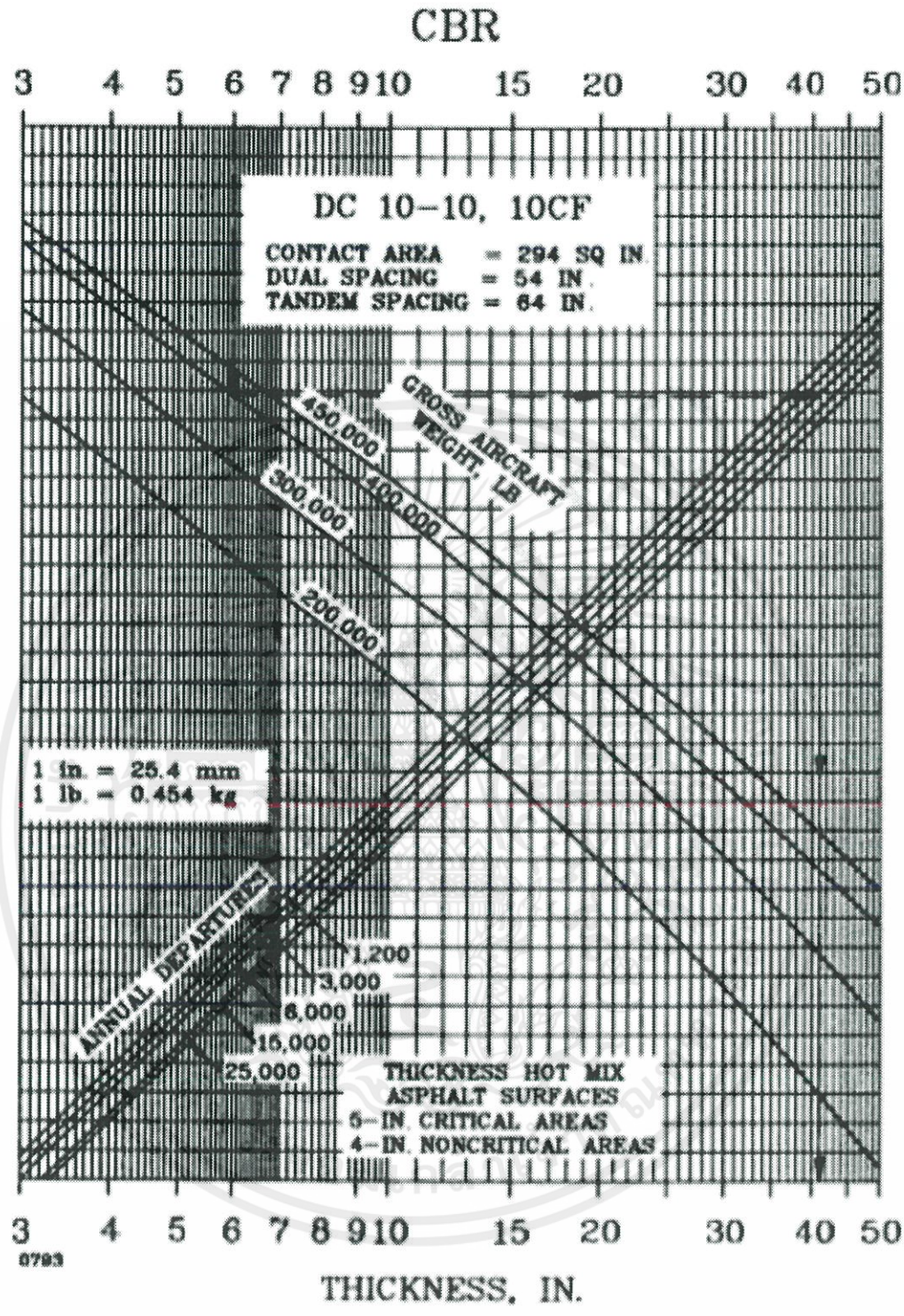
รูปที่ 2.5 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, เครื่องบิน B 747-100, SR, 200 B, C,F (FAA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



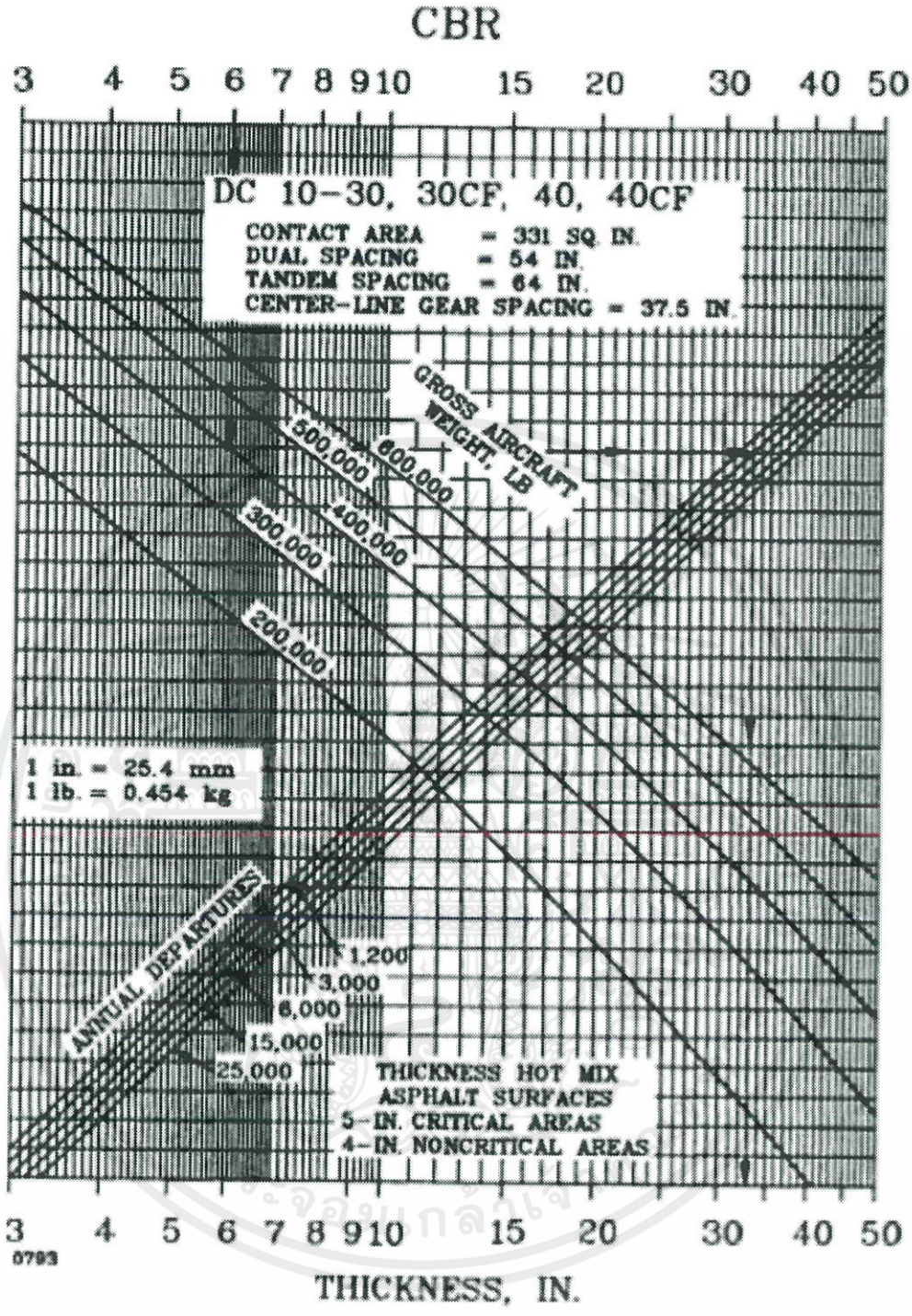
รูปที่ 2.6 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, เครื่องบิน B 747-SP (FAA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



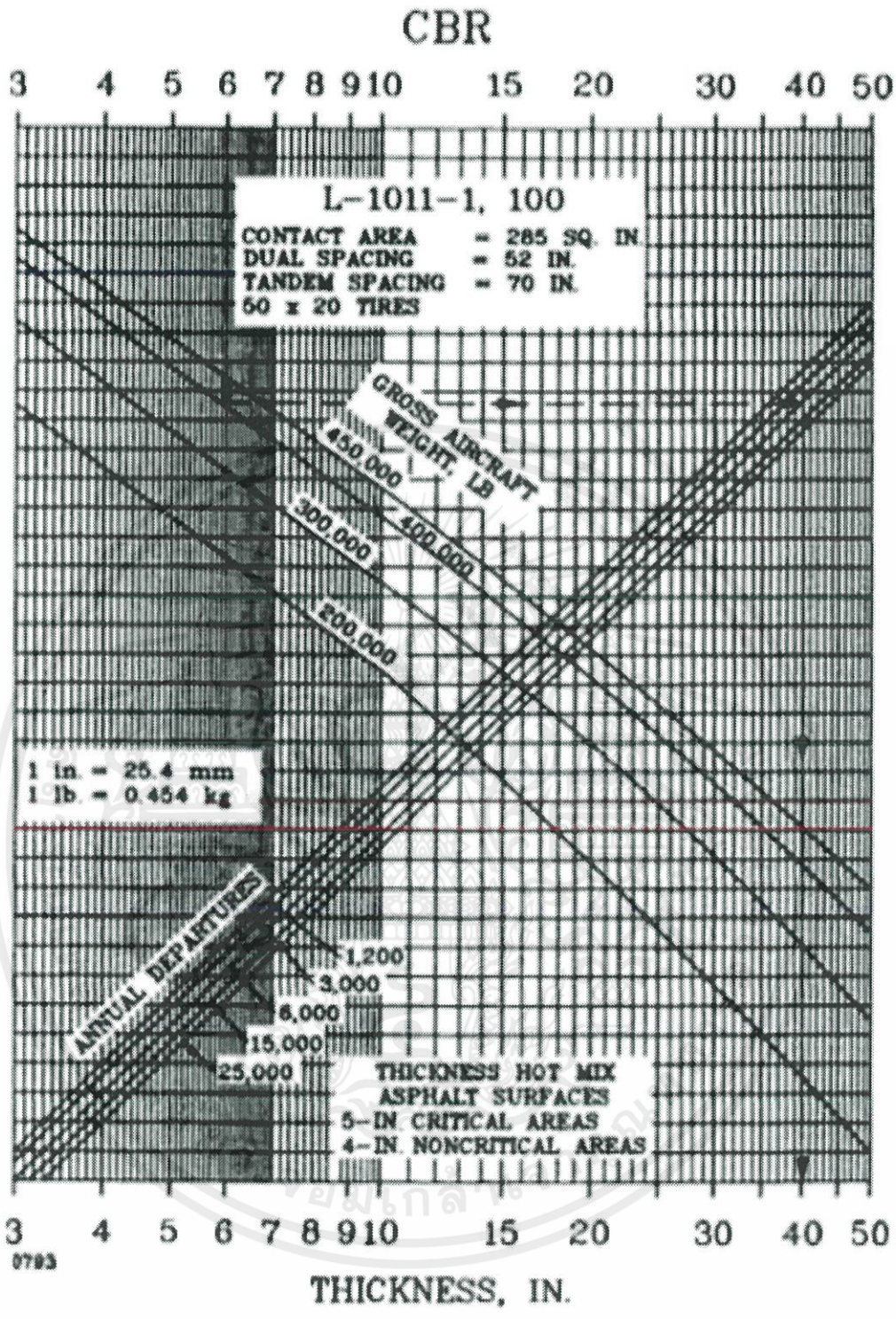
รูปที่ 2.7 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, เครื่องบิน DC 10-10, 10CF (FAA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



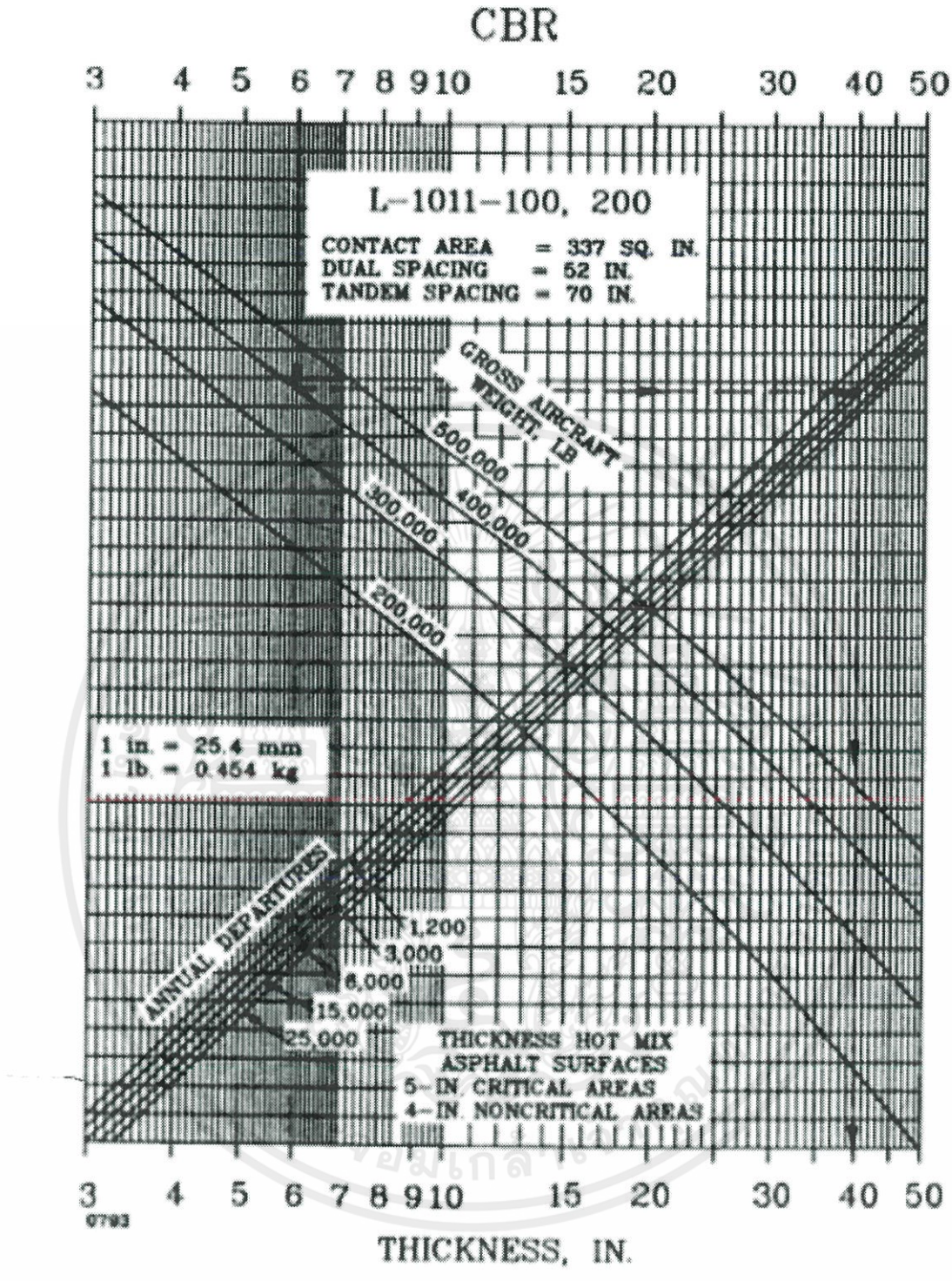
รูปที่ 2.8 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, เครื่องบิน DC 10-30, 30CF, 40, 40CF (FAA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



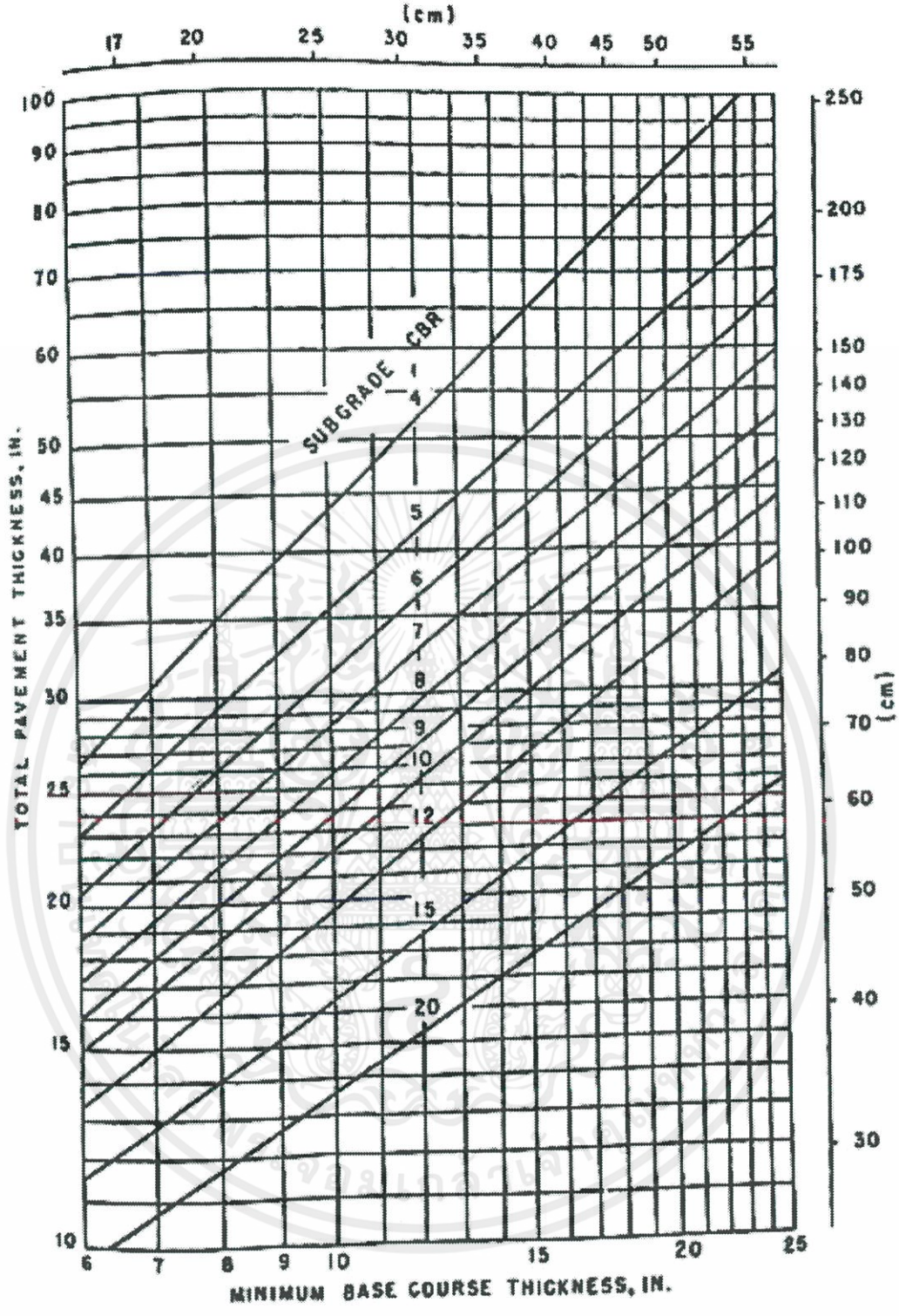
รูปที่ 2.9 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, เครื่องบิน L-1011, 100 (FAA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แผนภูมิใช้ออกแบบทางลาดยาง critical areas, เครื่องบิน L-1011-100, 200 (FAA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แผนภูมิใช้กำหนดความหนาขั้นต่ำของพื้นทางที่ยอมให้ได้ (FAA)

การใช้กราฟเพื่อออกแบบทางผิวทางนั้นจะต้องมีค่า CBR ของชั้นคันทาง,ค่าCBR ของชั้นรองพื้นทาง,น้ำหนักรวมของเครื่องบินบินที่ใช้ออกแบบและอัตราการบินประจำปี ซึ่งกราฟได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ถึง 2.9 ได้แสดงถึงความหนาที่ต้องการและความหนาของชั้นผิวยางมะตอยผสมร้อน ตารางที่ 2.3 ได้แสดงค่าความหนาต่ำสุดของชั้นพื้นทาง เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักที่ใช้ออกแบบ สำหรับอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบินประจำปีที่เกิน 25000นั้น ความหนาจะเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 2.4 และควรเป็นยางมะตอยผสมร้อน ; การเพิ่มความหนาที่เหลือนั้นควรเป็นสัดส่วนกันระหว่างชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง

ตารางที่ 2.3 ความหนาขั้นต่ำของชั้นพื้นทาง

Design Aircraft	Design Load Range		Minimum Base Course Thickness	
	lbs.	(kg)	In.	(mm)
Single Wheel	30,000 - 50,000	(13600 - 22 700)	4	(100)
	50,000 - 75,000	(22700 - 34 000)	6	(150)
Dual Wheel	50,000 - 100,000	(22700 - 45 000)	6	(150)
	100,000- 200,000	(45 000 - 90 700)	8	(200)
Dual Tandem	100,000- 250,000	(45000 - 113 400)	6	(150)
	250,000- 400,000	(113400-181 000)	8	(200)
757 767	200,000- 400,000	(90700 - 181000)	6	(150)
DC-10 L1011	400,000- 600,000	(181 000 - 272000)	8	(200)
B-747	400,000- 600,000	(181 000 - 272000)	6	(150)
	600,000 - 850,000	(272 000 - 385 700)	8	(200)
c-130	75,000 - 125,000	(34 000 - 56 700)	4	(100)
	125,000- 175,000	(56700 - 79 400)	6	(150)

Note: The calculated base course thicknesses should be compared with the minimum base course thicknesses listed above. The greater thickness, calculated or minimum, should be specified in the design section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสนามบินที่มีปริมาณจราจรสูง มีอัตราการบินขึ้นของเครื่องมากเกิน 25000 ครั้ง/ปี จะต้องเพิ่มความหนาของโครงสร้างทางที่คำนวณได้จาก Design Curve ตามตารางที่ 2.4 และคามหนาของผิวทางลาดยางจะต้องเพิ่มอีก 3 ซม.

ตารางที่2.4 เปอร์เซนต์การเพิ่มความหนาในสนามบินที่มีปริมาณจราจรสูง

ปริมาณการบินขึ้น/ปี	%ของความหนาที่เพิ่มขึ้นจากปรมาณการบินขึ้น 25,000 ครั้ง/ปี
50,000	104
100,000	108
150.000	110
200,000	112

การใช้ Stabilized Sub-base และ Base

สนามบินที่ออกแบบให้เครื่องบินหนักมากมาใช้ทางวิ่ง เช่น เครื่องหนักตั้งแต่ 100,000 ปอนด์ (45350 กก.) ขึ้นไป พื้นทางและรองพื้นทางต้องใช้วัสดุที่มีคุณภาพดีมาก เช่น หินคลุก มี CBR 100%(Soaked) ใช้ทำพ้นทางและวัสดุ CBR 35% (Soaked) ทำรองพื้นทาง หรือใช้วัสดุปรับปรุงคุณภาพ (Stabilized Soil) ซึ่งจะช่วยเสริมให้ผิวทางมีความทนทานมากขึ้น นอกจากนี้ FAA กำหนดอัตราส่วนใช้เปรียบเทียบเปลี่ยนความหนาของวัสดุประเภทปรับปรุงคุณภาพกับวัสดุอื่นๆ ตามตารางที่ 2.5 และ 2.6 ความหนาของผิวทางลาดยางอย่างน้อย 10 ซม. เพื่องป้องกันการเสียหายของผิวทางเนื่องจากผลของรอยแตกสะท้อนจากพื้นทาง (Reflection cracking) เนื่องจากการใช้พื้นทางประเภทปรับปรุงคุณภาพ

ตารางที่2.5 แฟกเตอร์ใช้เปรียบเทียบวัสดุปรับปรุงคุณภาพใช้ทำรองพื้นทาง (Stabilized Sub-base)

วัสดุ	แฟกเตอร์ใช้เปรียบเทียบ
Bituminous surface course	1.7-2.3
Bituminous base course	1.7-2.3
Cold laid bituminous base course	1.5-1.7
Mixed in-place base course	1.5-1.7
Cement treated base course	1.6-2.3
Soil cement base course	1.5-2.0
Crushed aggregate base course	1.4-2.0
Gravel sub-base course	1.0

ค่า CBR ของวัสดุรองพื้นทางตามตารมที่ 10.12 นี้ กำหนดให้ประมาณ 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.6 แฟกเตอร์ใช้เปรียบเทียบวัสดุปรับปรุงคุณภาพใช้ทำพื้นทาง (Stabilized base)

วัสดุ	แฟกเตอร์ใช้เปรียบเทียบ
Bituminous surface course	1.2-1.6
Bituminous base course	1.2-1.6
Cold laid bituminous base course	1.0-1.2
Mixed in-place base course	1.0-1.2
Cement treated base course	1.2-1.6
Soil cement base course	N/A
Crushed aggregate base course	1.0
Gravel sub-base course	N/A

ค่า CBR ของพื้นทางตามตารมที่ 10.13 นี้ กำหนดให้ประมาณ 80%

2.4 ข้อกำหนดการออกแบบทางด้านวิศวกรรมท่าอากาศยาน

2.4.1ข้อกำหนดและแนวทางการออกแบบทางด้านวิศวกรรมท่าอากาศยาน

ข้อกำหนดในการออกแบบทางวิ่งของท่าอากาศยานฯ ให้รองรับอากาศยานใน Aerodrome Reference Code 2 แบบ Non-Precision Approach Runway และ Aerodrome Reference Code 3 แบบ Non-Instrument Runway ลานจอดเครื่องบินสามารถจอด เครื่องบินขนาดไม่เกิน 80 ที่นั่งไม่น้อยกว่า 2 ลำ พร้อมด้วยที่จอดเฮลิคอปเตอร์ แบบ 212/UHINอีก 2 ลำได้พร้อมในเวลาเดียวกัน

แนวทางการออกแบบรายละเอียดทางด้านวิศวกรรมท่าอากาศยาน อ้างอิงตามมาตรฐานขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization: ICAO) ตาม Annex 14 เพื่อศึกษาเกณฑ์และข้อกำหนดต่างๆ แล้วนำมาออกแบบลักษณะทาง กายภาพของท่าอากาศยาน ให้ได้ตามข้อกำหนด Aerodrome Reference Code และ Class of Runway

2.4.2 การจำแนกประเภทกายภาพของท่าอากาศยานตาม Aerodrome Reference Code ตาม ICAO

การกำหนด Aerodrome Reference Code ตามมาตรฐาน ICAO ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนประกอบคือ Code element 1 ใช้ความยาวทางวิ่งที่มีระยะทางมากที่สุดของ เครื่องบินที่ จะทำการบินขึ้นจากท่าอากาศยานเป็นตัวกำหนด Code number และ Code element 2 ใช้ ขนาดของเครื่องบินที่มีขนาดWing span และOuter main gear wheel span ใหญ่ที่สุดที่จะ ทำการขึ้น-ลง ที่ท่าอากาศยานเป็นตัวกำหนด Code letter แสดงดังตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 Aerodrome reference code ตามมาตรฐาน ICAO

Code element 1		Code element 2		
Code number (1)	Aeroplane reference field length (2)	Code Letter (3)	Wing span (4)	Outer main gear wheel span (5)
1	Less than 800 m	A	Up to but not Including 15 m	Up to but not Including 4.5 m
2	800 m up to but not Including 1200 m	B	15 m up to but not including 24 m	4.5 m up to but not including 6 m
3	1200 m up to but not Including 1800 m	C	24 m up to but not including 36 m	6 m up to but not including 9 m
4	1800 m and over	D	36 m up to but not including 52 m	9 m up to but not including 14 m
		E	52 m up to but not including 65 m	9 m up to but not including 14 m
		F	6 m up to but not including 9 m	

ที่มา : International Standards and Recommended Practices Aerodrome; Annex 14

2.4.3 การจำแนกประเภทท่าอากาศยาน Class of Runway ตาม ICAO

การกำหนด Class of Runway ตามมาตรฐานของ ICAO ใน Annex 14 ได้กำหนดชั้นของสนามบิน ซึ่งจะสัมพันธ์กับระบบเครื่องวิทยุช่วยการเดินอากาศ และเครื่องช่วยการมองเห็น ของนักบิน ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่

Runway Visual Range (RVR) คือระยะทางซึ่งนักบินที่อยู่บนเครื่องบินที่อยู่แนวกึ่งกลางของ ทางวิ่ง สามารถมองเห็นสัญลักษณ์บนพื้นทางวิ่ง หรือ มองเห็นแสงไฟบนทางวิ่ง หรือ สามารถกำหนดแนวกึ่งกลางทางวิ่งได้

Decision Height คือ ความสูงที่นักบินต้องตัดสินใจ ระหว่างการนำเครื่องบินร่อนลงสู่สนามบิน หรือ ยกเลิกการนำเครื่องบินร่อนลงสู่สนามบิน โดย Class of Runway ตามมาตรฐาน ICAO แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

(1) **Non-Instrument Runway** หมายถึง ทางวิ่งของสนามบินที่จัดไว้สำหรับการบินที่ลงสู่สนามบินด้วยสายตา

(2) **Instrument Runway** หมายถึง ทางวิ่งของสนามบินที่จัดไว้สำหรับการบินที่ใช้การลงสู่สนามบินด้วยเครื่องวัด ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

- **Non-Precision Approach Runway** หมายถึง ทางวิ่งของสนามบินที่จัดให้มี เครื่องช่วยในการมองเห็น หรืออุปกรณ์ที่สามารถบอกทิศทางในการนำเครื่องบินลงสู่ สนามได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Precision Approach Runway Category I** หมายถึง ทางวิ่งของสนามบินที่มีระบบเครื่องช่วยการเดินอากาศ ILS หรือ MLS และเครื่องช่วยในการมองเห็นของนักบิน เพื่อให้การนำเครื่องบินลงสู่สนามบิน โดยมีDecision Height ถึง 60 เมตร การ มองเห็นได้ไม่น้อยกว่า 800 เมตร หรือ RVR ไม่น้อยกว่า 550 เมตร

- **Precision Approach Runway Category II** หมายถึง ทางวิ่งของสนามบินที่มีระบบเครื่องช่วยการเดินอากาศ ILS หรือ MLS และเครื่องช่วยในการมองเห็นของนักบิน เพื่อให้การนำเครื่องบินลงสู่สนามบิน โดยมี Decision Height ต่ำกว่า 60 เมตร แต่ไม่ น้อยกว่า 30 เมตร RVR ไม่น้อยกว่า 350 เมตร

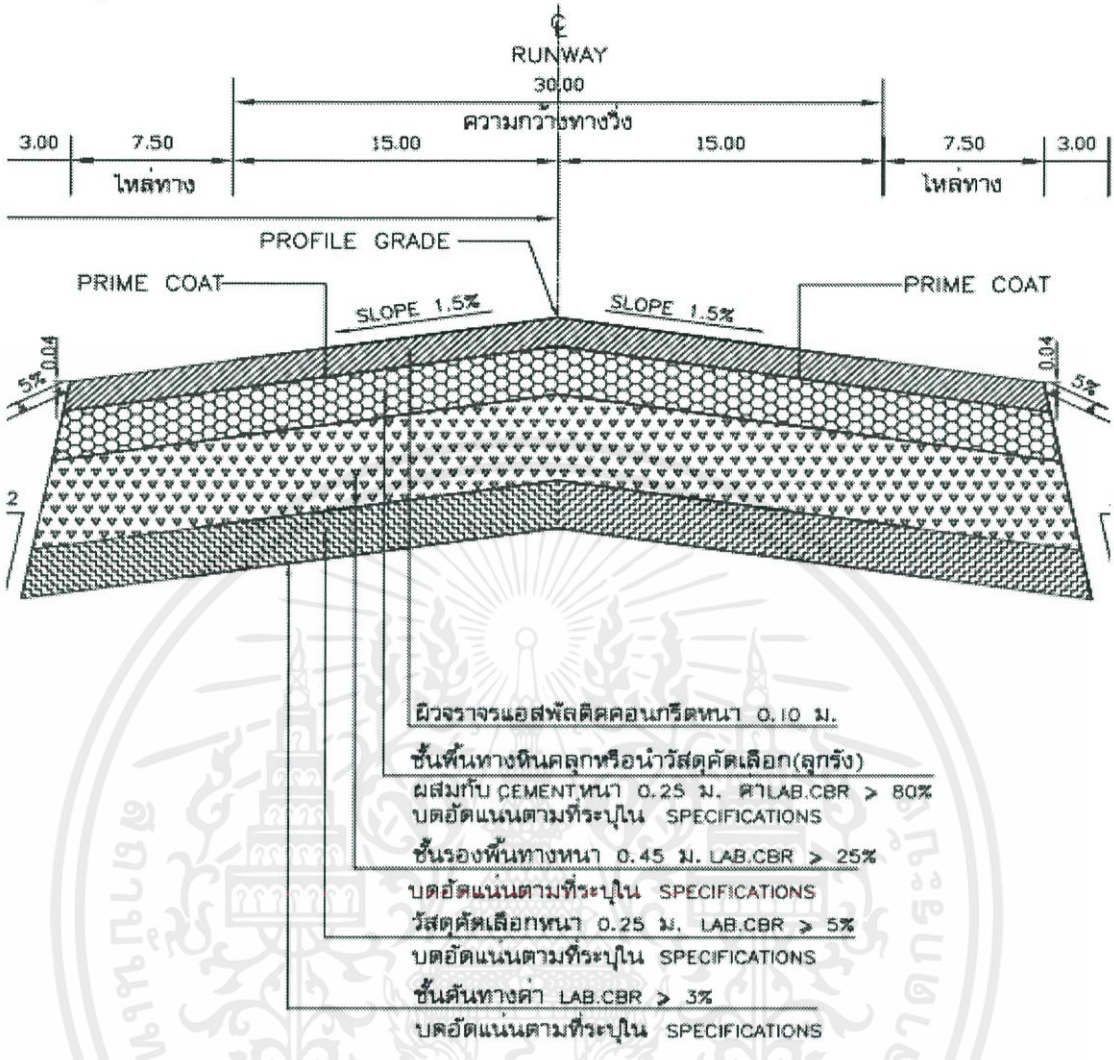
- **Precision Approach Runway Category III** หมายถึง ทางวิ่งที่มีระบบเครื่องช่วย การเดินอากาศ ILS หรือ MLS และเครื่องช่วยในการมองเห็นของนักบิน เพื่อให้การนำ เครื่องลงสู่สนาม โดยแบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

* Category III A สำหรับ Decision Height ต่ำกว่า 30 เมตรจนถึง 0 เมตร และ RVR ไม่น้อยกว่า 200 เมตร

* Category III B สำหรับ Decision Height ต่ำกว่า 15 เมตรจนถึง 0 เมตร และ RVR น้อยกว่า 200 เมตรแต่ไม่น้อยกว่า 50 เมตร Category III C โดยไม่มี Decision Height หรือเท่ากับ 0 เมตร และ RVR เท่ากับ 0 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ข้อมูลเบื่องต้นของสนามบินเบตง



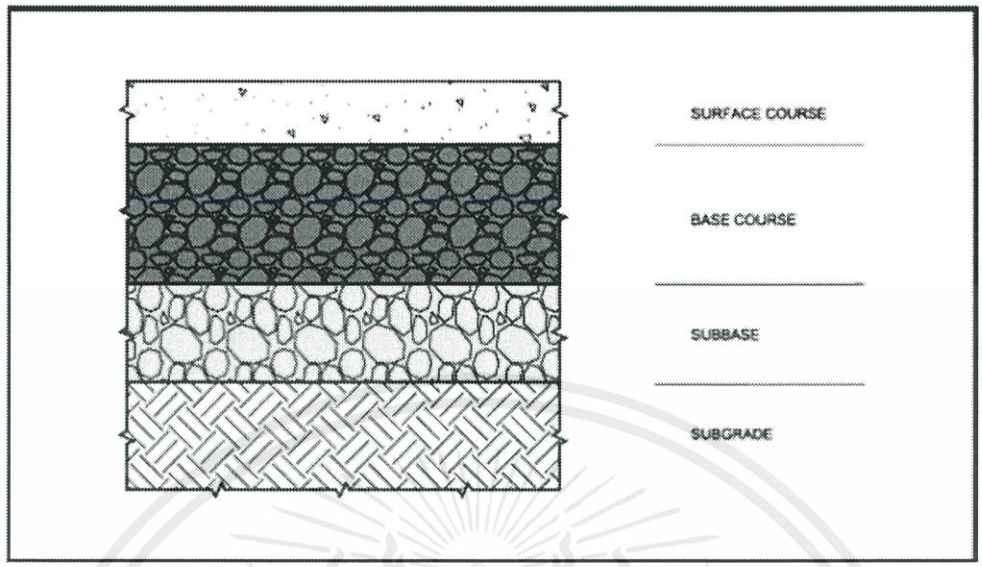
รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างชั้นทางทางวิ่ง (Runway)

ข้อมูลเบื่องต้นที่ใช้ในการออกแบบสนามบินโดยใช้วิธีการออกแบบ FAA Method ในการออกแบบสนามบินที่ขณะผู้จัดทำโครงงานได้ออกแบบ โดยดีรับข้อมูลจาก บริษัทกรุงเทพ เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN (การออกแบบพื้นผิวที่มีความยืดหยุ่น)

Typical Flexible Pavement ชนิดของโครงสร้างถนน



รูปที่ 2.13 ชั้นโครงสร้างของการออกแบบ

จากรูปที่ 2.13 เป็นชั้นโครงสร้างของถนนซึ่งประกอบด้วย ชั้นผิวทาง ชั้นพื้นทาง ชั้นรองพื้นทาง และชั้นดินเดิมแต่ในการออกแบบทางวิ่งของสนาบินจะมีความคล้ายกับการออกแบบถนน แต่ชั้นโครงสร้างจะมีจะชั้นรองพื้นทาง 2 ถึง 3ชั้น ขึ้นอยู่กับขนาดของสนามบินและสภาพแวดล้อมต่างๆ และการออกแบบทางวิ่งสนามบินสามารถปรับปรุงชั้นโครงสร้างเพื่อให้ได้ทางวิ่งที่เหมาะสมกับการใช้งานรวมไปถึงราคาที่ใช้ในการก่อสร้างทางวิ่งที่เหมาะสมด้วยและจากตารางที่ 2.8 เป็นตารางแสดงชนิดของชั้นโครงสร้าง แต่สำหรับชนิดของชั้นโครงสร้างบางชนิดอาจไม่มีและไม่ใช้ในประเทศไทย

ตารางที่2.8 ชนิดของขั้นโครงสร้างที่สามารปรับปรุงชั้นโครงสร้าง

Surface	BASE	SUBBASE	SUBGRADE
P-401	P-209	P-154	P-152
P-403	P-208	P-210	P-155*
	P-211	P-212	P-157*
	P-304*	P-213	P-158*
	P-306*	P-301*	
	P-401*	P-304*	
	P-403*		

* Chemically Stabilized Materials

จากตารางที่ 2.8 เป็นตารางที่แสดงถึงชนิดของชั้นโครงสร้างแต่ละชั้นที่สามารถปรับปรุงชั้นโครงสร้างให้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ซึ่งแต่ละชั้นโครงสร้างก็จะมีการปรับปรุงด้วยวิธีการและการเรียกชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่แตกต่างกัน โดยสามารถเรียกได้ด้วย ชนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งกำกับด้วยตัวเลข ของแต่ละชนิด ดังต่อไปนี้

(1) Item P-208 - Aggregate Base Course

(2) Item P-209 - Crushed Aggregate Base Course

(3) Item P-211 - Lime Rock Base Course

(4) Item P-304 - Cement Treated Base Course

(5) Item P-306 - Econocrete Subbase Course

(6) Item P-401 - Plant Mix Bituminous Pavements

(7) Item P-154 - Subbase Course

(8) Item P-210 - Caliche Base Course

(9) Item P-212 - Shell Base Course

(10) Item P-213 - Sand Clay Base Course

(11) Item P-301 - Soil Cement Base Course

ซึ่งวัสดุปรับปรุงคุณภาพเหล่านี้ มีอยู่ในประเทศไทยเพียงแค่บางชนิด ในการศึกษาการออกแบบทางวิ่งของสนามบินจึงเลือกใช้เพียงวัสดุที่มีอยู่ในประเทศไทย นั่นคือ P-208 - Aggregate Base Course เป็นหินคลุกที่ผ่านการบดอัดจากโรงโม่หิน และเป็นหินคลุกที่มีคุณภาพเกรดต่ำแต่ราคาถูก, P-209 - Crushed Aggregate Base Course หินคลุกที่ผ่านกระบวนการบดอัดจากโรงโม่หิน เพื่อให้ได้หินคลุกที่มีคุณภาพและรูปร่างที่ดีกว่า แต่มีราคาที่แพงกว่า, P-301 - Soil Cement Base Course ส่วนผสมระหว่างดินลูกรังผสมซีเมนต์ และ P-304 - Cement Treated Base Course ส่วนผสมระหว่างหินคลุกผสมซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการโครงงาน

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบรันเวย์สนามบินที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบมูลค่าการก่อสร้าง (Optimization of runway designs by comparing construction cost in Thailand) มีขั้นตอนการดำเนินการโครงงานดังต่อไปนี้

1. กำหนดหัวข้อการทำโครงงานโดยการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำโครงงาน
3. ปรึกษาข้อมูลที่สำคัญที่ใช้ในการทำโครงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา
4. ทำเรื่องขอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทางบริษัทที่ทำการออกแบบ
5. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. รวบรวมข้อมูล
7. วิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบ Model โดยใช้ Excel Airfield Flexible Pavement Design
8. ประมวลผลจากการออกแบบ
9. วิเคราะห์ความเครียดที่เกิดขึ้นจาก KENPAVE
10. การสรุปผลจากการออกแบบ

3.2 กำหนดหัวข้อการทำโครงงานโดยการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

การกำหนดหัวข้อของโครงงานที่คณะผู้จัดทำได้ทำนั้น คณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าการขนส่งทางอากาศนั้นมีความสำคัญและกำลังเติบโตอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ส่งผลทำให้เกิดการพัฒนาในหลายๆด้านไม่ว่าจะเป็นด้านการคมนาคม ด้านเศรษฐกิจและการท่องเที่ยว ทั้งนี้ได้เล็งเห็นว่าสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาและพัฒนานั้นคือเรื่องของรันเวย์สนามบิน ที่จะต้องใช้ความรู้ทางวิศวกรรม เพื่อออกแบบให้รองรับการแลนดิ้งของเครื่องบินให้ปลอดภัย และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำโครงงาน

การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงาน เป็นขั้นตอนในการกำหนดเป้าหมายและกรอบความคิดของการวิจัย เพื่อทำให้เกิดแนวทางในการหาคำตอบให้ครบตรงตามวัตถุประสงค์ได้

3.4 ปรึกษาข้อมูลที่สำคัญที่ใช้ในการทำโครงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา

เมื่อได้ทำการกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำโครงงานแล้ว ก็เป็นขั้นตอนของการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อกำหนดแนวทางที่ชัดเจน ในการดำเนินงาน และรายละเอียดของการดำเนินงานต่างๆ รวมถึงปรึกษาข้อมูลต่างๆที่ต้องใช้ในการดำเนินงาน

3.5 ทำเรื่องขอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทางบริษัทที่ทำการออกแบบ

การขอข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับการทำจัดทำโครงงานทางคณะผู้จัดทำได้ปรึกษากับทาง บริษัท กรุงเทพเอนยิเนียริ่งคอนซัลแตนท์ จำกัด เนื่องจากทางบริษัทได้มีส่วนร่วมในการดำเนินงานก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รันเวย์ของสนามบินเตง จังหวัดยะลา ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้มีความประสงค์ที่จะศึกษาจากสนามบินเบตง เป็นสนามบินต้นแบบ และใช้เปรียบเทียบกับผลการออกแบบ

3.6 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นขั้นตอนในการพิจารณาเลือกหลักทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานและเป็นแหล่งอ้างอิงสำหรับข้อมูลที่นำมาใช้ในการทำโครงงาน เพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจ ให้ทางคณะผู้จัดทำได้ดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วง

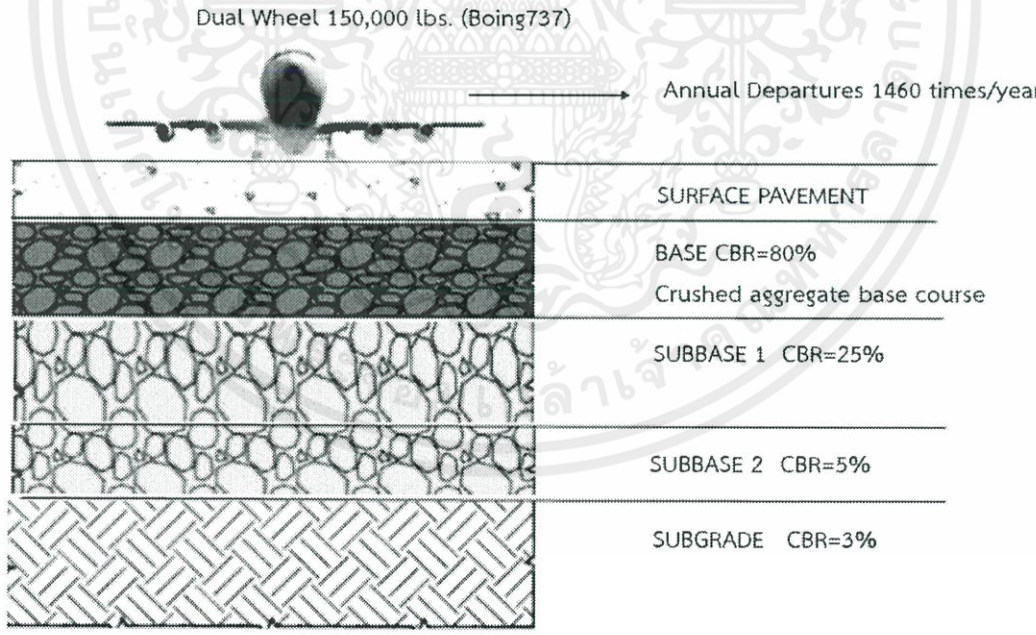
3.7 รวบรวมข้อมูล

เมื่อได้ศึกษาทฤษฎีแล้ว ก็ทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ต้องใช้ ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ และทฤษฎีที่ต้องใช้ เพื่อใช้ในขั้นตอนการดำเนินงานต่อไป

3.8 วิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบ Model โดยใช้ Excel Airfield Flexible Pavement Design

จากการรวบรวมข้อมูลต่างๆที่ต้องใช้ในการอออกแบบโมเดล ในขั้นตอนต่อไป จะเป็นการนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความหนาของสนามบินที่ได้ทำการออกแบบและดำเนินการออกแบบตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการจะศึกษา โดยใช้โปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design เพื่อหาความหนาของแต่ละชั้นของชั้นโครงสร้างและความหนาทั้งหมด

- **ตัวอย่างการออกแบบชั้นโครงสร้างทางวิ่งสนามบิน Model 1 ดังรูปที่ 3.1**



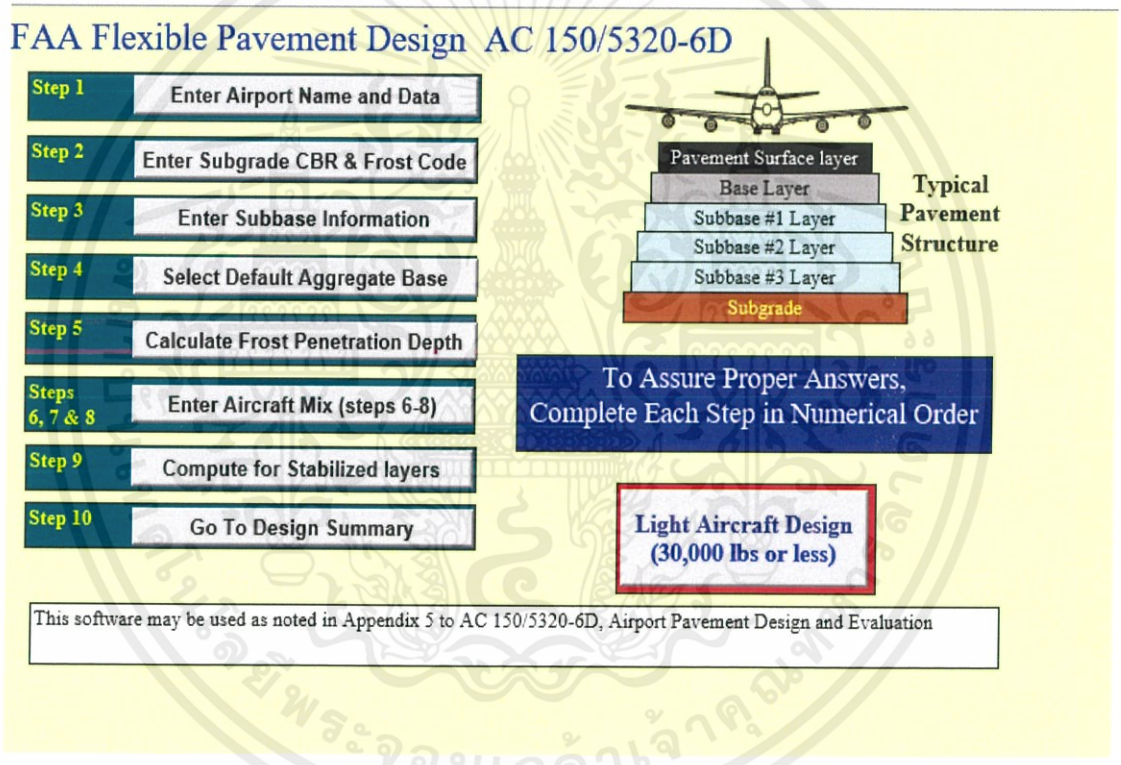
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 1

การออกแบบทางวิ่งสนามบิน model 1 จากการนำข้อมูลที่ได้มา ทำการออกแบบโมเดลเพื่อหาความหนาของชั้นโครงสร้างแต่ละชั้นรวมไปถึงหาความหนาทั้งหมดของชั้นโครงร้างที่ออกแบบโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามบินโมเดลนี้มีการปรับปรุงคุณภาพของชั้นดิน ชั้น Sub-Basa1 โดยใช้ดิน P-301 Soil cement base course เป็นส่วนผสมระหว่างดินลูกรังผสมซีเมนต์ และใช้หินคลุกเป็นชั้น Baseโดยใช้หินคลุกชนิด Crushed Aggregate base courseทางวิ่ง ซึ่งเป็นหินคลุกที่ผ่านกระบวนการบดอัดจากโรงโม่หิน เพื่อให้ได้หินคลุกที่มีคุณภาพและรูปร่างที่ดีกว่า ซึ่งในการออกแบบใช้เครื่องบิน ชนิด boing737 และใช้อัตราการขึ้นลงต่อปี 1460 ครั้ง/ปี และใช้ค่า CBR แต่ละชั้นดังแสดงในรูปที่ 3.1 เมื่อนำข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบลงในโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design ดังแสดงในรูปที่ 3.2 เพื่อวิเคราะห์ความหนาของชั้นโครงสร้างแต่ละชั้นและความหนาทั้งหมดของทางวิ่งสนามบินที่ทำการออกแบบ

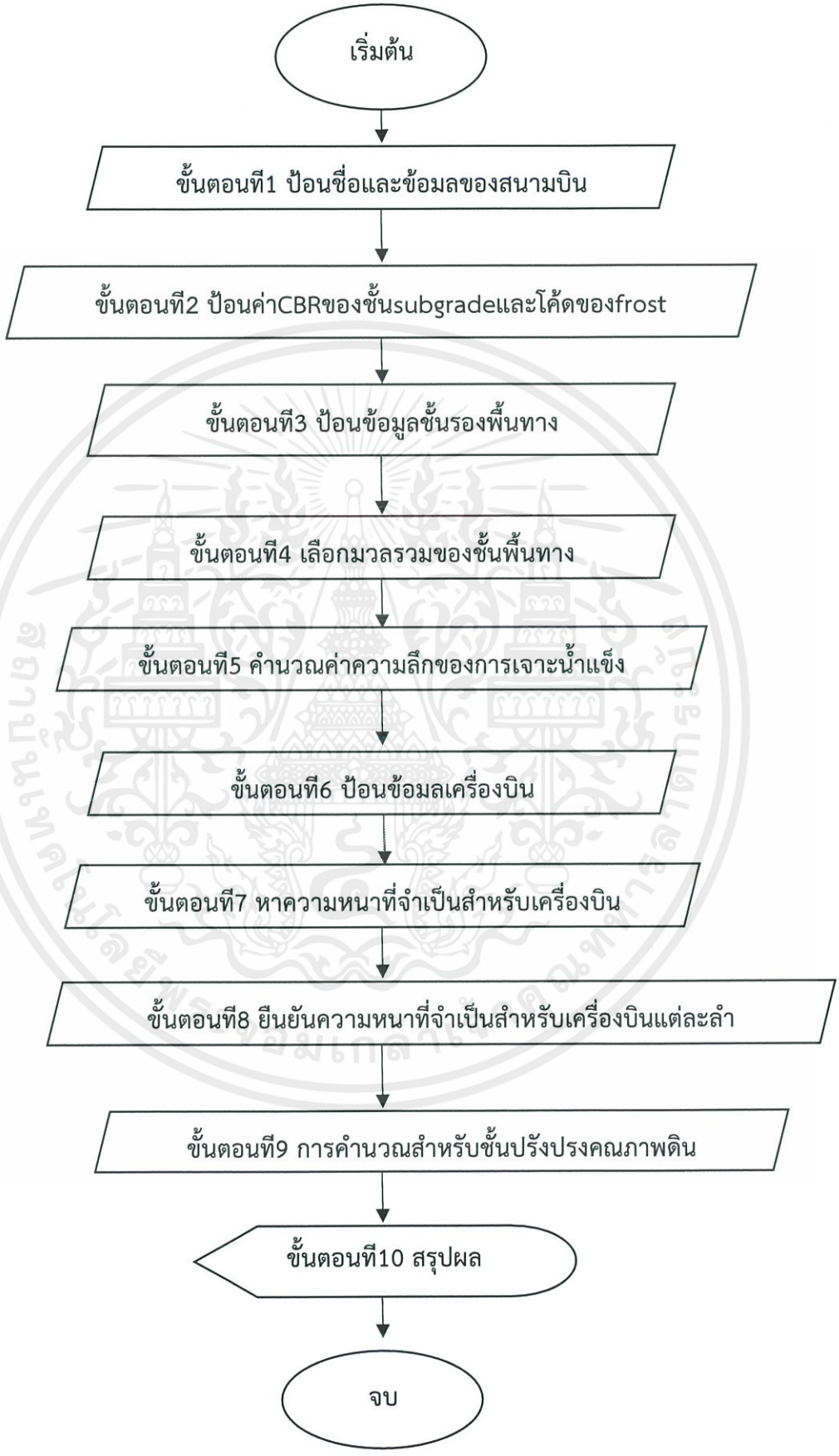
จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งต่างๆ การออกแบบรันเวย์สนามบินที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบมูลค่าการก่อสร้างทางขณะผู้จัดทำจะทำการออกแบบและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้โปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการออกแบบทางวิ่งด้วยวิธีFAAโดยใช้โปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design

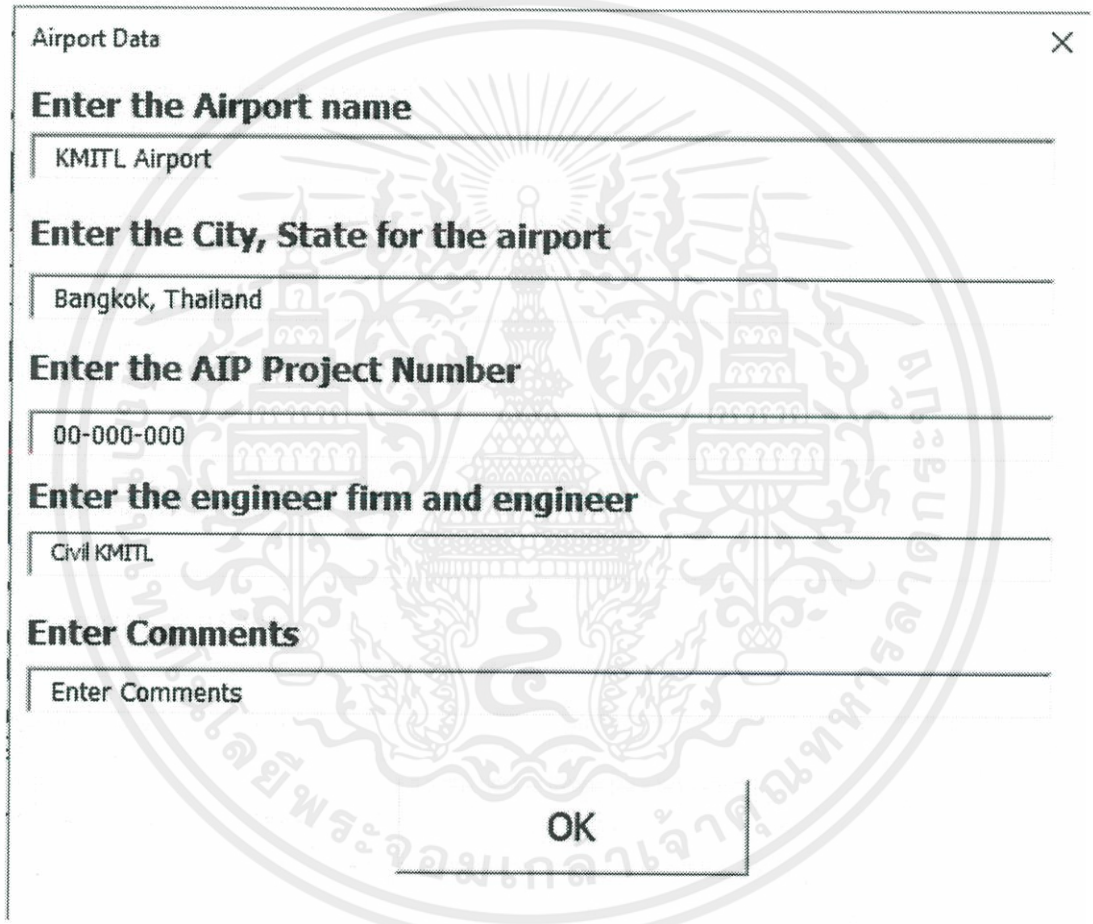


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะใช้ข้อมูลของโมเดลที่ 1 ในการแสดงตัวอย่าง ของการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบโมเดล

3.8.1 ป้อนชื่อและข้อมูลของสนามบิน

- ป้อนชื่อสนามบิน : KMITL Airport
- ป้อนชื่อเมืองและประเทศ : Bangkok, Thailand
- ป้อนหมายเลข AIP Project : 00-000-000
- ป้อนชื่อวิศวกร : Civil Kmitl
- อื่น : ไม่มี

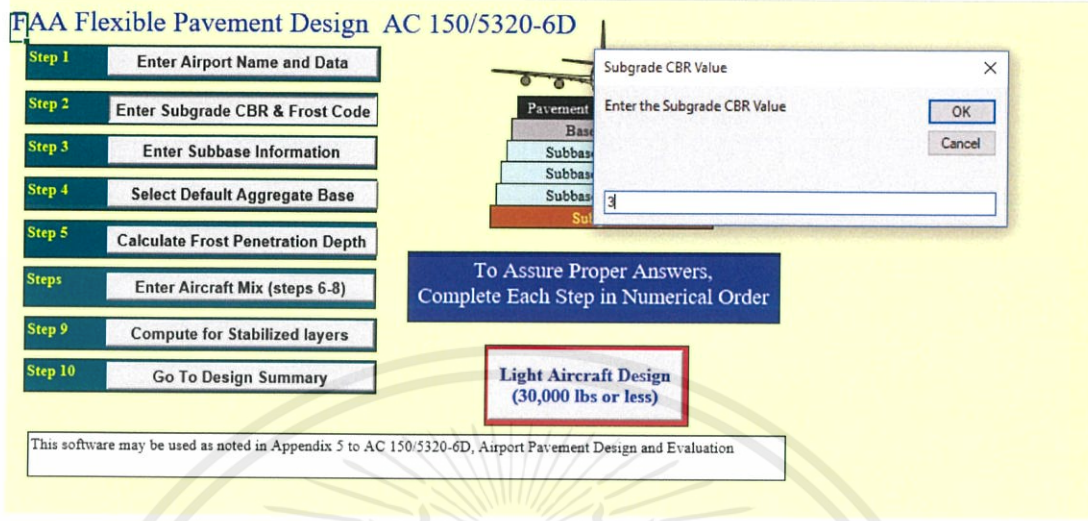


รูปที่ 3.3 ข้อมูลของสนามบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

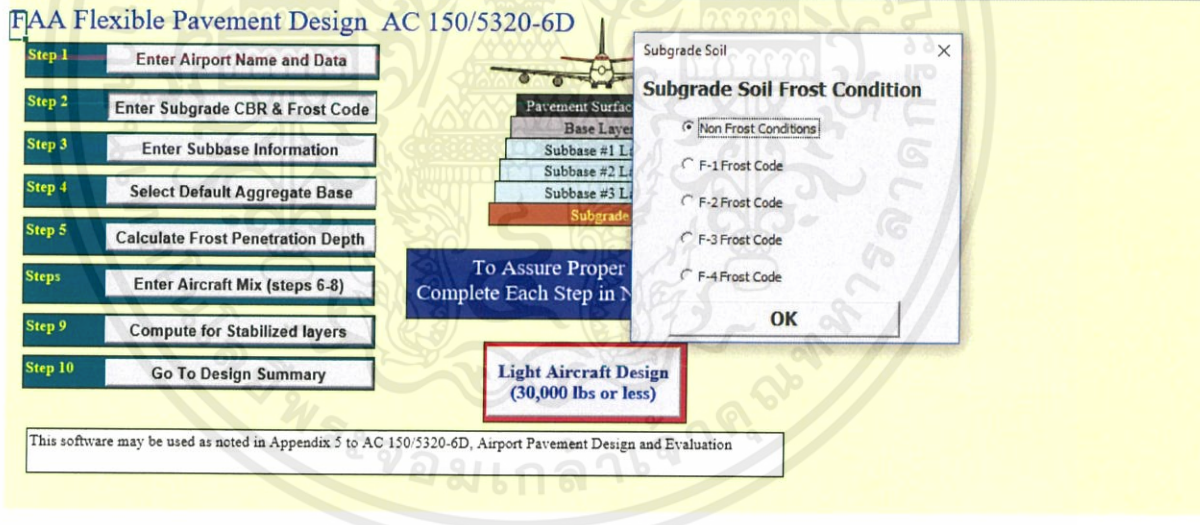
3.8.2 ป้อนค่าCBRของชั้นsubgradeและโค้ดของfrost

- ป้อนค่าCBR ของชั้นคันทาง ซึ่งเท่ากับ 3%



รูปที่ 3.4 ค่าCBR ของชั้นคันทาง

- เลือกโค้ดของค่าน้ำแข็ง ซึ่งไม่มีการเกิดน้ำแข็ง

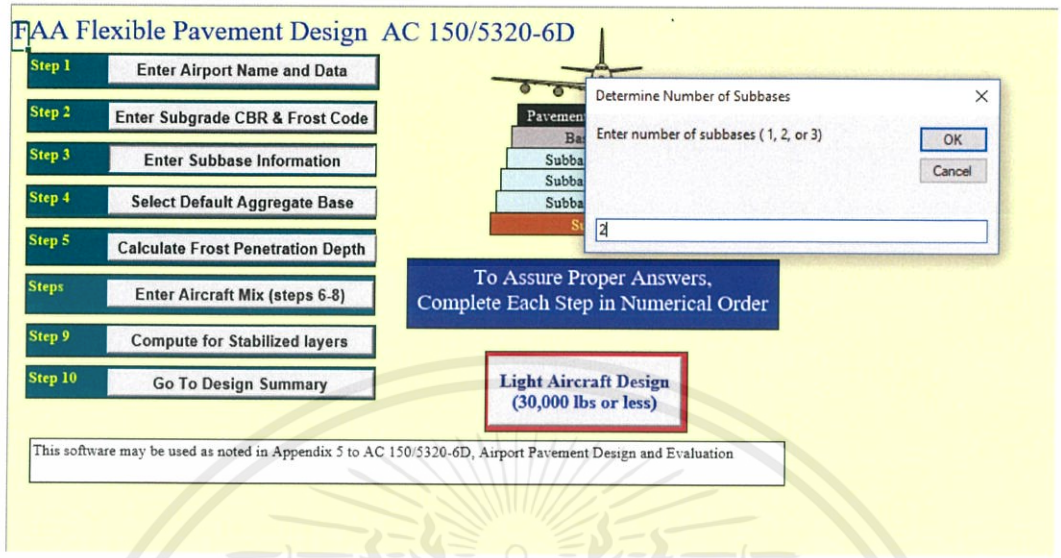


รูปที่ 3.5 ค่าน้ำแข็งของชั้นคันทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

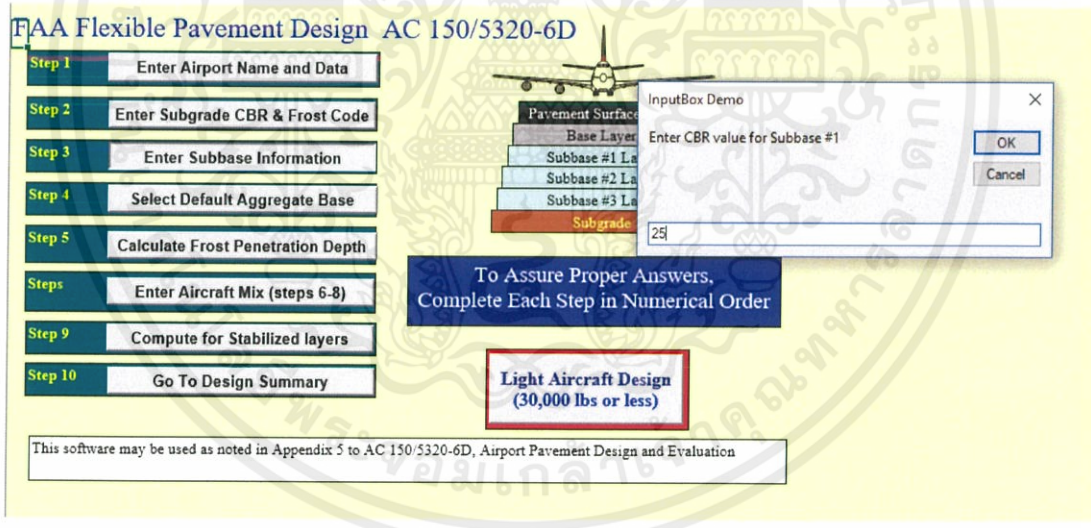
3.8.3 ป้อนข้อมูลชั้นรองพื้นทาง

- ป้อนจำนวนชั้นของชั้นรองพื้นทาง คือ 2ชั้น



รูปที่ 3.6 จำนวนของชั้นรองพื้นทาง

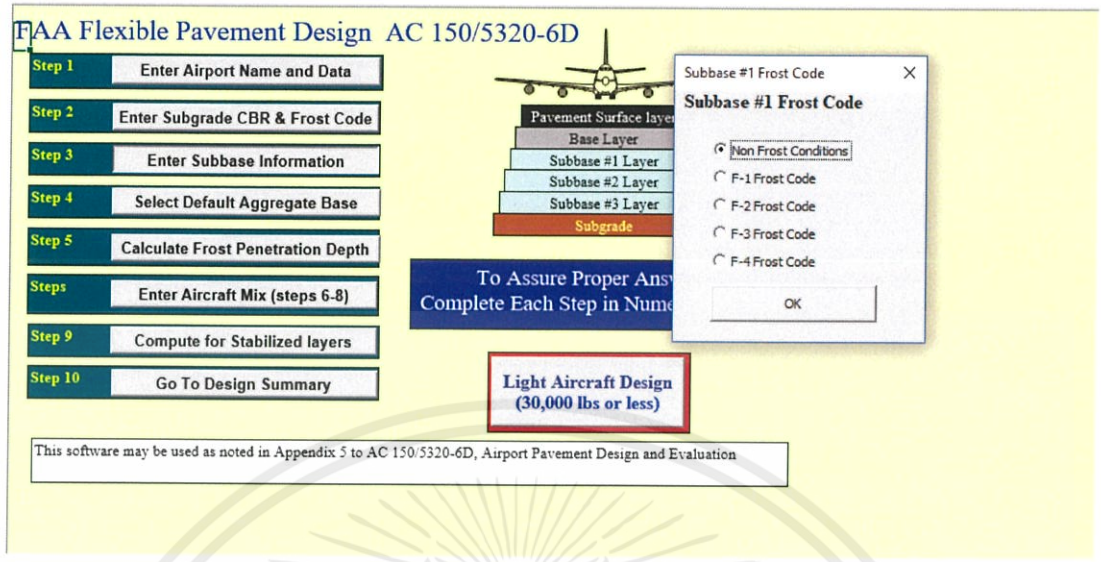
- ป้อนค่าCBR ของชั้น รองพื้นทาง#1 เท่ากับ 25%



รูปที่ 3.7 ค่าCBRของชั้นรองพื้นทาง#1

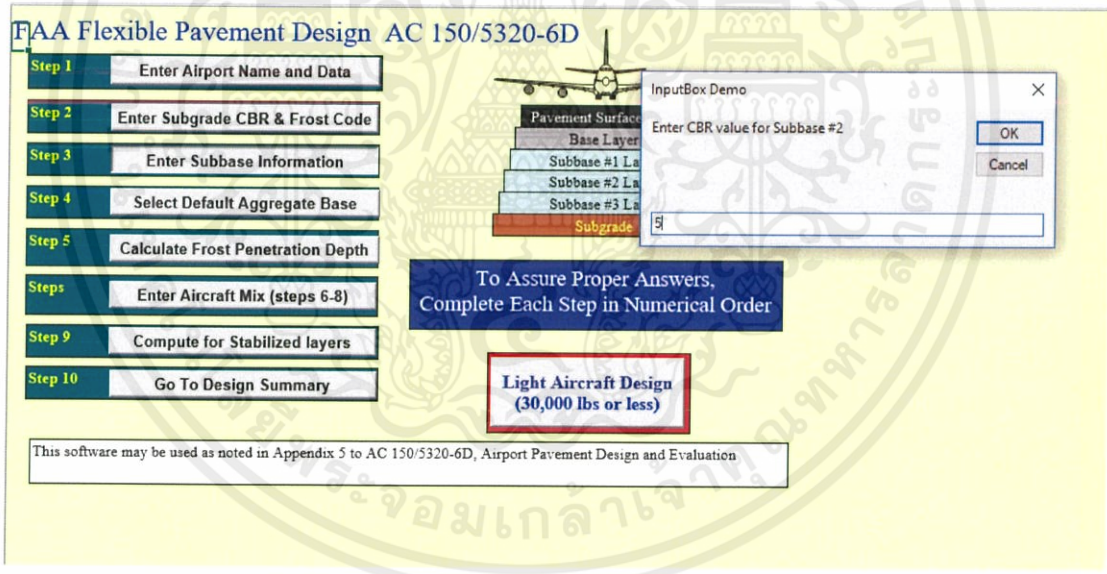
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกโค้ดน้ำแข็งของชั้นรองพื้นทาง#1 ซึ่งไม่มี



รูปที่ 3.8 ค่าน้ำแข็งของชั้นรองพื้นทาง#1

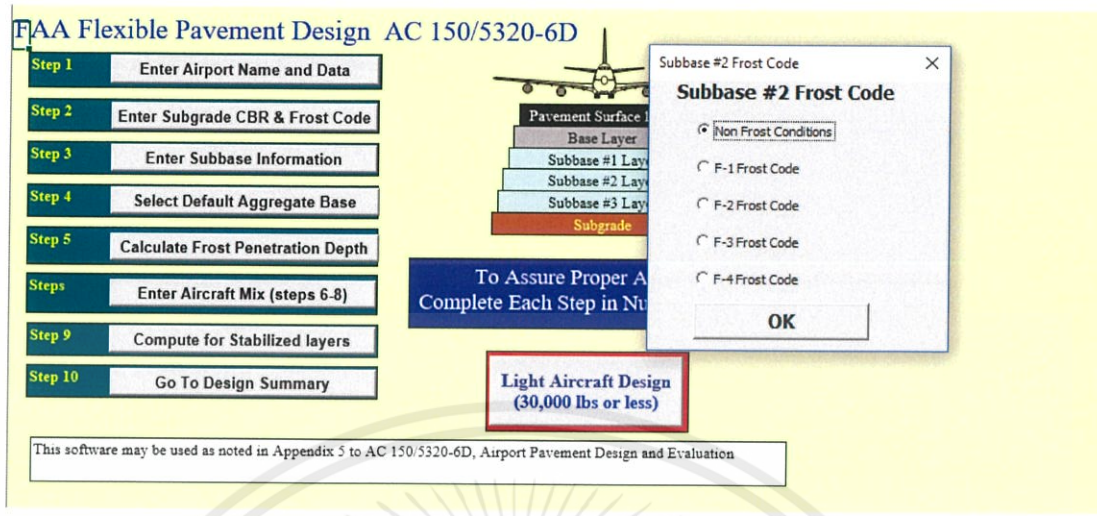
- ป้อนค่าCBR ของชั้นรองพื้นทาง#2 เท่ากับ 5%



รูปที่ 3.9 ค่าCBRของชั้นรองพื้นทาง#2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

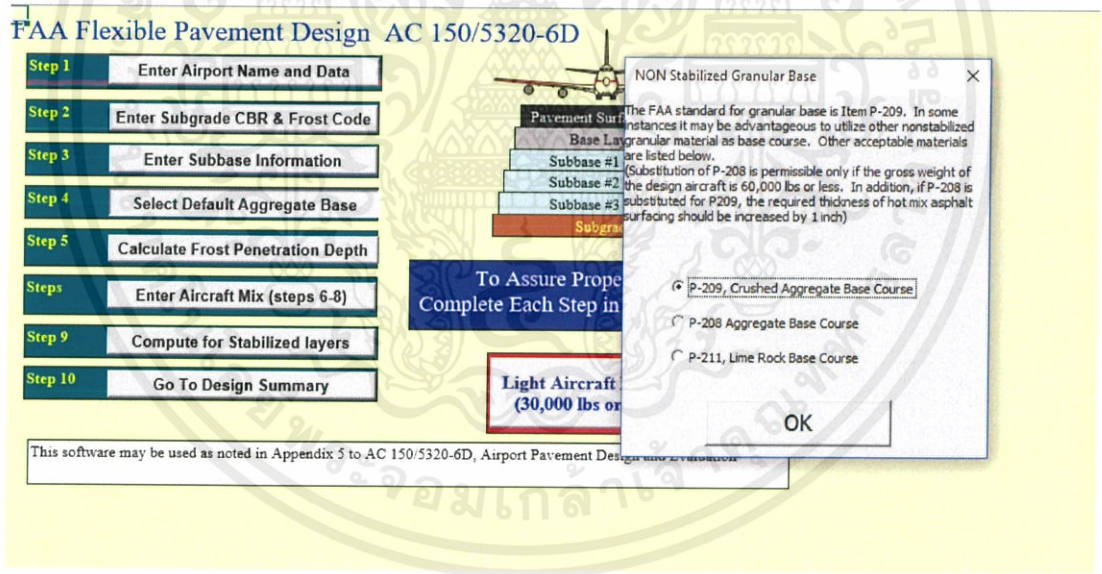
- เลือกโค้ดน้ำแข็งของชั้นรองพื้นทาง#2 ซึ่งไม่มี



รูปที่ 3.10 ค่าน้ำแข็งของชั้นรองพื้นทาง#2

3.8.4 เลือกมวลรวมของชั้นพื้นทาง

- เลือกเป็นมวลรวมบดอัด P-209

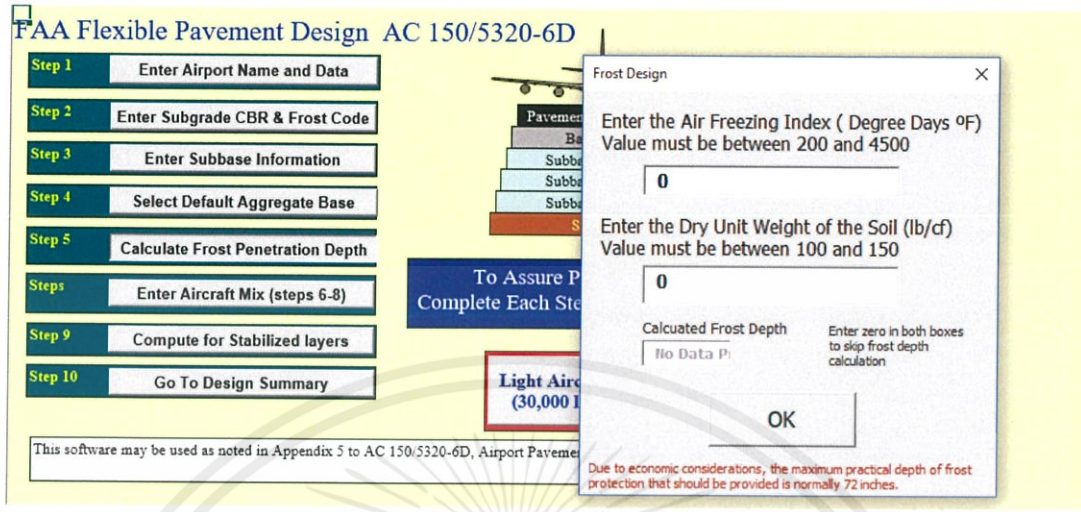


รูปที่ 3.11 การปรับปรุงคุณภาพชั้นพื้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.5 คำนวณค่าความลึกของการเจาะน้ำแข็ง

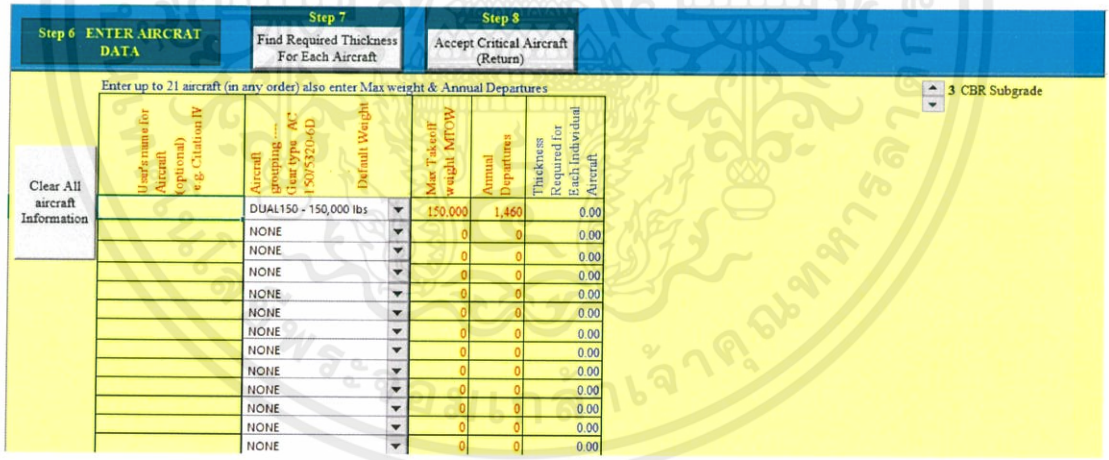
- ป้อนค่า 0 ทั้งสองช่องเพื่อข้ามขั้นตอนนี้ เนื่องจากในพื้นที่ที่ทำการออกแบบนั้นไม่มีน้ำแข็ง



รูปที่ 3.12 Frost Design

3.8.6 ป้อนข้อมูลเครื่องบิน

- เครื่องบินที่ใช้ออกแบบจะเป็นเครื่องบินชนิด Dual wheel หนัก150,000 ปอนด์ และมีจำนวนรอบบินต่อปีเท่ากับ 1,460

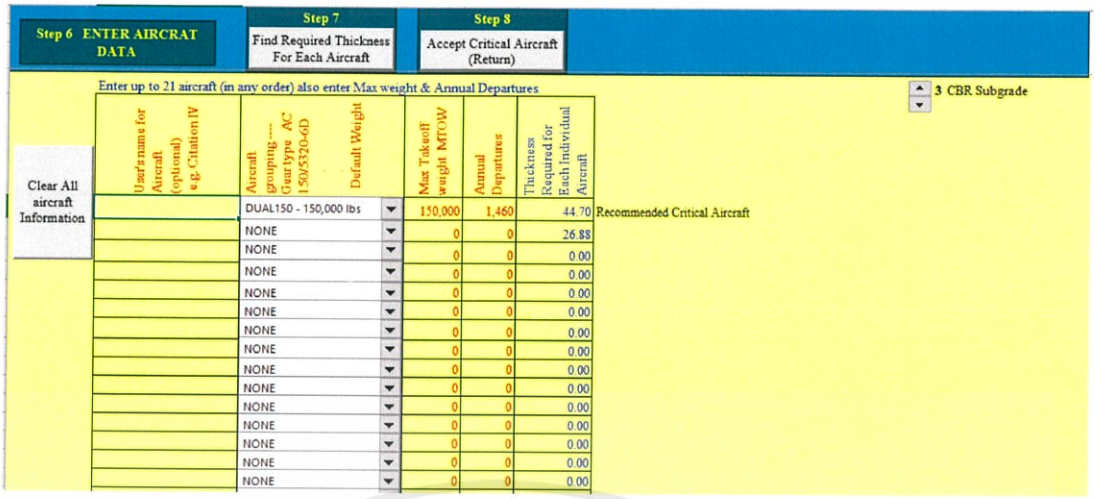


รูปที่ 3.13 การป้อนข้อมูลของบินเครื่องบิน

3.8.7 หาความหนาที่จำเป็นสำหรับเครื่องบินแต่ละลำ

- เมื่อคลิกที่ step 7 โปรแกรมก็จะคำนวณหาค่าความหนาทั้งหมดที่ต้องใช้สำหรับเครื่องบินขนิดนั้น ซึ่งจะได้ 44.70 นิ้ว หรือประมาณ 45 นิ้วนั่นเอง

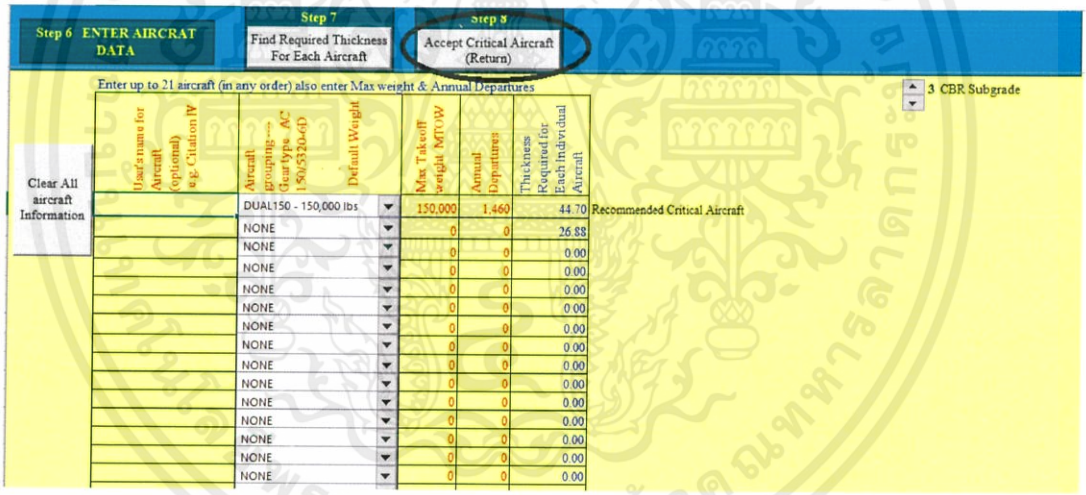
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 โปรแกรมแสดงผลค่าความหนาที่ต้องใช้

3.8.8 ยืนยันความหนาที่จำเป็นสำหรับเครื่องบินแต่ละลำ

- เมื่อได้ค่าความหนาที่ต้องการแล้ว จากนั้นก็คลิก step 8 เพื่อยืนยันข้อมูล และกลับสู่หน้าหลัก

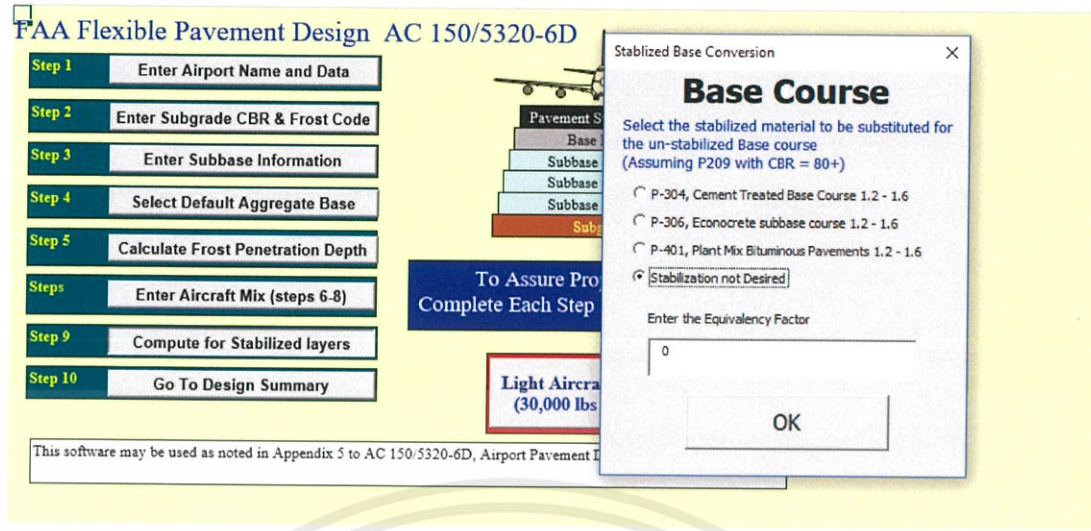


รูปที่ 3.15 แสดงปุ่มยืนยันและกลับสู่หน้าหลัก

3.8.9 การคำนวณสำหรับชั้นปรับปรุงคุณภาพดิน

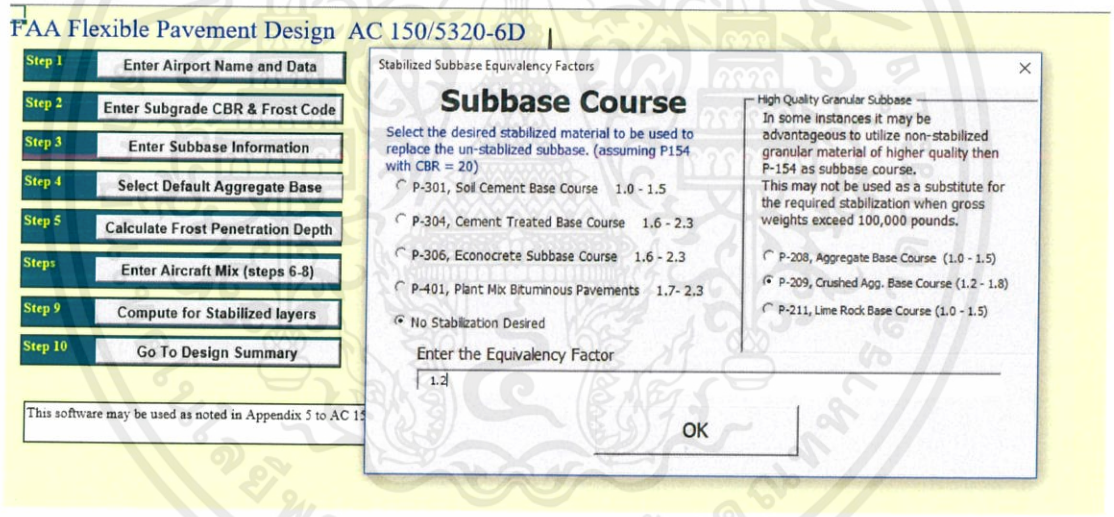
- บางครั้ง อาจจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพดิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของชั้นทาง แต่ในกรณีนี้ไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงดิน จึงเลือกไม่ต้องมีการปรับปรุงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 เลือกไม่ปรับปรุงคุณภาพดินชั้นพื้นทาง

- สำหรับชั้นรองพื้นทาง ก็ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพดิน แต่หากมีการเลือกใช้ก็จะใช้การบดอัดมวลรวม P-209 ในแฟคเตอร์ 1.2



รูปที่ 3.17 การปรับปรุงคุณภาพชั้นดินของชั้นรองพื้นทาง

3.9 ประมวลผลจากการออกแบบ

การประมวลผลจะเป็นการประมวลผลจากการนำข้อมูลในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลและทำการออกแบบโมเดลผลที่ได้จากการออกแบบของข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบจะแสดงผลข้อมูลของตัวอย่างโมเดลที่ 1 ในการแสดงตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN FOR 10/31/2005

KMITL Airport *AC Method*

Bangkok, Thailand

Engineer - Civil KMITL AIP No. 00-000-000

Enter Comments

45" **Total Thickness Required (inches)**

No thickness adjustments required

Stabilized Base/Subbase Are Required

Initial Pavement Cross Section		Stabilized or Modified Cross Section		Factors
4"	Pavement Surface Layer (P-401)	4"	P-401 Plant Mix Bituminous Pavements	
8" (6.76)	Base Layer (P-209)	8"	Not stabilized	1
22"	Subbase #1 (P-154) CBR= 25	22"	Not stabilized -- P-154	1
11"	Subbase #2 CBR= 5	11"	Material as defined by user	
0"	Subbase #3 CBR= 0	0"	Material as defined by user	

( ) = Subminimal base thickness calculation

Frost Considerations

0 lb/cf	Dry Unit Weight of Soil	
0	Degree Days °F	
No Data Provide	Frost Penetration Depth	
3	Original CBR value of subgrade Soil	
3	CBR Value used for the Subgrade Soil	Non-Frost Code for Subgrade Soil
25	CBR Value used for subbase #1	Non-Frost code for Subbase #1
5	CBR Value used for subbase #2	Non-Frost code for Subbase #2
0	CBR Value used for subbase #3	No frost selection made for Subbase #3

Design Aircraft Information

The Design Aircraft is a DUAL150 - 150,000 lbs – ( )

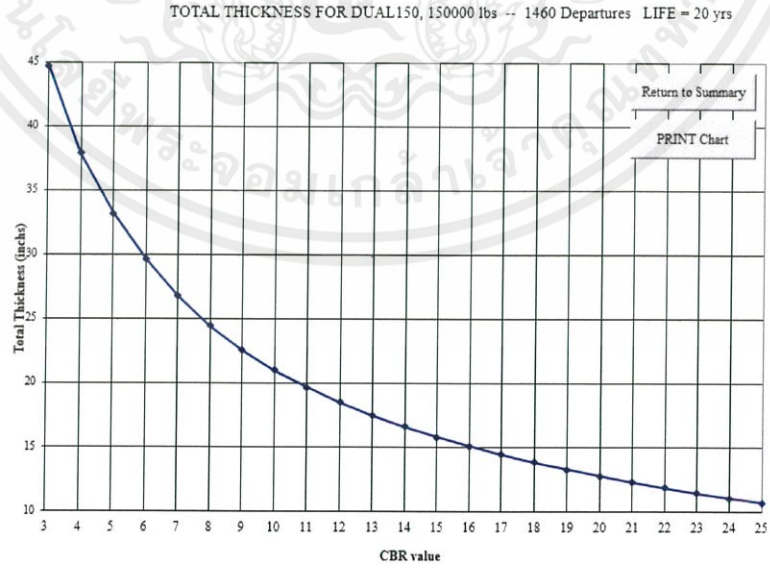
150000 lbs	Gross Weight	20 Design Life (years)
1,460	Equivalent Annual Departures	

Subgrade Compaction Requirements for Design Aircraft

Non-Cohesive Soils		Cohesive Soils	
Compaction	Depth Required	Compaction	Depth Required
100%	0 - 19	95%	0 - 7"
95%	19 - 32"	90%	7 - 14"
90%	32 - 46"	85%	14 - 21"
85%	46 - 60"	80%	21 - 28"

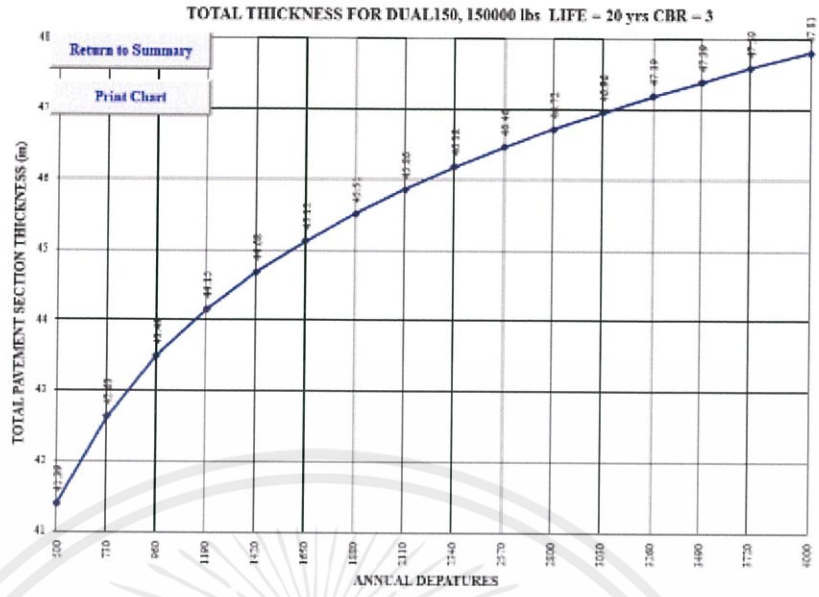
See Appendix 5 to AC 150/5320-6D, Airport Design and Evaluation, for application of this software.

รูปที่ 3.18 ตารางสรุปผลของโครงสร้างชั้นทางวิ่งที่ออกแบบ



รูปที่ 3.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับความหนาทั้งหมดของโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการขึ้นลงต่อปีกับความหนาทั้งหมดของโครงสร้าง

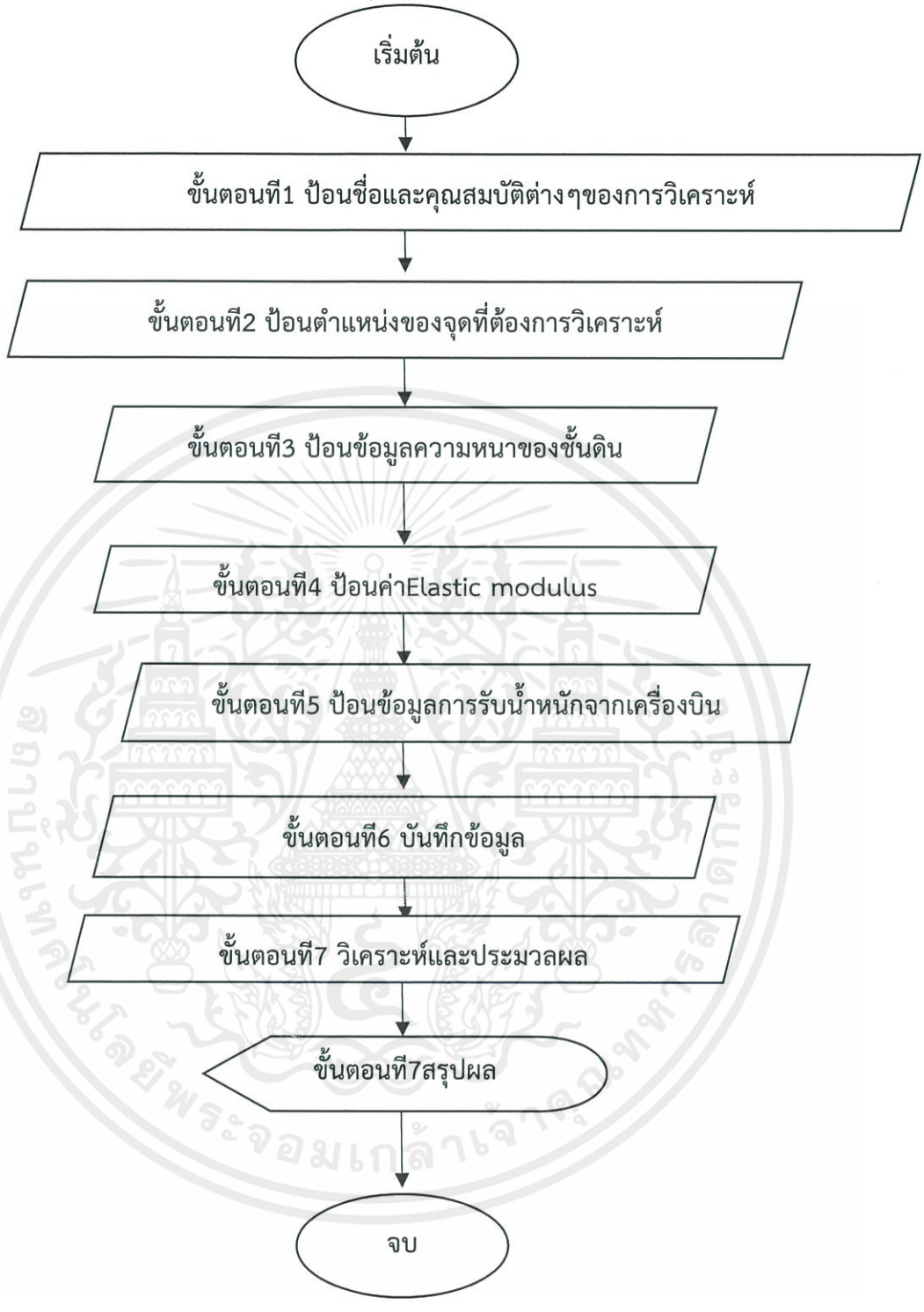
จากการออกแบบทางวิ่งสนามบินตัวอย่างสนามบินนี้ สามารถประมาลผลและวิเคราะห์ความหนาที่ได้จากโปรแกรมได้ดังแสดงในรูปที่3.18 และสามารถสรุปผลความหนาที่ได้จากการออกแบบพร้อมกับอธิบายข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และจากการประมวลผลของการออกแบบในหัวข้อ 3.10 ต่อไป

3.10 วิเคราะห์ความเครียดที่เกิดขึ้นจาก KENPAVE

จากการประมวลผลของการออกแบบโมเดลที่1สามรถทราบถึงความหนาของชั้นดินแต่ละชั้นมาทำการวิเคราะห์ความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นSurfaceกับชั้นBaseโดยนำข้อมูลต่างๆ ที่ประกอบด้วย ความหนาที่ได้จากการประมวลผล ข้อมูลน้ำหนักเครื่องบินที่ใช้ออกแบบ ข้อมูล Elaustic Modulusที่ได้จากการแปลงค่าCBR มาทำการวิเคราะห์ความเครียดที่เกิดขึ้นโดยใช้โปรแกรม KENPAVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

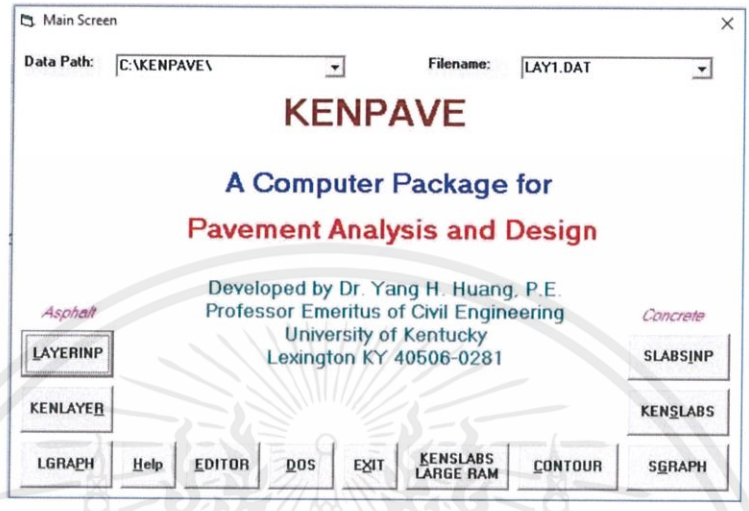
ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเครียด ณ จุดที่สนใจของทางวิ่งด้วยโปรแกรม KENPAVE



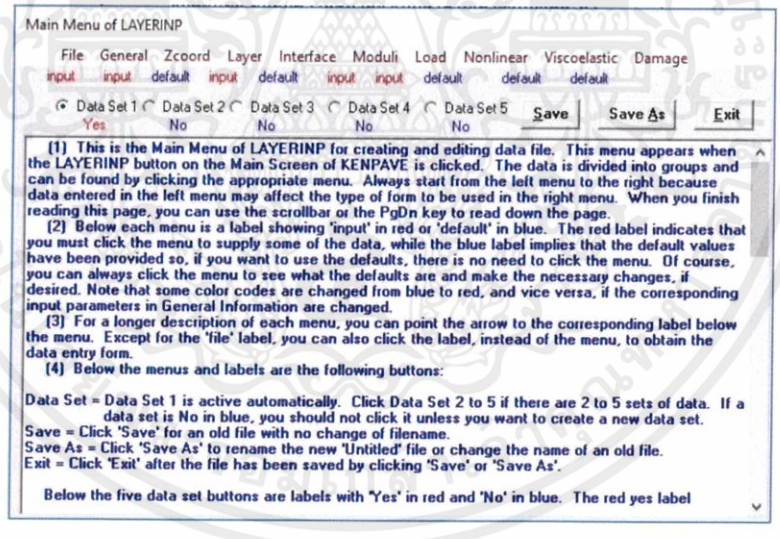
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.1 ป้อนชื่อและคุณสมบัติต่างๆของการวิเคราะห์

เมื่อเปิดโปรแกรม ให้กดคำว่า LAYERINP จะขึ้นตามรูปที่ 3.22 จากนั้น กดที่ File แล้วสร้างไฟล์ใหม่ด้วยการกด New จากนั้นให้กรอกข้อมูลที่ต้องการจะวิเคราะห์

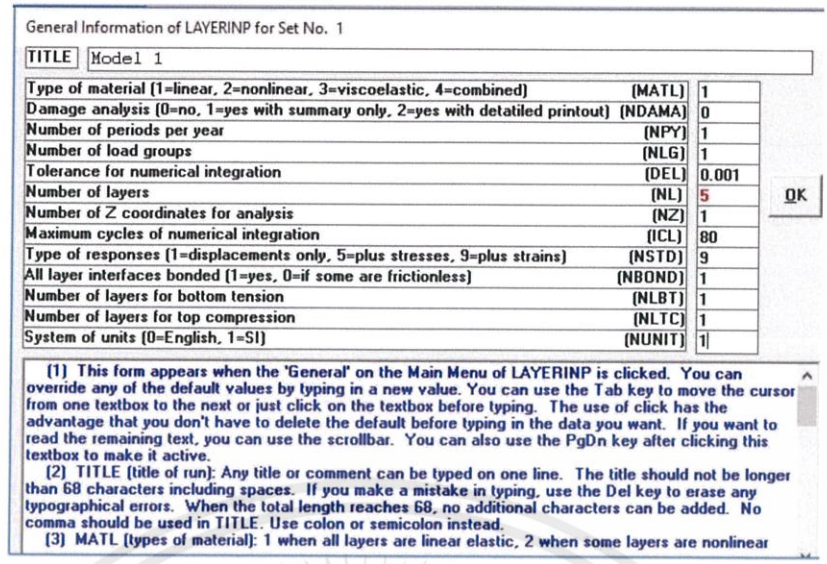


รูปที่ 3.21 หน้าแรกของโปรแกรม



รูปที่ 3.22 Main menu

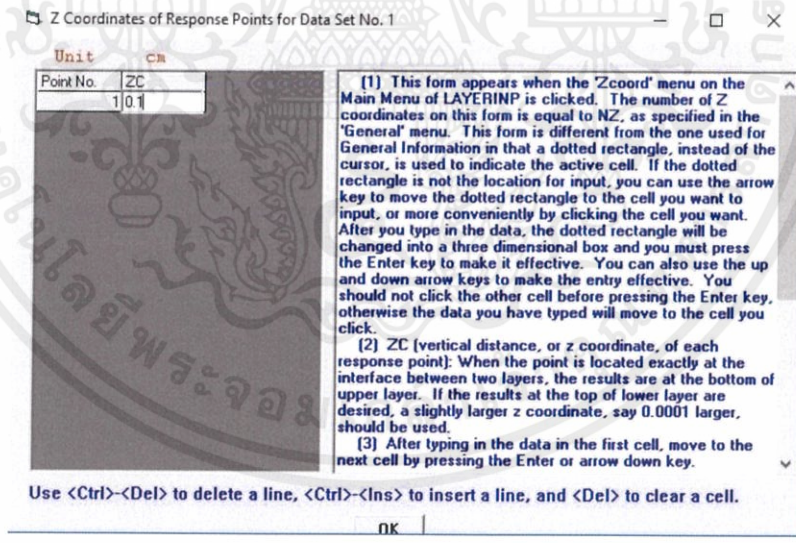
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 ข้อมูลทั่วไปสำหรับการวิเคราะห์

3.10.2 ป้อนตำแหน่งของจุดที่ต้องการวิเคราะห์

เลือกคำสั่ง Zcoord ที่หน้า Main menu เพื่อกำหนดจุดที่ต้องการวิเคราะห์ เป็นระยะ (cm) จากผิวทางลึกลงมา ณ ที่นี้ จะพิจารณาตรงจุดที่เป็นรอยต่อระหว่างชั้นผิวทาง และชั้นพื้นทาง

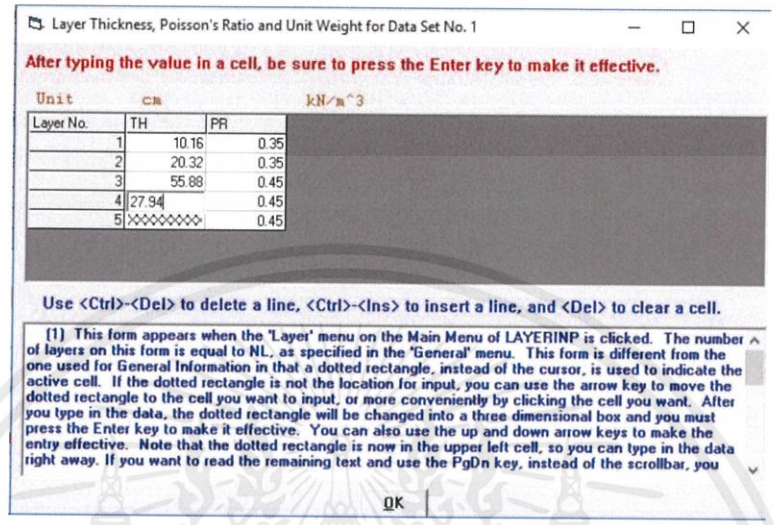


รูปที่ 3.24 ป้อนตำแหน่งของจุดที่ต้องการจะพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.3 ป้อนข้อมูลความหนาของชั้นดิน

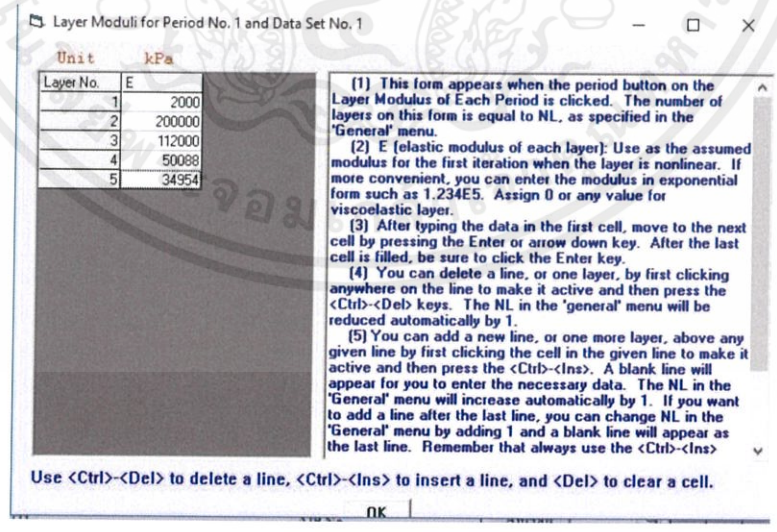
กลับสู้หน้า Main menu แล้วเลือกคำสั่ง Layer เพื่อป้อนข้อมูลความหนาของโครงสร้างทางวิ่งแต่ละชั้น และค่า poisson's ratio ของแต่ละชั้น



รูปที่ 3.25 ป้อนความหนาของชั้นโครงสร้างและค่าpoisson's ratio

3.10.4 ป้อนค่า Elastic modulus

กลับสู่หน้า Main menu แล้วเลือกคำสั่ง Moduli เพื่อป้อนข้อมูลค่า Elastic Modulus ของแต่ละชั้น



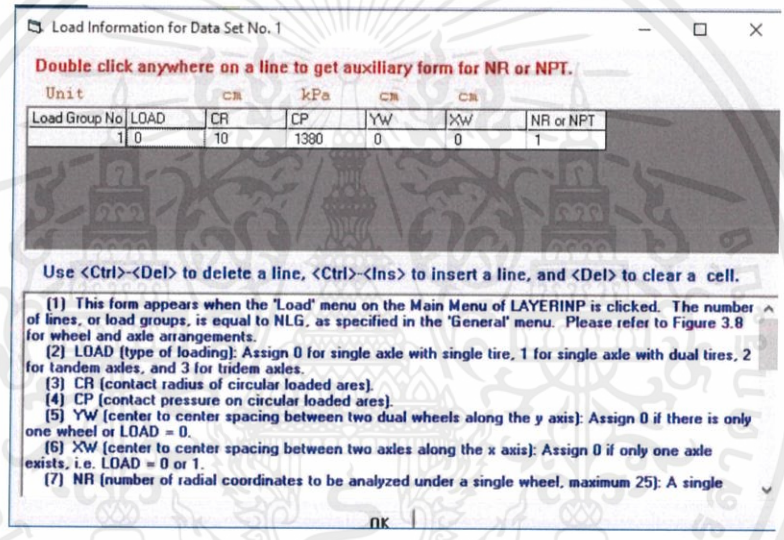
รูปที่ 3.26 ป้อนค่าอิลาสติก โมดูลัสของแต่ละชั้นโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.5 ป้อนข้อมูลการรับน้ำหนักจากเครื่องบิน

กลับสู่หน้า Main menu แล้วเลือกคำสั่ง Load เพื่อป้อนข้อมูลการรับน้ำหนักจากเครื่องบิน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องป้อนข้อมูล ดังนี้

1. LOAD : ให้ป้อนค่า 0 ถ้าเป็น ล้อเดี่ยว , 1 ถ้าเป็น ล้อคู่ และ 2 ถ้ามีสามล้อ
2. CR : รัศมีของพื้นที่สัมผัสของล้อกับพื้นทางวิ่ง
3. CP : ค่าแรงดันในล้อของเครื่องบิน
4. YW : ป้อนค่า 0 เพราะเป็นเครื่องบินแบบล้อเดี่ยว
5. XW : ป้อนค่า 0 เพราะเป็นเครื่องบินแบบล้อเดี่ยว
6. NR : จำนวนจุดที่ต้องการวิเคราะห์ใต้ผิวล้อ ซึ่งวิเคราะห์เพียงจุดเดียว

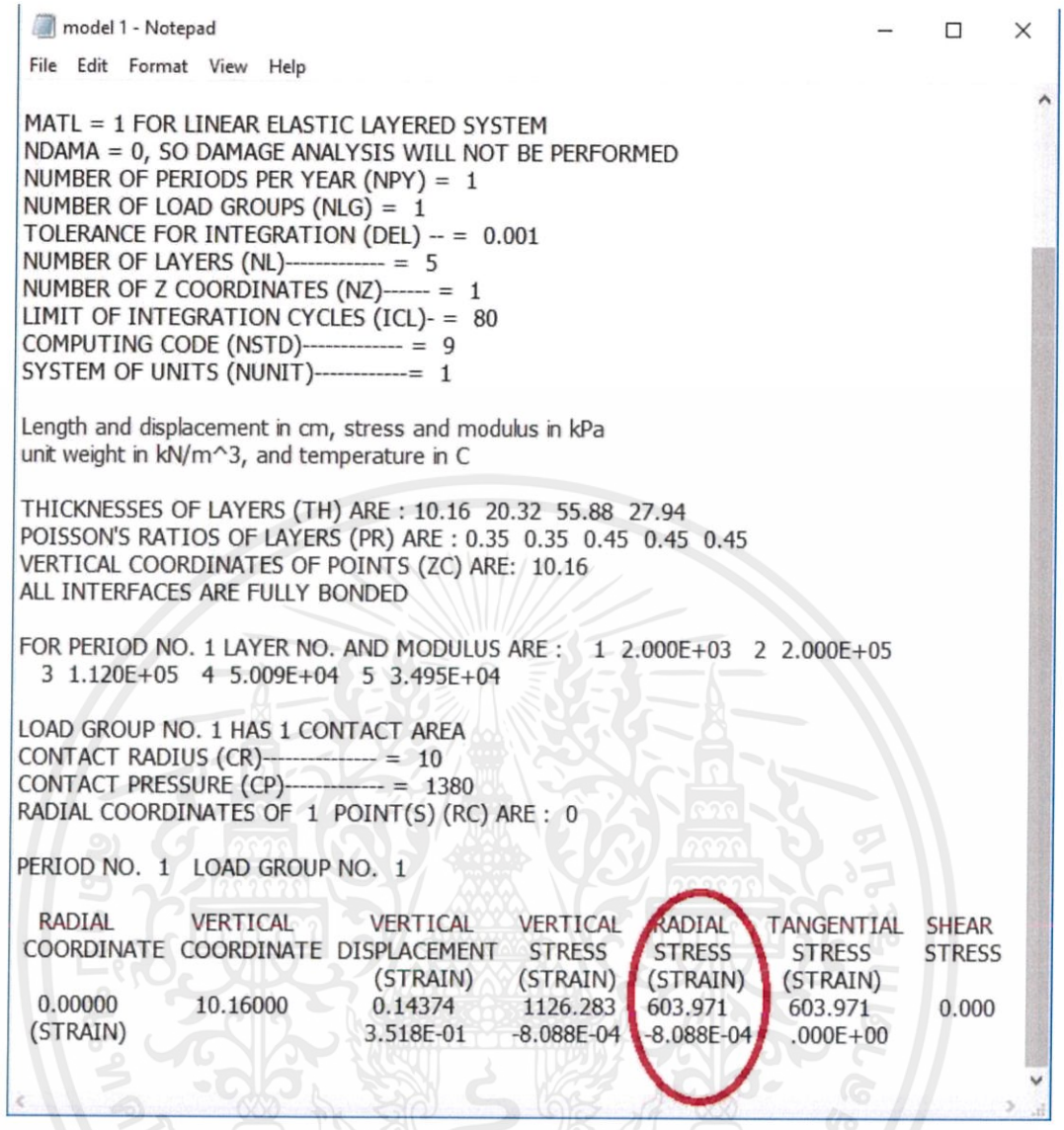


รูปที่ 3.27 ป้อนข้อมูลการรับน้ำหนักของเครื่องบิน

3.10.6 บันทึกและสรุปผล

กลับสู่ Main menu และกดคำสั่ง Save จากนั้นให้กดย้อนกลับไปที่หน้าแรก เพื่อใช้คำสั่ง KENLAYER เพื่อดำเนินการวิเคราะห์ ณ จุดที่พิจารณา ทำให้ได้ข้อมูลสรุปการวิเคราะห์เป็นไฟล์ Text ดังรูปที่ 3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 ข้อมูลสรุปผลการวิเคราะห์ Strain

3.11 การสรุปผลจากการออกแบบของตัวอย่างทางวิ่งของสนามบินแบบที่ 1

จากขั้นตอนการประมวลผลของทางวิ่งโมเดลที่ 1 แสดงผล ดังรูปที่ 3.18 และได้กราฟ ดังรูป 3.19 และ 3.20

ในรูปที่ 3.18 นั้น จะได้ผลลัพธ์คือความหนาของแต่ละชั้นโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วย ชั้นผิวทาง,ชั้นพื้นทาง,ชั้นรองพื้นทาง#1และชั้นรองพื้นทาง#2 เป็นต้น โดยที่ผลที่ได้จะมีสองฝั่ง คือฝั่งผลลัพธ์เริ่มต้น (ฝั่งซ้าย) และฝั่งผลลัพธ์จากการปรับปรุงดิน (ฝั่งขวา) แต่ในที่นี่เราไม่ได้ระบุการปรับปรุงชั้นดิน ทำให้ผลลัพธ์ออกมาเท่ากันทั้งสองฝั่งนั่นเอง

กราฟในรูปที่ 3.19 นั้นจะเป็นความสัมพันธ์ของความหนาของชั้นทางกับค่าCBR ซึ่งจะสังเกตได้ว่าความหนาจะลดลงเมื่อค่าCBRนั้นมีค่าที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟในรูปที่ 3.20 นั้นจะเป็นความสัมพันธ์ของความหนาของชั้นทางกับอัตราเที่ยวบินต่อปี เมื่อมียอดอัตราเที่ยวบินที่มากขึ้น ก็จะต้องมีค่าความหนาของชั้นทางมากขึ้น เพื่อรองรับการใช้งานที่มากขึ้นนั่นเอง

และจากการใช้ KENPAVE ในการวิเคราะห์คุณสมบัติ ในที่นี้เราเลือกพิจารณาค่าRadial strain ซึ่งจากการออกแบบ Model ที่ 1 ทำให้ได้ค่า Radial strain -3.898E-04 ดังแสดงในรูปที่ 3.28

จากการวิเคราะห์และประมวลผลของโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design และ KENPAVE สามารถทำให้ทราบถึงความหนาของชั้นดินและความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างชั้น Surfaceละชั้นBase หลังจากที่ได้ข้อมูลทั้งสอง ทางคณะผู้จัดทำจะนำข้อมูลความหนาชั้นดินแต่ละโมเดลมหาปริมาตดินที่ต้องใช้และหามูลค่าของชั้นความหนาแต่ละชั้น มาทำการเปรียบเทียบมูลค่าของแต่ละโมเดลกับความเครียดที่เกิดขึ้นแต่ละโมเดลโดยจะแสดงขั้นตอนในบทที่ 4 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ของการทำโครงงาน

4.1 กล่าวนำ

จากการดำเนินของโปรแกรมทั้งสอง ประกอบด้วย โปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design และ โปรแกรม KENPAVE สามารถวิเคราะห์ผลการดำเนินการทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบทั้ง 4 โมเดล โดยสนานบินที่ออกแบบแต่ละโมเดลนั้นมีค่า CBR เหมือนกันทั้งสี่โมเดลแต่ทางขณะผูจัดทำได้ออกแบบและทำการเปลียนแปลงวัสดุของชั้นโครงสร้างบางชั้นรวมกับการปรับปรุงชั้นดินบางชั้น จึงส่งผลทำให้ความหนาที่ได้มาของทั้งสีโมเดลมี่ค่าที่ต่างกันและเมื่อได้ความหนาที่ต่างกันก็จำนำความหนาแต่ละโมลเดลพร้อมกับข้อมูลจากแหล่งต่างๆที่ได้มาป้อนในโปรแกรม KANPAVE เพื่อหา ความเครียดที่เกิดขึ้นของสนามบินที่ออกแบบแต่ละโมเดลจากนั้นนำไปสู่การหารมูลค่าการก่อสร้างที่แตกต่างกันไป

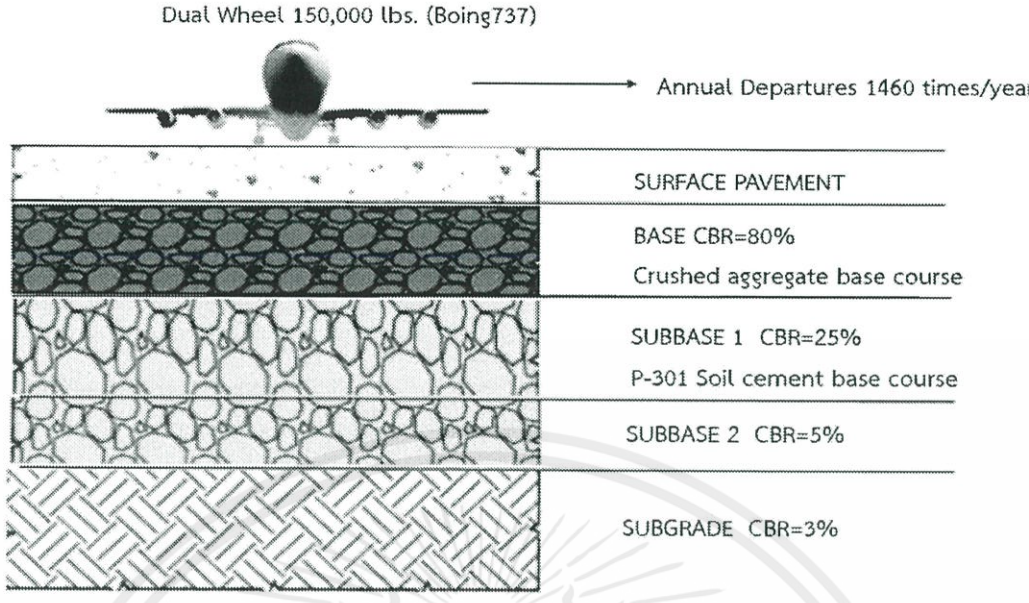
4.2 การออกแบบทางวิ่งสนามบิน

ในการออกแบบทางวิ่งสนามบิน ความแตกต่างของทั้งสี่โมเดลคือการเลือกใช้วัสดุที่แตกต่างกันในการออกแบบความหนาของชั้นโครงสร้างทางวิ่ง โดยเลือกใช้ crushed aggregate base course หรือ aggregate base course สำหรับชั้นbase และเลือกใช้ soil cement base course หรือ cement treated base course สำหรับชั้น subbase1 เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิด มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน วัสดุที่สามารถรับแรงได้ดีกว่า จะทำให้ได้ผลการออกแบบความหนาที่น้อยกว่า มีผลทำให้ปริมาตรในการใช้วัสดุของชั้นโครงสร้างนั้น มีปริมาณที่น้อยกว่า แต่ทั้งนี้ วัสดุที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่า ก็อาจจะมีราคาวัสดุที่แพงมากกว่าเช่นเดียวกัน

เมื่อได้ข้อมูลความหนาของแต่ละโมเดลและสามารถนำไปหามูลค่าการก่อสร้างได้แล้วนั้น แต่ทั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า โมเดลที่มีมูลค่าการก่อสร้างน้อยที่สุด คือโมเดลที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากโมเดลที่มีมูลค่าการก่อสร้างที่น้อยที่สุด อาจหมายความว่าต้องแลกกับประสิทธิภาพที่ด้อยลงมา ดังนั้นจึงมีการหาประสิทธิภาพเพื่อเป็นสิ่งการันตีว่า โมเดลที่มีมูลค่าการก่อสร้างที่น้อยที่สุดนั้น จะต้องมีประสิทธิภาพที่ดีอีกด้วย เมื่อนำข้อมูลของแต่ละโมเดลไปวิเคราะห์คุณสมบัติด้วยโปรแกรม KENPAVE เพื่อหาค่า Strain ที่เกิดขึ้น ระหว่างชั้นsurface และ ชั้นbase ก็จะสามารถบอกได้ว่า หากเกิดค่า strainที่เกิดขึ้นระหว่างชั้น Surface กับชั้น Base เกิดขึ้นมากมาก นั่นหมายความว่า โครงสร้างทางวิ่งนั้นจะมีผลกระทบจากการใช้งานที่มากขึ้น โมเดลที่เกิดค่า Strain ทีน้อยที่สุด ก็จะเป็นโมเดลที่ดีที่สุดเช่นกัน จึงสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ของแต่ละโมเดล แสดงข้อมูลความหนาของชั้นโครงสร้างจากการออกแบบ, มูลค่าการก่อสร้างและค่าstrain ที่เกิดขึ้น ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบโมเดล 1



รูปที่ 4.1 การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 1

การออกแบบทางวิ่งสนามบิน model 1 จากการนำข้อมูลที่ได้มา ทำการออกแบบโมเดลเพื่อหาความหนาของชั้นโครงสร้างแต่ละชั้นรวมไปถึงหาความหนาทั้งหมดของชั้นโครงร้างที่ออกแบบโดยสนามบินโมเดลนี้มีการปรับปรุงคุณภาพของชั้นดิน ชั้น Sub-Basa1 โดยใช้ดิน P-301 Soil cement base course เป็นส่วนผสมระหว่างดินลูกรังผสมซีเมนต์ และใช้หินคลุกเป็นชั้น Baseโดยใช้หินคลุกชนิด Crushed Aggregate base course ซึ่งเป็นหินคลุกที่ผ่านกระบวนการบดอัดจากโรงโม่หินเพื่อให้ได้หินคลุกที่มีคุณภาพและรูปร่างที่ดีกว่า ซึ่งในการออกแบบใช้เครื่องบิน ชนิด boing737 และใช้อัตราการขึ้นลงต่อปี 1460 ครั้ง/ปี และใช้ค่า CBR แต่ละชั้นดังแสดงในรูปที่ 4.1

จากการออกแบบสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความหนาแต่ละชั้นและความหนาทั้งหมดของทางวิ่งสนามบินโมเดล1ดังแสดงในรูปที่ 4.2 จากนั้นนำข้อมูลความหนาที่ได้แต่ละชั้นพร้อมกับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.1 หาค่าความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างชั้น surface กับชั้น base โดยใช้โปรแกรม KENPAVE และสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความเครียกที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.3

และจากการออกแบบทางวิ่งสนามบินโมเดล1สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ทั้งหมดรวมไปถึงการหารราคาของชั้นดินแต่ละชั้นและราคาทั้งหมดของชั้นดินดังแสดงในตาราง 4.1

ผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 1 จากโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Desig

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN FOR 10/31/2005

Ladkrabang International Airport *AC Method*
Bangkok
Engineer - By Civil Engineering KMITL AIP No.

45" **Total Thickness Required (inches)**
No thickness adjustments required

Stabilized Base/Subbase Are Required

Initial Pavement Cross Section		Stabilized or Modified Cross Section		Factors
4"	Pavement Surface Layer (P-401)	4"	P-401 Plant Mix Bituminous Pavements	
8" (6.76)	Base Layer (P-209)	8"	Not stabilized	1
22"	Subbase #1 (P-154) CBR= 25	22"	P-301, Soil Cement Base Course	1
11"	Subbase #2 CBR= 5	11"	Material as defined by user	
0"	Subbase #3 CBR= 0	0"	Material as defined by user	

( ) = Subminimal base thickness calculation

Frost Considerations

0 lb/cf	Dry Unit Weight of Soil	
0	Degree Days °F	
No Data Provide	Frost Penetration Depth	
3	Original CBR value of subgrade Soil	
3	CBR Value used for the Subgrade Soil	Non-Frost Code for Subgrade Soil
25	CBR Value used for subbase #1	Non-Frost code for Subbase #1
5	CBR Value used for subbase #2	Non-Frost code for Subbase #2
0	CBR Value used for subbase #3	No frost selection made for Subbase #3

Design Aircraft Information

The Design Aircraft is a DUAL150 - 150,000 lbs -- ( )

150000 lbs	Gross Weight	20 Design Life (years)
1,460	Equivalent Annual Departures	

Subgrade Compaction Requirements for Design Aircraft

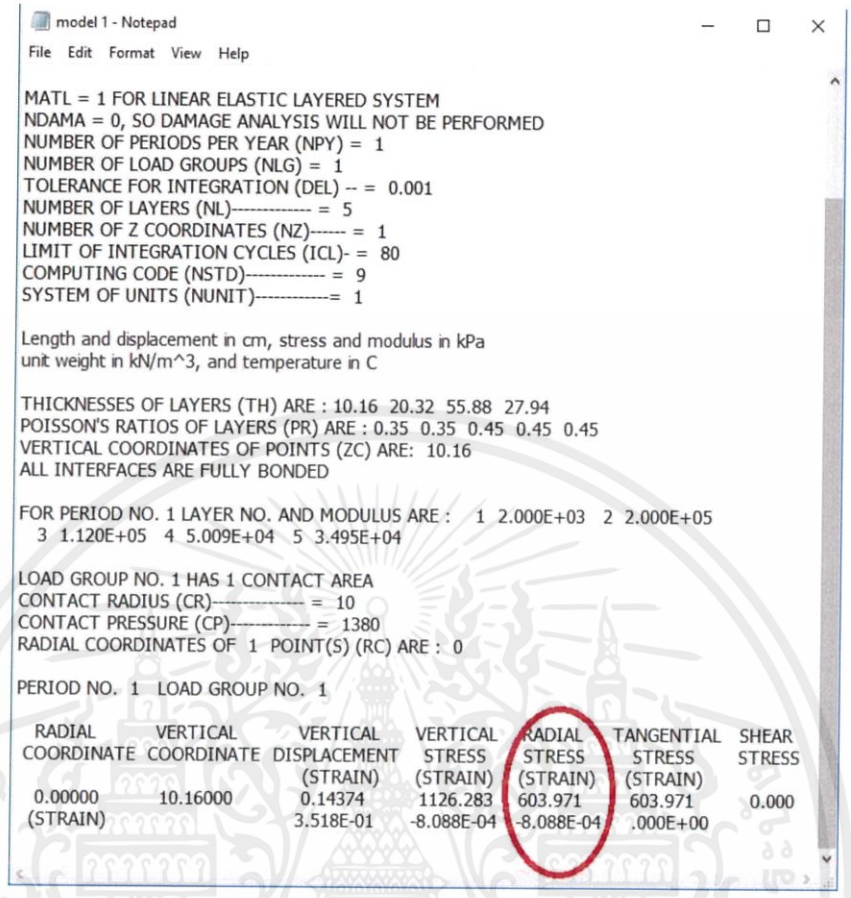
Non-Cohesive Soils		Cohesive Soils	
Compaction	Depth Required	Compaction	Depth Required
100%	0 - 19	95%	0 - 7"
95%	19 - 32"	90%	7 - 14"
90%	32 - 46"	85%	14 - 21"
85%	46 - 60"	80%	21 - 28"

See Appendix 5 to AC 150/5320-6D, Airport Design and Evaluation, for application of this software.

รูปที่ 4.2 ความหนาของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 1 ที่ได้จากโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ Strain ที่เกิดขึ้นของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 1 จากโปรแกรม KENPAVE


model 1 - Notepad

File Edit Format View Help

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ = 1
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80
COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----------= 1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 10.16 20.32 55.88 27.94
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.35 0.35 0.45 0.45 0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 10.16
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 2.000E+03 2 2.000E+05
3 1.120E+05 4 5.009E+04 5 3.495E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 1 CONTACT AREA
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 10
CONTACT PRESSURE (CP)---------- = 1380
RADIAL COORDINATES OF 1 POINT(S) (RC) ARE : 0

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

RADIAL COORDINATE	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPLACEMENT (STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	RADIAL STRESS (STRAIN)	TANGENTIAL STRESS (STRAIN)	SHEAR STRESS
0.00000	10.16000	0.14374	1126.283	603.971	603.971	0.000
(STRAIN)		3.518E-01	-8.088E-04	-8.088E-04	.000E+00	

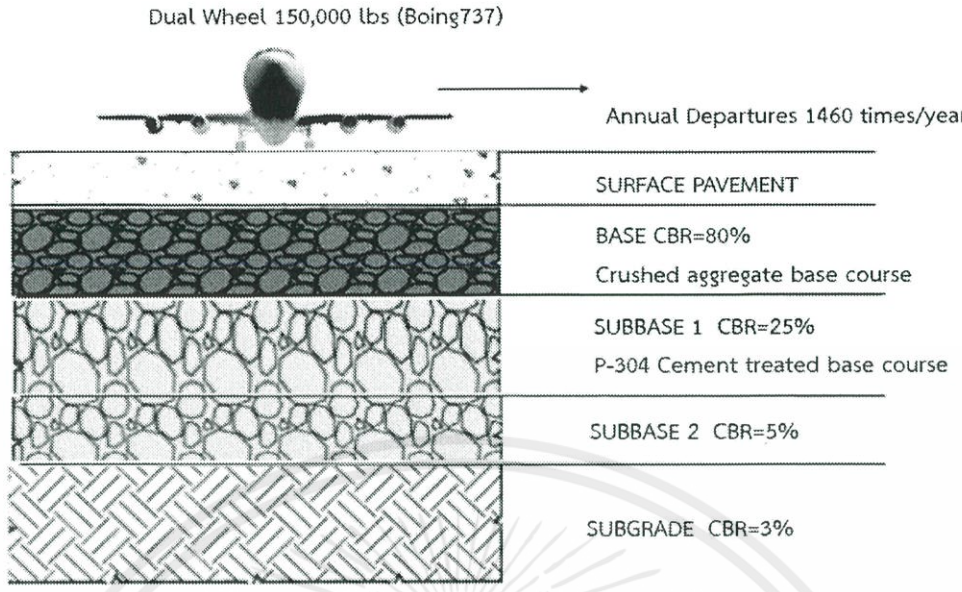
รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความเครียดที่ได้ของทางวิ่งสนามบิน Model 1

ตารางที่ 4.1 การสรุปผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 1

ความเครียดที่เกิดขึ้น (-8.088×10^{-4})						
ชั้นดิน	**CBR (%)**	**ความหนา (เมตร)**	**ชนิดของดินที่ใช้**	**จำนวนดินที่ใช้ในการก่อสร้าง (ลบ.ม)**	**ราคาดิน ต่อ ลบ.ม (บาท)**	**ราคา (บาท)**
ชั้น subgrade	3%		ดินเดิม	-	-	-
ชั้น subbase2	5%	0.2794	ดินถม	13,087.6	343.33	4,493,365.708
ชั้น subbase1	25%	0.5588	ดินถม P-301	30,175.2	578	17,441,265.60
ชั้น base	80%	0.2032	หินคลุก P-209	10,972.8	410	4,498,848.00
ชั้น surface	-	0.1016	แอสฟัลท์	5,486.4	2535.9	13,912,961.76
	รวม	1.143			**รวม**	41,033,101.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 2



รูปที่ 4.4 การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 2

การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน model 2 จากการนำข้อมูลที่ได้มา ทำการออกแบบโมเดลเพื่อหาความหนาของชั้นโครงสร้างแต่ละชั้นรวมไปถึงหาความหนาทั้งหมดของชั้นโครงร้างที่ออกแบบ โดยสนามบินโมเดลนี้มีการปรับปรุงคุณภาพของชั้นดิน ชั้น Sub-Basa1 โดยใช้ดิน P-304 Cement treated base course เป็นส่วนผสมระหว่างหินคลุกผสมซีเมนต์ และใช้หินคลุกเป็นชั้น Base โดยใช้หินคลุกชนิด Crushed Aggregate base course ซึ่งเป็นหินคลุกที่ผ่านกระบวนการบดอัดจากโรงโม่หิน เพื่อให้ได้หินคลุกที่มีคุณภาพและรูปร่างที่ดีกว่า ซึ่งในการออกแบบใช้เครื่องบิน ชนิด boing737 และใช้อัตราการขึ้นลงต่อปี 1460 ครั้ง/ปี และใช้ค่า CBR แต่ละชั้นดังแสดงในรูปที่ 4.4

จากการออกแบบสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความหนาแต่ละชั้นและความหนาทั้งหมดของสนามบินโมเดล 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.5 จากนั้นนำข้อมูลความหนาที่ได้แต่ละชั้นพร้อมกับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.4 หาค่าความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างชั้น surface กับชั้น base โดยใช้โปรแกรม KENPAVE และสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความเครียกที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.6

และจากการออกแบบสนามบินโมเดล1สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ทั้งหมดรวมไปถึงการหารราคาของชั้นดินแต่ละชั้นและราคาทั้งหมดของชั้นดินดังแสดง ในตาราง 4.2

ผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 2 จากโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN FOR 10/31/2005

Ladkrabang International Airport *AC Method*
Bangkok
Engineer - By Civil Engineering KMITL AIP No.

45" **Total Thickness Required (inches)**
No thickness adjustments required

Stabilized Base/Subbase Are Required

Initial Pavement Cross Section		Stabilized or Modified Cross Section		Factors
4"	Pavement Surface Layer (P-401)	4"	P-401 Plant Mix Bituminous Pavements	
8" (6.76)	Base Layer (P-209)	8"	Not stabilized	1
22"	Subbase #1 (P-154) CBR= 25	14"	P-304, Cement Treated Base Course	1.6
11"	Subbase #2 CBR= 5	11"	Material as defined by user	
0"	Subbase #3 CBR= 0	0"	Material as defined by user	

( ) = Subminimal base thickness calculation

Frost Considerations

0 lb/cf	Dry Unit Weight of Soil	
0	Degree Days °F	
No Data Provide	Frost Penetration Depth	
3	Original CBR value of subgrade Soil	
3	CBR Value used for the Subgrade Soil	Non-Frost Code for Subgrade Soil
25	CBR Value used for subbase #1	Non-Frost code for Subbase #1
5	CBR Value used for subbase #2	Non-Frost code for Subbase #2
0	CBR Value used for subbase #3	No frost selection made for Subbase #3

Design Aircraft Information

The Design Aircraft is a DUAL150 - 150,000 lbs -- ( )

150000 lbs	Gross Weight	20 Design Life (years)
1,460	Equivalent Annual Departures	

Subgrade Compaction Requirements for Design Aircraft

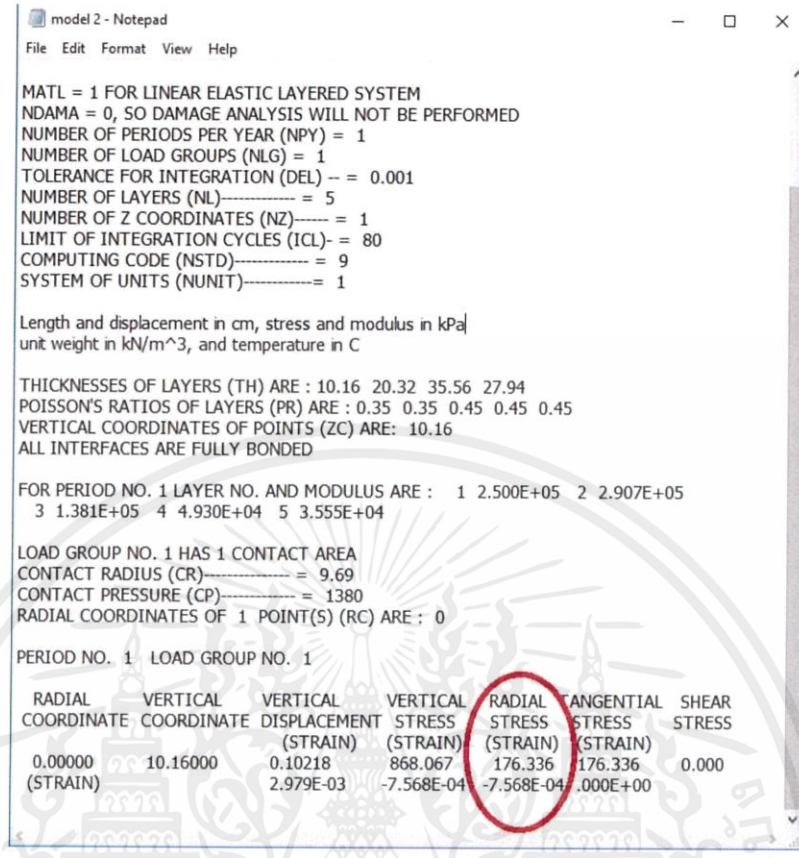
Non-Cohesive Soils		Cohesive Soils	
Compaction	Depth Required	Compaction	Depth Required
100%	0 - 19	95%	0 - 7"
95%	19 - 32"	90%	7 - 14"
90%	32 - 46"	85%	14 - 21"
85%	46 - 60"	80%	21 - 28"

See Appendix 5 to AC 150/5320-6D, Airport Design and Evaluation, for application of this software.

รูปที่ 4.5 ความหนาของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 2 ที่ได้จากโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ Strain ที่เกิดขึ้นของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 2 จากโปรแกรม KENPAVE


model 2 - Notepad

File Edit Format View Help

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ = 1
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80
COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----------= 1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 10.16 20.32 35.56 27.94
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.35 0.35 0.45 0.45 0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 10.16
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 2.500E+05 2 2.907E+05
3 1.381E+05 4 4.930E+04 5 3.555E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 1 CONTACT AREA
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 9.69
CONTACT PRESSURE (CP)---------- = 1380
RADIAL COORDINATES OF 1 POINT(S) (RC) ARE : 0

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

RADIAL COORDINATE	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPLACEMENT (STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	RADIAL STRESS (STRAIN)	TANGENTIAL STRESS (STRAIN)	SHEAR STRESS
0.00000 (STRAIN)	10.16000	0.10218 2.979E-03	868.067 -7.568E-04	176.336 -7.568E-04	176.336 .000E+00	0.000

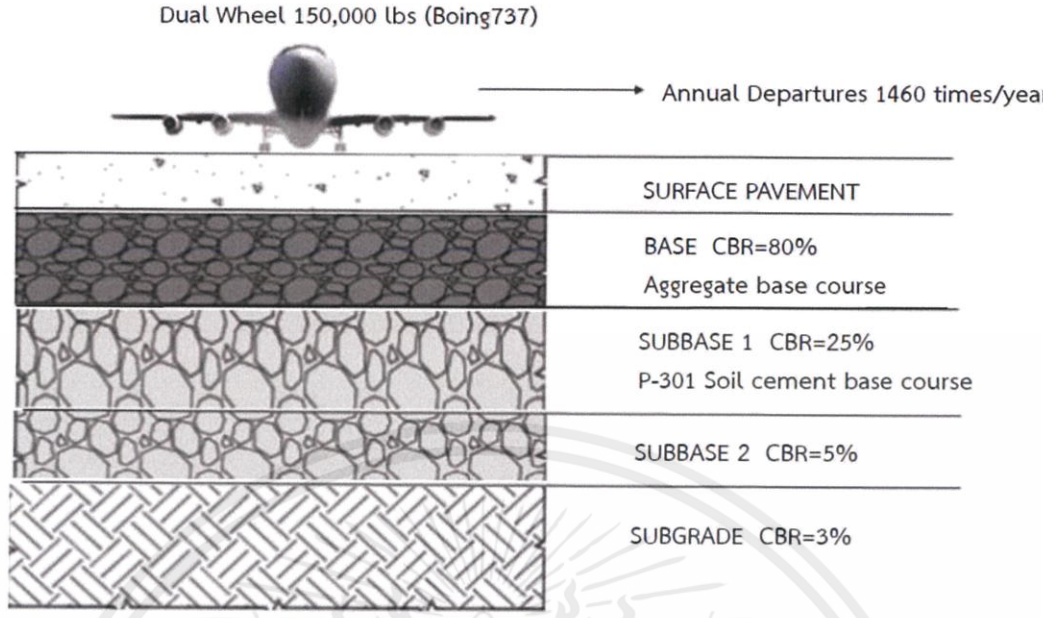
รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความเครียดที่ได้ของทางวิ่งสนามบิน Model 2

ตารางที่ 4.2 การสรุปผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 2

ความเครียดที่เกิดขึ้น (-7.568×10^{-4})						
ชั้นดิน	**CBR (%)**	**ความหนา (เมตร)**	**ชนิดของดินที่ใช้**	**จำนวนดินที่ใช้ในการก่อสร้าง (ลบ.ม)**	**ราคาดิน ต่อ ลบ.ม (บาท)**	**ราคา (บาท)**
ชั้น subgrade	3%		ดินเดิม	-	-	-
ชั้น subbase2	5%	0.2794	ดินถม	15,087.6	343.33	5,180,025.708
ชั้น subbase1	25%	0.3556	ดินถม P-304	19,202.4	672.2	12,907,853.28
ชั้น base	80%	0.2032	หินคลุก P-209	10,972.8	410	4,498,848.00
ชั้น surface	-	0.1016	แอสฟัลท์	5,486.4	2535.9	13,912,961.76
	รวม	0.9398			**รวม**	36,499,688.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 3



รูปที่ 4.7 การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 3

การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน model 3 จากการนำข้อมูลที่ได้มา ทำการออกแบบโมเดลเพื่อหาความหนาของชั้นโครงสร้างแต่ละชั้นรวมไปถึงหาความหนาทั้งหมดของชั้นโครงร้างที่ออกแบบ โดยสนามบินโมเดลนี้มีการปรับปรุงคุณภาพของชั้นดิน ชั้น Sub-Basa1 โดยใช้ดิน P-301 Soil cement base course เป็นส่วนผสมระหว่างดินลูกรังผสมซีเมนต์ และใช้หินคลุกเป็นชั้น Base โดยใช้หินคลุกชนิด Aggregate base course ซึ่งเป็นหินคลุกที่ผ่านการบดอัดจากโรงโม่หิน และเป็นหินคลุกที่มีคุณภาพเกรดต่ำแต่ราคาถูกกว่าชนิดCrushed ซึ่งในการออกแบบใช้เครื่องบิน ชนิด boing737 และใช้อัตราการขึ้นลงต่อปี 1460 ครั้ง/ปี และใช้ค่า CBR แต่ละชั้นดังแสดงในรูปที่ 4.7

จากการออกแบบสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความหนาแต่ละชั้นและความหนาทั้งหมดของสนามบินโมเดล1ดังแสดงในรูปที่ 4.8 จากนั้นนำข้อมูลความหนาที่ได้แต่ละชั้นพร้อมกับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.7 หาค่าความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างชั้น surface กับชั้น base โดยใช้โปรแกรม KENPAVE และสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความเครียกที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.9

และจากการออกแบบทางวิ่งของสนามบินโมเดล3 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ทั้งหมดรวมไปถึงการหารราคาของชั้นดินแต่ละชั้นและราคาทั้งหมดของชั้นดินดังแสดงในตาราง 4.3

ผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 3 จากโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN FOR 10/31/2005

Ladkrabang International Airport *AC Method*

Bangkok

Engineer - By Civil Enginning KMITL AIP No.

45" **Total Thickness Required (inches)**

No thickness adjustments required

Stabilized Base/Subbase Are Required

Initial Pavement Cross Section		Stabilized or Modified Cross Section		Factors
5"	Pavement Surface Layer (P-401)	5"	P-401 Plant Mix Bituminous Pavements	
8" (5.76)	Base Layer (P-208)	8"	Not stabilized	1
22"	Subbase #1 (P-154) CBR= 25	22"	P-301, Soil Cement Base Course	1
10"	Subbase #2 CBR= 5	10"	Material as defined by user	
0"	Subbase #3 CBR= 0	0"	Material as defined by user	

( ) = Subminimal base thickness calculation

Frost Considerations

0 lb/cf	Dry Unit Weight of Soil	
0	Degree Days °F	
No Data Provide	Frost Penetration Depth	
3	Original CBR value of subgrade Soil	
3	CBR Value used for the Subgrade Soil	Non-Frost Code for Subgrade Soil
25	CBR Value used for subbase #1	Non-Frost code for Subbase #1
5	CBR Value used for subbase #2	Non-Frost code for Subbase #2
0	CBR Value used for subbase #3	No frost selection made for Subbase #3

Design Aircraft Information

The Design Aircraft is a DUAL150 - 150,000 lbs -- ( )

150000 lbs	Gross Weight	20 Design Life (years)
1,460	Equivalent Annual Departures	

Subgrade Compaction Requirements for Design Aircraft

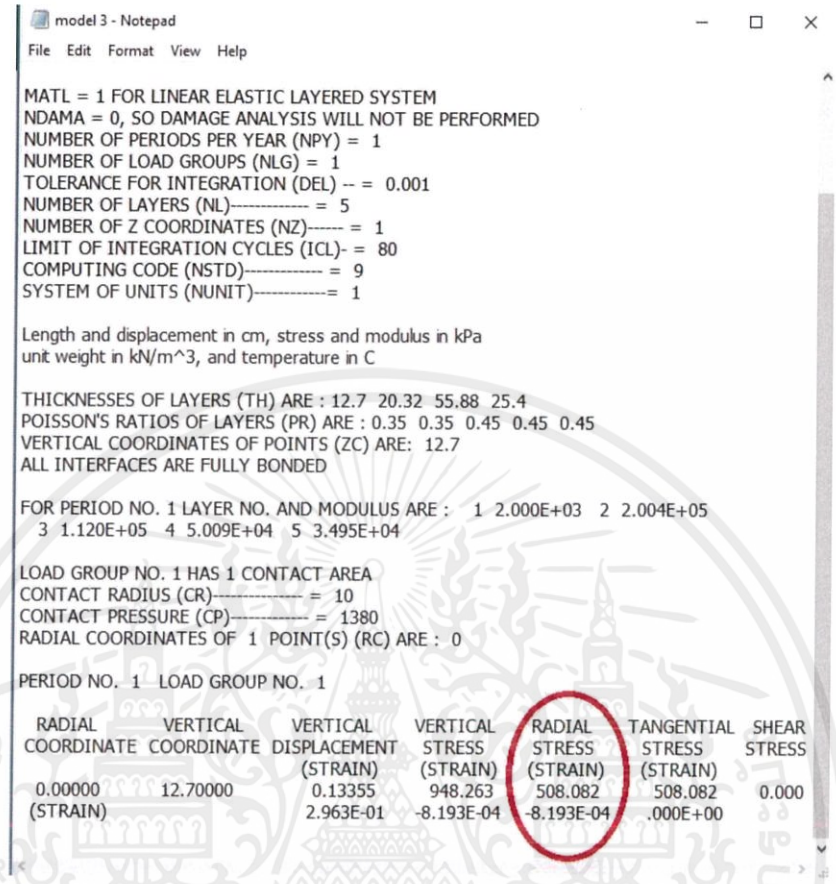
Non-Cohesive Soils		Cohesive Soils	
Compaction	Depth Required	Compaction	Depth Required
100%	0 - 19	95%	0 - 7"
95%	19 - 32"	90%	7 - 14"
90%	32 - 46"	85%	14 - 21"
85%	46 - 60"	80%	21 - 28"

See Appendix 5 to AC 150/5320-6D, Airport Design and Evaluation, for application of this software.

รูปที่ 4.8 ความหนาของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 3 ที่ได้จากโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ Strain ที่เกิดขึ้นของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 3 จากโปรแกรม KENPAVE


model 3 - Notepad

File Edit Format View Help

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ = 1
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80
COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----------= 1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 12.7 20.32 55.88 25.4
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.35 0.35 0.45 0.45 0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 12.7
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 2.000E+03 2 2.004E+05
3 1.120E+05 4 5.009E+04 5 3.495E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 1 CONTACT AREA
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 10
CONTACT PRESSURE (CP)---------- = 1380
RADIAL COORDINATES OF 1 POINT(S) (RC) ARE : 0

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

RADIAL COORDINATE	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPLACEMENT (STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	RADIAL STRESS (STRAIN)	TANGENTIAL STRESS (STRAIN)	SHEAR STRESS
0.00000	12.70000	0.13355	948.263	508.082	508.082	0.000
(STRAIN)		2.963E-01	-8.193E-04	-8.193E-04	.000E+00	

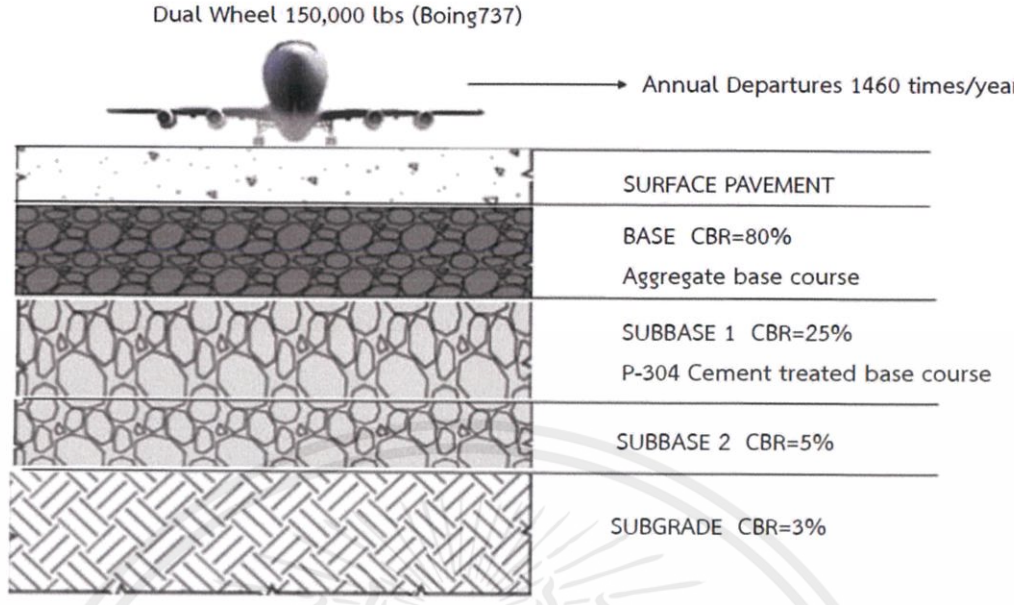
รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความเครียดที่ได้ของทางวิ่งสนามบิน Model 3

ตารางที่ 4.3 การสรุปผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 3

ความเครียดที่เกิดขึ้น (-8.193×10^{-4})						
ชั้นดิน	**CBR (%)**	**ความหนา (เมตร)**	**ชนิดของดินที่ใช้**	**จำนวนดินที่ใช้ในการก่อสร้าง (ลบ.ม)**	**ราคาดิน ต่อ ลบ.ม (บาท)**	**ราคา (บาท)**
ชั้น subgrade	3%		ดินเดิม	-	-	-
ชั้น subbase2	5%	0.254	ดินถม	13,716	343.33	4,709,114.28
ชั้น subbase1	25%	0.5588	ดินถม P-301	30,175.2	578	17,441,265.60
ชั้น base	80%	0.2032	หินคลุก P-208	10,972.8	350	3,840,480.00
ชั้น surface	-	0.127	แอสฟัลท์	6,858	2535.9	17,391,202.20
รวม		1.143			**รวม**	43,382,062.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 4



รูปที่ 4.10 การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน Model 4

การออกแบบทางวิ่งของสนามบิน model 4 จากการนำข้อมูลที่ได้มา ทำการออกแบบโมเดลเพื่อหาความหนาของชั้นโครงสร้างแต่ละชั้นรวมไปถึงหาความหนาทั้งหมดของชั้นโครงร้างที่ออกแบบ โดยสนามบินโมเดลนี้มีการปรับปรุงคุณภาพของชั้นดิน ชั้น Sub-Basa1 โดยใช้ดิน P-304 Cement treated base course เป็นส่วนผสมระหว่างหินคลุกรังผสมซีเมนต์ และใช้หินคลุกเป็นชั้น Base โดยใช้หินคลุกชนิด Aggregate base course ซึ่งเป็นหินคลุกที่ผ่านการบดอัดจากโรงโม่หิน และเป็นหินคลุกที่มีคุณภาพเกรดต่ำแต่ราคาถูกกว่าชนิดCrushed ซึ่งในการออกแบบใช้เครื่องบิน ชนิด boing737 และใช้อัตราการขึ้นลงต่อปี 1460 ครั้ง/ปี และใช้ค่า CBR แต่ละชั้นดังแสดงในรูปที่ 4.10

จากการออกแบบสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความหนาแต่ละชั้นและความหนาทั้งหมดของสนามบินโมเดล1ดังแสดงในรูปที่ 4.11 จากนั้นนำข้อมูลความหนาที่ได้แต่ละชั้นพร้อมกับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 4.10 หาค่าความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างชั้น surface กับชั้น base โดยใช้โปรแกรม KENPAVE และสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความเครียกที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.12

และจากการออกแบบทางวิ่งของสนามบินโมเดล1สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ทั้งหมดรวมไปถึงการหารราคาของชั้นดินแต่ละชั้นและราคาทั้งหมดของชั้นดินดังแสดงในตาราง 4.4

ผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 4 จากโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN FOR 10/31/2005

Ladkrabang International Airport *AC Method*
Bangkok
Engineer - By Civil Enginning KMITL AIP No.

45" **Total Thickness Required (inches)**
No thickness adjustments required

Stabilized Base/Subbase Are Required

Initial Pavement Cross Section		Stabilized or Modified Cross Section		Factors
5"	Pavement Surface Layer (P-401)	5"	P-401 Plant Mix Bituminous Pavements	
8" (5.76)	Base Layer (P-208)	8"	Not stabilized	1
22"	Subbase #1 (P-154) CBR= 25	14"	P-304, Cement Treated Base Course	1.6
10"	Subbase #2 CBR= 5	10"	Material as defined by user	
0"	Subbase #3 CBR= 0	0"	Material as defined by user	

( ) = Subminimal base thickness calculation

Frost Considerations

0 lb/cf	Dry Unit Weight of Soil	
0	Degree Days °F	
No Data Provide	Frost Penetration Depth	
3	Original CBR value of subgrade Soil	
3	CBR Value used for the Subgrade Soil	Non-Frost Code for Subgrade Soil
25	CBR Value used for subbase #1	Non-Frost code for Subbase #1
5	CBR Value used for subbase #2	Non-Frost code for Subbase #2
0	CBR Value used for subbase #3	No frost selection made for Subbase #3

Design Aircraft Information

The Design Aircraft is a DUAL150 - 150,000 lbs -- ( )

150000 lbs	Gross Weight	20	Design Life (years)
1,460	Equivalent Annual Departures		

Subgrade Compaction Requirements for Design Aircraft

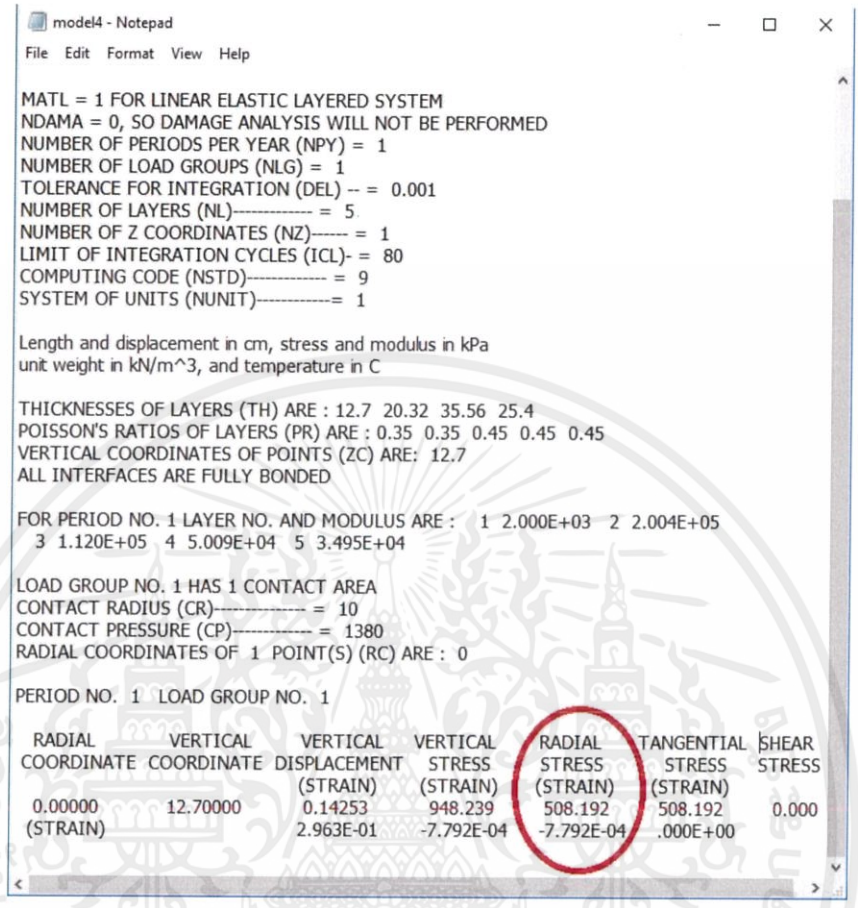
Non-Cohesive Soils		Cohesive Soils	
Compaction	Depth Required	Compaction	Depth Required
100%	0 - 19	95%	0 - 7"
95%	19 - 32"	90%	7 - 14"
90%	32 - 46"	85%	14 - 21"
85%	46 - 60"	80%	21 - 28"

See Appendix 5 to AC 150/5320-6D, Airport Design and Evaluation, for application of this software.

รูปที่ 4.11 ความหนาของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 4 ที่ได้จากโปรแกรม Excel Airfield Flexible Pavement Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ Strain ที่เกิดขึ้นของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ 4 จากโปรแกรม KENPAVE


model4 - Notepad

File Edit Format View Help

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM
NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED
NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1
NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1
TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001
NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 5
NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ = 1
LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80
COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9
SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----------= 1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa
unit weight in kN/m^3, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 12.7 20.32 35.56 25.4
POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.35 0.35 0.45 0.45 0.45
VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 12.7
ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 2.000E+03 2 2.004E+05
3 1.120E+05 4 5.009E+04 5 3.495E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 1 CONTACT AREA
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 10
CONTACT PRESSURE (CP)---------- = 1380
RADIAL COORDINATES OF 1 POINT(S) (RC) ARE : 0

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

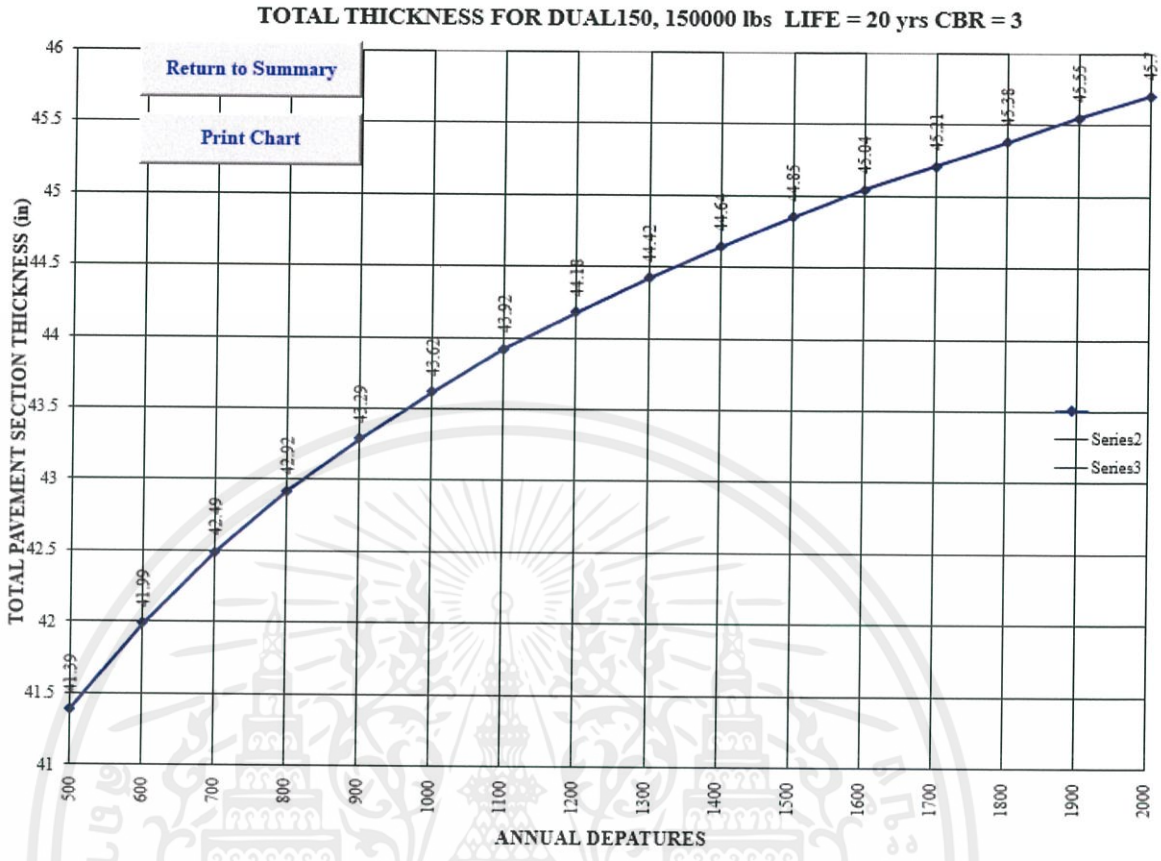
RADIAL COORDINATE	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISPLACEMENT (STRAIN)	VERTICAL STRESS (STRAIN)	RADIAL STRESS (STRAIN)	TANGENTIAL STRESS (STRAIN)	SHEAR STRESS
0.00000	12.70000	0.14253	948.239	508.192	508.192	0.000
(STRAIN)		2.963E-01	-7.792E-04	-7.792E-04	.000E+00	

รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความเครียดที่ได้ของทางวิ่งสนามบิน Model 4

ตารางที่ 4.4 การสรุปผลการวิเคราะห์ทางวิ่งของสนามบินที่ออกแบบ 4

ความเครียดที่เกิดขึ้น (-7.792×10^{-4})						
ชั้นดิน	**CBR (%)**	**ความหนา (เมตร)**	**ชนิดของดินที่ใช้**	**จำนวนดินที่ใช้ในการก่อสร้าง (ลบ.ม)**	**ราคา ต่อ ลบ.ม (บาท)**	**ราคา (บาท)**
ชั้น subgrade	3%		ดินเดิม	-	-	-
ชั้น subbase2	5%	0.254	ดินถม	13,716	343.33	4,709,114.28
ชั้น subbase1	25%	0.3556	ดินถม P-304	19,202.4	672.2	12,907,853.28
ชั้น base	80%	0.2032	หินคลุก P208	10,972.8	350	3,840,480.00
ชั้น surface	-	0.127	แอสฟัลท์	6,858	2535.9	17,391,202.20
	รวม	0.9398			**รวม**	38,848,649.76

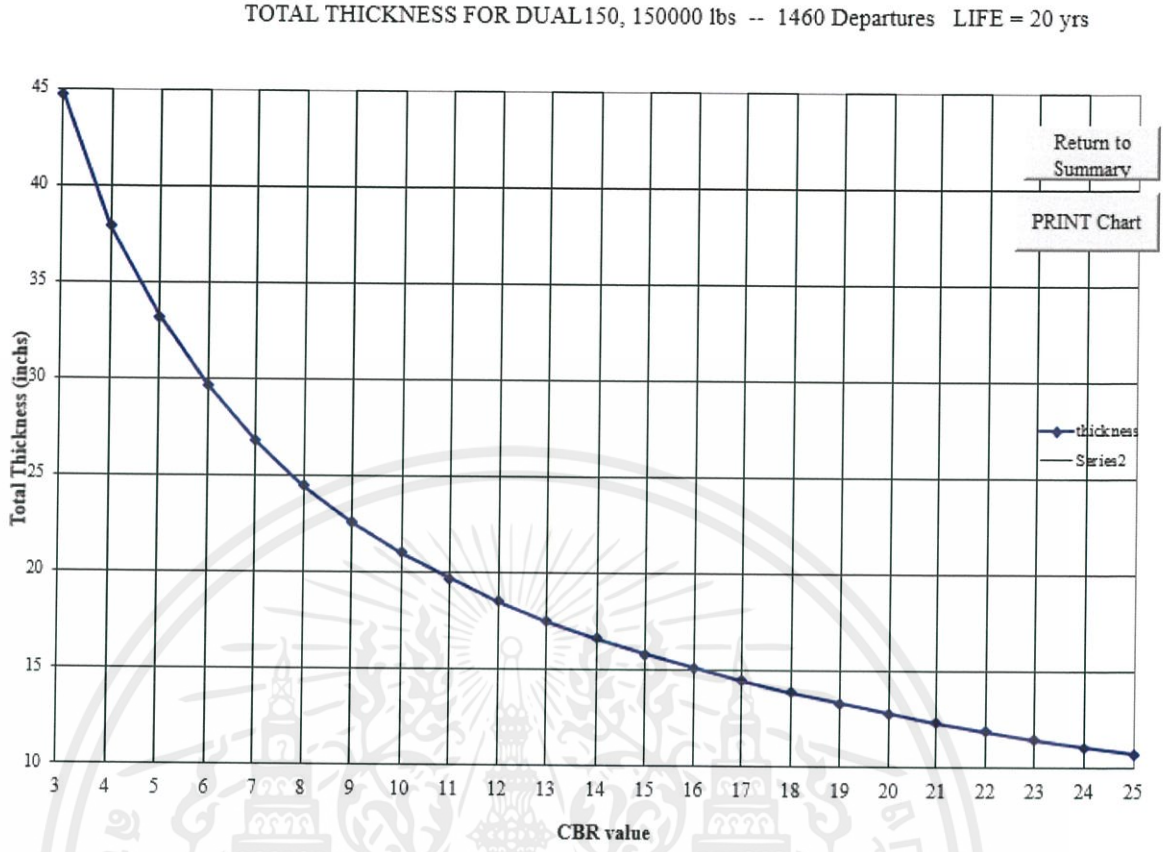
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาทั้งหมดกับอัตราการขึ้นลงต่อปีของเครื่องบินน้ำหนัก 150,000 lbs

จากรูปที่ 4.13 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาทั้งมหดกับอัตราการขึ้นลงต่อปี ของน้ำหนักเครื่องบิน 150,000 lbs สำหรับการใช้งาน 20ปี และ CBRชั้นsubgrade เท่ากับ 3 แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีอัตราการขึ้นลงต่อปีของเครื่องบินที่มากขึ้น ความหนาทั้งหมดของโครงสร้างทางวิ่งของสนามบินก็จะมากขึ้นด้วย เพื่อสามารถรองรับการใช้งานได้ ทั้งนี้ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาทั้งหมดกับอัตราการขึ้นลงต่อปีของเครื่องบิน จะเป็นกราฟที่ได้จากผลลัพธ์ของการออกแบบความหนาของชั้นโครงสร้างทางวิ่งในแต่ละโมเดล ทั้งสี่โมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาทั้งหมดกับค่า CBR

จากรูปที่ 4.14 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาทั้งหมดกับค่า CBR สำหรับน้ำหนักเครื่องบิน 150,000 lbs อายุการใช้งาน 20 ปี และ มีอัตราการขึ้นลงต่อปีของเครื่องบินเท่ากับ 1460 ครั้งต่อปี แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีค่า CBR ที่มากขึ้น ก็จะทำให้ได้ความหนาทั้งหมดของโครงสร้างทางวิ่งที่น้อยลง เนื่องจากโครงสร้างทางวิ่งของสนามบิน มีความแข็งแรงมากขึ้น จากการบดอัดที่มากกว่า แต่เมื่อค่า CBR มากถึงจุดหนึ่ง ค่าความหนาทั้งหมดของสนามบินก็จะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงมาก เนื่องจากว่าดินนั้นมีการบดอัดที่แน่นมากพอที่ไม่สามารถยุบตัวได้มากอีก ทั้งนี้ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาทั้งหมดกับค่า CBR จะเป็นกราฟที่ได้จากผลลัพธ์ของการออกแบบความหนาของชั้นโครงสร้างทางวิ่งในแต่ละโมเดล ทั้งสี่โมเดล

จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมดของทางวิ่งสนามบินที่ออกแบบ ทำให้ได้ค่า Strain ที่เกิดขึ้นระหว่างชั้น Surface และชั้น Base และทราบมูลค่าการก่อสร้างของโครงสร้างทางวิ่งสนามบิน ทั้งสี่โมเดล ดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.4 เพื่อนำไปวิเคราะห์หาโมเดลที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

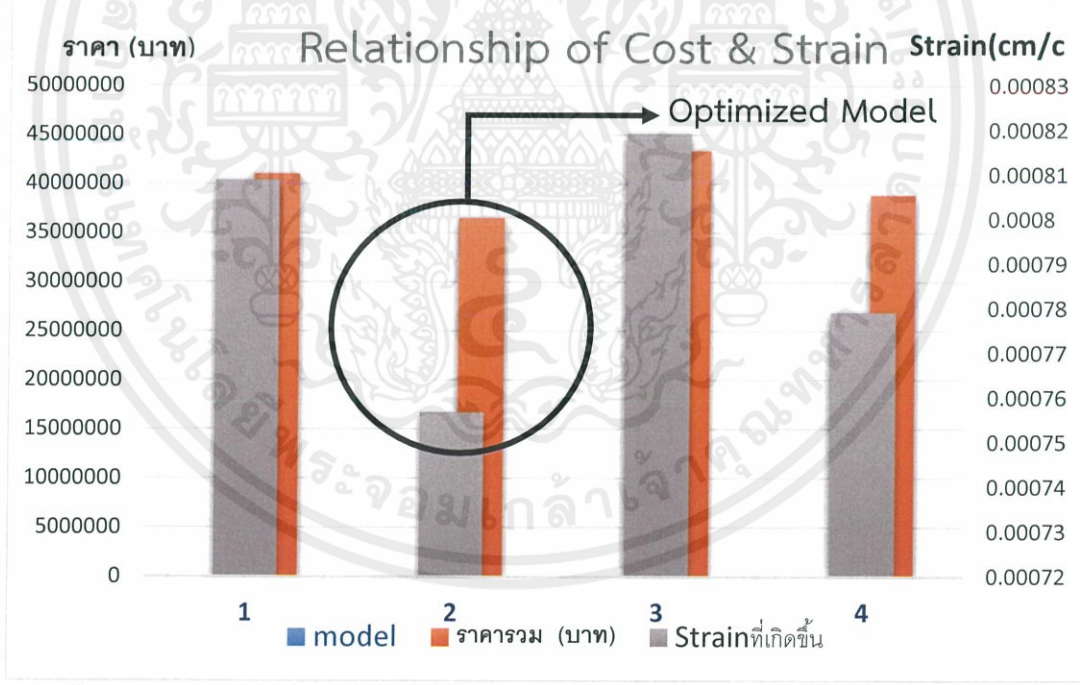
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทำโครงงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการออกแบบทางวิ่งของสนามบินเพื่อหาโมเดลทางวิ่งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยเลือกใช้วัสดุที่มีในประเทศไทยมาออกแบบโมเดลทางวิ่งของสนามบินทั้งหมด 4 โมเดล และนำมาเปรียบเทียบมูลค่าการก่อสร้างและค่าความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นผิวทางกับชั้นพื้นทาง

การออกแบบโมเดลทางวิ่งของสนามบินจะออกแบบโดยเลือกใช้วัสดุที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้ได้ความหนาของชั้นโครงสร้างทางวิ่งที่แตกต่างกัน มูลค่าการก่อสร้างและค่าความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นผิวทางกับชั้นพื้นทางจึงแตกต่างกันด้วยในแต่ละโมเดล และสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษามาแสดงเป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบแผนภูมิแท่งได้ ดังรูปที่ 5.1 และจากผลการวิเคราะห์โมเดลทางวิ่งทั้ง 4 โมเดล พบว่าโมเดลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ โมเดลที่ 2 เนื่องจากมีมูลค่าก่อสร้างน้อยที่สุด และมีค่าความเครียดระหว่างชั้นผิวทางและชั้นพื้นทางน้อยที่สุด ตามด้วยโมเดลที่ 4, โมเดลที่ 1 และโมเดลที่ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 5.1 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการก่อสร้างและค่าความเครียดที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบทางวิ่งของสนามบิน ควรขยายขอบเขตที่มากขึ้นกว่านี้ เนื่องจากหลักการออกแบบทางวิ่งของสนามบิน อาจจะมีหลักกการและทฤษฎีอีกมากมาย ซึ่งโครงงานนี้มีขอบเขตเพียงแค่ศึกษาจากการออกแบบความหนาของทางวิ่งเท่านั้น และควรประสานขอความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึกมากกว่านี้ เพื่อความสมบูรณ์ของการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] รศ.จิรพัฒน์ โชติกไกร.(2555).การออกแบบทาง.(พิมพ์ครั้งที่6). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ISBN978-616-556-031-3 [September 2018-Mach 2019]

[2] RAYMOND T. UHL .(1995). AC 150/5320-6D. Initiated by: AAS-200. (online): https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5320_6d_cancelled.pdf [September 2018 – Mach 2019]

[3] DAVID L. BENNETT.(2002).AC No: 150/5320-6D-chg2. Initiated by: AAS-100.(online): https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5320_6d_chg2.PDF [September 2018 – Mach 2019]

[4] David L. Bennett.(2006). AC No: 150/5335-5A. Initiated by: AAS-100.(online): https://www.faa.gov/documentLibrary/media/advisory_circular/150-5335-5A/150_5335_5a.pdf [September 2018 – Mach 2019]

[5] Michael O'Donnell.(2009).AC No: 150/5320-6E. Initiated by: AAS-100.(online): https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5320_6e.pdf [September 2018 – Mach 2019]

[6] Michael O'Donnell.(2016) .AC No: 150/5320-6F. Initiate by: AAS-100.(online): https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5320-6F.pdf [September 2018 – Mach 2019]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ราคาวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ไม่รวมค่าขนส่ง) ปี2562

หมวดวัสดุถมหรือรองพื้น

1	ทรายถมที่	หน่วย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2	ทรายถมที่	ลบ.ม.	325.00	325.00	325.00	325.00	-	-	-	-	-	-	-	-	325.00
3	ดินถมที่	หน่วย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
4	ดินถมที่	ลบ.ม.	343.33	343.33	343.33	343.33	-	-	-	-	-	-	-	-	343.33
5	ดินลูกรัง	หน่วย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
6	ดินลูกรัง	ลบ.ม.	350.00	350.00	350.00	350.00	-	-	-	-	-	-	-	-	350.00
7	หินคลุก	หน่วย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
8	หินคลุก	ลบ.ม.	410.00	410.00	410.00	410.00	-	-	-	-	-	-	-	-	410.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ไม่รวมค่าขนส่ง) ปี2562

หมวดวัสดุผลิตภัณฑ์

13	ยางมะตอย	หน่วย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
14	ชนิดเอซี เกรด AC - 60/70 บรรจุ BULK	ตัน	16,983.33	17,350.00	18,833.33	19,400.00	-	-	-	-	-	-	-	-	18,141.67
15	ชนิดเออีแข็งตัวช้า เกรด CSS-1 บรรจุ BULK	ตัน	20,896.00	21,162.67	22,029.33	21,666.67	-	-	-	-	-	-	-	-	21,438.67
16	ชนิดเออีแข็งตัวช้า เกรด CSS-1h บรรจุ BULK	ตัน	20,732.00	20,998.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,865.34
17	ชนิดเออีแข็งตัวเร็ว เกรด CRS-2 บรรจุ BULK	ตัน	20,416.00	20,682.67	21,549.33	21,266.67	-	-	-	-	-	-	-	-	20,978.67
18	ชนิดเออีแข็งตัวเร็วปานกลาง เกรด CMS-2h บรรจุ BULK	ตัน	21,029.00	21,295.67	22,162.33	21,833.33	-	-	-	-	-	-	-	-	21,580.08
19	ชนิดคัทแบ็คแข็งตัวเร็วปานกลาง เกรด MC-70 บรรจุ BULK	ตัน	39,213.33	39,213.33	40,146.67	36,166.67	-	-	-	-	-	-	-	-	38,685.00
20	ชนิด PMA (Polymer Modified Asphalt) บรรจุ BULK	ตัน	36,350.00	36,900.00	38,300.00	36,250.00	-	-	-	-	-	-	-	-	36,950.00
21	ยางมะตอย ชนิดเออีแข็งตัวเร็ว เกรด EAP บรรจุ BULK	ตัน	31,659.00	32,109.00	33,059.00	30,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	31,706.75
22	ยางมะตอย ชนิดเออีแข็งตัวเร็ว เกรด CSS-1h (EMA) บรรจุ BULK	ตัน	34,626.50	35,076.50	36,026.50	33,500.00	-	-	-	-	-	-	-	-	34,807.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ไม่รวมค่าขนส่ง) ปี2562

หมวดวัสดุผลิตภัณฑ์

1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	หน่วย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทผู้รับเหมา ราคาโรงงาน														
3	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนถุง ประเภท 1 บรรจุ 50 กก./ถุง ตราทีพีไอ สีแดง* (สระบุรี)	ตัน	2,194.00	2,194.00	2,194.00	2,194.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2,194.00
4	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนถุง ประเภท 1 บรรจุ 50 กก./ถุง ตราอินทรีเพชร (สระบุรี)	ตัน	2,194.00	2,194.00	2,194.00	2,194.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2,194.00
5	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนถุง ประเภท 1 บรรจุ 50 กก./ถุง ตราราชสีห์แดง * (สระบุรี)	ตัน	2,694.00	2,694.00	2,694.00	2,694.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2,694.00
6	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนถุง ประเภท 1 บรรจุ 50 กก./ถุง ตราดอกบัว (แดง) (สระบุรี)	ตัน	2,694.00	2,694.00	2,694.00	2,694.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2,694.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาวัสดุก่อสร้าง กรุงเทพมหานคร (ราคาเงินสด ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ไม่รวมค่าขนส่ง) ปี2562

หมวดวัสดุผสมคอนกรีต

1	ทราย	หน่วย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2	**ทรายหยาบ**														
3	ทรายหยาบ	ลบ.ม.	460.00	460.00	460.00	460.00	-	-	-	-	-	-	-	-	460.00
4	**ทรายละเอียด**														
5	ทรายละเอียด	ลบ.ม.	478.33	478.33	478.33	478.33	-	-	-	-	-	-	-	-	478.33
6	**หินย่อย**	**หน่วย**	**ม.ค.**	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**	**พ.ย.**	**ธ.ค.**	**เฉลี่ย**
7	**หินย่อย**														
8	หินย่อย เบอร์ 1	ลบ.ม.	554.00	554.00	554.00	554.00	-	-	-	-	-	-	-	-	554.00
9	หินย่อย เบอร์ 2	ลบ.ม.	542.50	542.50	542.50	542.50	-	-	-	-	-	-	-	-	542.50
10	**หินเกล็ด**	**หน่วย**	**ม.ค.**	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**	**พ.ย.**	**ธ.ค.**	**เฉลี่ย**
11	หินเกล็ด สีขาว- ดำ บรรจุถุง 22 กก.	ถุง	37.00	37.00	37.00	37.00	-	-	-	-	-	-	-	-	37.00
12	หินเกล็ด สีเหลือง-ชมพู บรรจุถุง 22 กก.	ถุง	98.00	98.00	98.00	98.00	-	-	-	-	-	-	-	-	98.00
13	หินเกล็ด สีเลือดหมู บรรจุถุง 22 กก.	ถุง	85.00	85.00	85.00	85.00	-	-	-	-	-	-	-	-	85.00
14	หินเกล็ด สีขาว-ดำ	ลบ.ม.	570.00	570.00	570.00	570.00	-	-	-	-	-	-	-	-	570.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

มาตรฐานกรมทางหลวง

ที่ ทล.-ม. 204/2556

มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Base)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมทางหลวง

มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์
(Soil Cement Base)

* * * * *

งานนี้ประกอบด้วยการก่อสร้างพื้นทางที่ใช้ดินผสมกับปูนซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์และน้ำ โดยจะก่อสร้างเป็นชั้นเดียวหรือหลายชั้นไปบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ให้ถูกต้องตามข้อกำหนด และมีแนว ระดับ ความลาด ขนาด ตลอดจนรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบและตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ดินซีเมนต์อาจมีปูนขาวผสมด้วยก็ได้

1. วัสดุ

1.1 ดิน

ดินที่ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามที่ได้ระบุไว้ในแบบ หรือในรายละเอียดต่อท้ายสัญญา ต้องปราศจากหน้าดิน วัชพืช อินทรีย์วัตถุ หรือสารอื่นใด ที่อาจเป็นอันตรายต่อคุณภาพของดินซีเมนต์เจือปนอยู่ ห้ามใช้วัสดุจำพวก Shale

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติของดินไว้เป็นอย่างอื่น ดินที่จะใช้ทำดินซีเมนต์จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.1.1 มีขนาดคละที่ดี และเมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" ต้องมีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร มีส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มิลลิเมตร (เบอร์ 10) ไม่เกินร้อยละ 70 และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200) ไม่เกินร้อยละ 25

1.1.2 มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 102 "วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (LL) ของดิน" ไม่เกินร้อยละ 40

1.1.3 มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 103 "วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit (PL) และ Plasticity Index (PI) ของดิน" ไม่เกินร้อยละ 15

1.1.4 มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.- ท. 202 "วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion ไม่เกินร้อยละ 60

1.1.5 ในกรณีที่ Liquid Limit หรือ Plasticity Index เกินกว่าค่าที่กำหนดจะต้องใช้ปูนขาวผสมเพื่อลดค่าดังกล่าวให้อยู่ในกำหนด แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของดิน

1.2 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ ต้องเป็นชนิดปอร์ตแลนด์ที่มีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐาน มอก.15 ประเภท 1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้อาจบรรจุอยู่ในไซโลหรือเป็นแบบบรรจุถุงก็ได้ ถ้าเป็นแบบบรรจุถุงผู้รับจ้างจะต้องจัดทำโรงเก็บปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้ปูนซีเมนต์ชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ตลอดงานตามสัญญา ต้องเป็นตราและประเภทเดียวกัน เว้นแต่จะได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานเป็นอย่างอื่น

ห้ามนำปูนซีเมนต์ที่จับตัวเป็นก้อนปนอยู่มาใช้งาน เว้นแต่จะได้มีการออกแบบส่วนผสมใหม่และได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

1.3 ปูนขาว

ในกรณีที่ดินมีค่า Liquid Limit หรือ Plasticity Index เกินกว่าค่าที่กำหนด ผู้รับจ้างจะต้องใช้ปูนขาวผสมกับดิน เพื่อลดค่า Liquid Limit หรือ Plasticity Index ก่อนการผสมกับปูนซีเมนต์ ปูนขาวที่ใช้เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" ต้องมีส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

1.4 น้ำ

น้ำที่จะนำมาใช้ผสมหรือบ่มชั้นพื้นทางดินซีเมนต์จะต้องสะอาด ปราศจากสารต่าง ๆ เช่น เกลือ น้ำมัน กรด ด่าง และอินทรีย์วัตถุ หรือสารอื่นใดที่จะเป็นอันตรายต่อชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน

ห้ามใช้น้ำทะเลในการผสมหรือบ่มชั้นพื้นทางดินซีเมนต์

2. เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาด และอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ถ้าเครื่องจักรและเครื่องมือชิ้นใดทำงานได้ไม่เต็มที่ หรือทำงานไม่ได้ผลตามวัตถุประสงค์ ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข หรือจัดหาเครื่องจักรและเครื่องมืออื่นใดมาใช้แทนหรือเพิ่มเติม ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน

2.1 โรงผสมแบบติดตั้งกับที่ (Central Mixing Plant)

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไปของโรงผสมแบบติดตั้งกับที่ วัสดุต่างๆของส่วนผสมดินซีเมนต์ให้จัดอัตราส่วนเป็นน้ำหนักทั้งหมด โดยวัสดุดิน ปูนซีเมนต์ น้ำและปูนขาว ผสมรวมกันในโรงผสม การชั่งวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการผสมดินซีเมนต์ต้องดำเนินการตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ปริมาณของวัสดุที่ใส่เข้าไปในเครื่องผสม ต้องไม่มากเกินไปจนทำให้ดินซีเมนต์ผสมไม่เข้ากัน และถ้าหากพบว่าดินซีเมนต์ผสมไม่เข้ากัน ผู้รับจ้างต้องลดอัตราการใส่วัสดุเข้าไปในเครื่องผสมลงตามสัดส่วนของวัสดุแต่ละอย่าง

ผู้รับจ้างอาจเลือกใช้โรงผสมแบบชุด (Batch Mixer) หรือแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixer) ก็ได้ โดยเครื่องจักรที่ใช้งานต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

โรงผสมแบบชุดหรือแบบผสมต่อเนื่อง ต้องมีเครื่องป้อนวัสดุ และมาตรวัดปริมาณวัสดุที่ผ่านเข้าไปในเครื่องผสมตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้จากการออกแบบ

โรงผสมดินซีเมนต์อาจดัดแปลงมาจากโรงผสมซีเมนต์คอนกรีต หรือโรงผสมแอสฟัลต์คอนกรีตก็ได้ แต่ต้องอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อย่างเหมาะสม โดยได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อนนำมาใช้งาน

2.1.2 โรงผสมดินซีเมนต์แบบชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงผสมแบบชุดประกอบด้วยเครื่องผสมที่มีตัวผสมที่เหมาะสม ทำหน้าที่คลุกเคล้าดินซีเมนต์ให้เข้ากันดี

โรงผสมแบบชุดต้องมีเครื่องจับเวลาของการผสม ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน เครื่องจับเวลาต้องสามารถอ่านเวลาละเอียดถึง 2 วินาที นอกจากนี้โรงผสมต้องติดตั้งเครื่องนับจำนวนชุดที่ผสมแล้วเสร็จติดอยู่กับโม่ด้วย

เวลาของการผสม ให้เริ่มนับเมื่อวัสดุทุกอย่างถูกใส่ลงในห้องผสม จนถึงเวลาเมื่อดินซีเมนต์ถูกปล่อยออกจากห้องผสม การผสมต้องดำเนินต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งดินซีเมนต์มีลักษณะคลุกเคล้าเข้ากันอย่างดี โดยสังเกตจากสีและลักษณะของส่วนผสมที่กลมกลืนกันดี โดยปกติเวลาของการผสมไม่ควรน้อยกว่า 30 วินาที

เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งปูนซีเมนต์ในแต่ละชุดต้องอ่านได้ละเอียดกว่าเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งดิน

2.1.3 โรงผสมดินซีเมนต์แบบผสมต่อเนื่อง

โรงผสมแบบผสมต่อเนื่องจะจัดสัดส่วนของดิน ปูนซีเมนต์และปูนขาวโดยส่งจากยุ้งผ่านสายพานหรือเครื่องป้อนอื่นใด ผ่านเข้าไปยังโรงผสมอย่างต่อเนื่อง ปริมาณของดิน ปูนซีเมนต์ น้ำและปูนขาว จะถูกควบคุมโดยเครื่องควบคุมอัตโนมัติ

ระบบการป้อนดินเข้าสู่โรงผสม อาจเป็นระบบทางกลหรือทางไฟฟ้าก็ได้ แต่ควรเป็นระบบเดียวกันกับระบบการป้อนปูนซีเมนต์

ในการผสมดินซีเมนต์แบบผสมต่อเนื่อง ผู้รับจ้างต้องเตรียมเครื่องชั่งสำหรับชั่งหามวลของหินคลุก ปูนซีเมนต์ น้ำและปูนขาว เพื่อตรวจสอบส่วนผสมให้ถูกต้อง

2.1.4 เครื่องชั่ง

เครื่องชั่งที่ใช้ในการหามวลของดิน ปูนซีเมนต์ น้ำและปูนขาว ต้องมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 0.5 ของน้ำหนักที่ชั่ง และห้ามใช้เครื่องชั่งแบบสปริง

กรณีควบคุมปริมาณน้ำโดยใช้ปริมาตร เครื่องมือควบคุมปริมาณน้ำต้องมีความละเอียดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของปริมาตรที่ตวง

ผู้รับจ้างต้องจัดหาตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 25 กิโลกรัม อย่างน้อย 10 ตุ้ม ไว้ที่หน้างาน เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องชั่ง

การคิดน้ำหนักปูนซีเมนต์อาจใช้วิธีชั่งโดยตรง หรือจากการนับจำนวนถุงบรรจุมาตรฐานก็ได้ โดยทั่วไปปูนซีเมนต์บรรจุในถุงมาตรฐานจะหนัก 50 กิโลกรัม ถ้าใช้วิธีชั่ง ก็จะมีเครื่องชั่งและถังสำหรับชั่งปูนซีเมนต์ต่างหาก พร้อมทั้งรางและเครื่องมืออื่นๆ เพื่อใช้สำหรับปล่อยให้ปูนซีเมนต์ออกจากถังชั่งไปสู่ห้องผสม การดำเนินงานในเรื่องนี้จะต้องใช้วิธีการที่เหมาะสมและได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

2.2 เครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ (Travelling Mixing Machine)

เครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ ต้องเป็นแบบที่มีใบมีดผสมแบบแกนหมุน (Mechanical Rotor) ซึ่งผสมได้ตลอดความลึกสำหรับผสมดิน ปูนซีเมนต์ น้ำและปูนขาวติดตั้งอยู่ และต้องมีเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จ่ายปูนซีเมนต์และ/หรือน้ำและ/หรือปูนขาวที่สามารถควบคุมอัตราการจ่ายได้อย่างสม่ำเสมอตามปริมาณที่กำหนด หรือเป็นเครื่องจักรผสมอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงแล้วว่าสามารถควบคุมการผสมดิน ปูนซีเมนต์ น้ำและปูนขาว ให้มีลักษณะคลุกเคล้าเข้ากันได้อย่างสม่ำเสมอ ห้ามใช้รถเกลี่ยเป็นเครื่องจักรผสมดินกับปูนซีเมนต์โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องจักรบดทับ

เครื่องจักรบดทับทุกชนิดต้องเป็นแบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง โดยมีขนาด ชนิด น้ำหนัก และจำนวนเหมาะสมกับการก่อสร้างชั้นทาง ชนิดวัสดุ และสามารถอำนวยให้การก่อสร้างดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ติดขัดหรือหยุดชะงัก การกำหนดรายละเอียดเรื่องเครื่องจักรบดทับให้พิจารณาจากการก่อสร้างแปลงทดสอบในสนามเป็นหลัก โดยต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

3. ข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์

3.1 อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ น้ำ และปูนขาว ที่ใช้ผสมกับดินนั้น นายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนดให้ที่หน้างาน และอาจจะสั่งเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับการทดลองหากำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ ทั้งในห้องทดลองและจากการทำพื้นทางทดลองในสนาม

3.2 ในการออกแบบส่วนผสมของดินซีเมนต์เพื่อหาปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะผสมกับดินและน้ำ ให้ถือเอาค่า Unconfined Compressive Strength ของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่ได้จากการทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท 105 "วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน" โดยอนุโลม ซึ่งแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ทดสอบจะถูกบดอัดในแบบตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน" ภายหลังการบ่มในถุงพลาสติกเพื่อมิให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงนาน 7 วัน แล้วนำไปแช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1 724 กิโลพาสคัล (250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ

3.3 ปริมาณน้ำในดินที่ใช้ในการเตรียมแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ เพื่อการทดสอบหากำลังรับแรงอัดตามวิธีการทดลองในข้อ 3.2 ให้ใช้ปริมาณน้ำในดินที่ Optimum Moisture Content ซึ่งได้จากการทดลองการบดอัดดินตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน" ปริมาณน้ำในดินปริมาณนี้ใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการบดทับในสนามขณะทำการก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์

หมายเหตุ หากต้องการหาปริมาณน้ำในดินที่ Optimum Moisture Content ที่แท้จริงของส่วนผสมดินซีเมนต์แล้ว ให้หาจากการทดลองบดอัดดินซีเมนต์ที่อัตราส่วนของปูนซีเมนต์จากส่วนผสมที่ให้กำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 1 724 กิโลพาสคัล (250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบตามข้อ 3.2 แล้วดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน" อย่างไรก็ดี ปริมาณน้ำในดินที่ Optimum Moisture Content ซึ่งได้จากการบดอัดดินซีเมนต์ จะให้ค่าที่ไม่แตกต่างไปจากปริมาณน้ำในดินที่ Optimum Moisture Content ซึ่งได้จากการบดอัดดินตามข้อ 3.3 โดยวิธีการทดลองแบบเดียวกันมากนัก

4. วิธีการก่อสร้าง

4.1 การทดลองในแปลงทดลองแปลงแรก

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะใช้เป็นส่วนผสมดินซีเมนต์ระหว่างการทดลองก่อสร้างแปลงแรก จะหาได้จากการทดลองผสมดินซีเมนต์ในห้องทดลอง โดยใช้ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่างๆ ที่ปริมาณน้ำในดินที่ Optimum Moisture Content ตามข้อ 3.3 แล้วเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบและบ่มในถุงพลาสติก โดยไม่ให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงตามวิธีการต่างๆ เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วในข้อ 3.2 และเลือกส่วนผสมทดลองที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดในช่วงร้อยละ 105 ถึงร้อยละ 125 (โดยทั่วไปควรเลือกที่ประมาณ ค่าตัวกลาง คือร้อยละ 115) ของค่ากำลังรับแรงอัดที่ไม่น้อยกว่า 1 724 กิโลพาสคัล (250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ เป็นส่วนผสมที่จะใช้ในระหว่างก่อสร้างแปลงทดลองแปลงแรก ซึ่งควรจะมีความยาวประมาณ 200 - 500 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมในระหว่างการก่อสร้าง

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมในระหว่างการก่อสร้าง จะต้องคิดเผื่อประสิทธิภาพของการผสมด้วย เมื่อใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ตามที่ได้เลือกไว้แล้วตามข้อ 4.1 ประสิทธิภาพของการผสมสามารถจะคิดคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของการผสม} = \frac{\text{กำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์จากการผสมด้วยเครื่องผสม}}{\text{กำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์จากการผสมในห้องทดลอง}}$$

เมื่อ กำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์จากการผสมด้วยเครื่องผสม หาได้จากการทดลองกำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์ที่เตรียมจากเครื่องผสม

และกำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์จากการผสมในห้องทดลอง คือ กำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์จากค่าที่ได้เลือกไว้แล้วตามข้อ 4.1

โดยทั่วไปเครื่องผสมจะมีประสิทธิภาพของการผสมน้อยกว่าการผสมในห้องทดลอง กล่าวอีกนัยหนึ่ง แท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่เตรียมจากเครื่องผสมจะให้กำลังรับแรงอัดน้อยกว่าแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่เตรียมจากห้องทดลองเมื่อใช้ปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้กำลังรับแรงอัดตามที่ต้องการ และปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการนี้ คือ ปริมาณปูนซีเมนต์ ณ จุดที่ได้ทำการปรับแก้ค่ากำลังรับแรงอัดตามข้อ 3.2 ด้วยประสิทธิภาพของการผสม

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะเป็นแหล่งวัสดุ เครื่องจักร เครื่องมือ หรือสิ่งอื่นใดที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพของการผสมเปลี่ยนไป จะต้องทำการตรวจสอบหาประสิทธิภาพของการผสมใหม่ทุกครั้ง เพื่อปรับส่วนผสมให้ถูกต้องอยู่เสมอ

การบดทับและปริมาณน้ำในดินที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการก่อสร้าง ก็มีผลทำให้ต้องมีการปรับปริมาณปูนซีเมนต์ให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงด้วย

4.3 การก่อสร้าง

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ให้เป็นไปตามข้อ 4.1 สำหรับแปลงก่อสร้างแปลงแรกและตามข้อ 4.2 สำหรับแปลงก่อสร้างต่อๆ ไป

ปริมาณน้ำในดินที่ใช้ในระหว่างการผสมดินซีเมนต์ในเครื่องผสม ให้ใช้ที่ Optimum Moisture Content โดยประมาณ

กรณีใช้โรงผสมแบบติดตั้งกับที่ ภายหลังที่ได้ผสมดินซีเมนต์เข้ากันดีแล้ว ให้ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสม เช่น รถบรรทุกกระบะยก ขนดินซีเมนต์จากโรงผสมไปปูลงบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นทางอื่นใดที่ผ่านการทดสอบความแน่น มีความลาดและระดับได้ตามแบบ โดยปูลงไปในที่ที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วทำการบดทับให้แน่น โดยใช้เครื่องมือบดทับที่เหมาะสม ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งเสร็จการบดทับไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง

กรณีใช้เครื่องจักรผสมแบบเคลื่อนที่ ภายหลังจากที่ส่วนผสมดิน ปูนซีเมนต์ น้ำและปูนขาวคลุกเคล้าเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ ให้เกลี่ยแต่งแล้วทำการบดทับให้แน่น ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งเสร็จการบดทับไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง

ภายหลังการบดทับให้ทำการแต่งระดับขั้นสุดท้าย (Fine Grading) ทันที

ให้ทำการพ่นน้ำเลี้ยงผิวหน้าของพื้นทางดินซีเมนต์ในขณะบดทับ และภายหลังการบดทับให้ชื้นอยู่ตลอดเวลา น้ำที่พ่นลงไปนี้นอกจากจะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ ดินและน้ำให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันจะมีผลทำให้กำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์เพิ่มขึ้น แล้วยังจะช่วยลดรอยแตกผิวอันเนื่องมาจากการสูญเสียความชื้นหลังบดทับด้วย

ควรทำการพ่นน้ำเลี้ยงผิวหน้าของพื้นทางดินซีเมนต์ติดต่อกันในช่วง 3 วันแรกภายหลังการบดทับ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวในวรรคข้างต้น

4.4 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์ ให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้ความหนาหลังการบดทับแต่ละชั้นไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

เมื่อได้ก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์แบบกำหนดไว้หนาไม่เกิน 150 มิลลิเมตร จนได้ความยาวพอเหมาะในแต่ละวันแล้ว ให้ดำเนินการทดสอบความแน่นของการบดทับตามข้อ 4.4.1 และทดสอบกำลังรับแรงอัดตามข้อ 4.4.2 หากผลทดลองที่ได้เป็นไปตามข้อกำหนดก็ให้ดำเนินการก่อสร้างชั้นทางในชั้นต่อไปได้

ในกรณีที่แบบพื้นทางดินซีเมนต์กำหนดไว้หนา 200 มิลลิเมตร ให้ผู้รับจ้างก่อสร้างพื้นทางเป็น 2 ชั้น หนาชั้นละประมาณ 100 มิลลิเมตร โดยที่เมื่อได้ก่อสร้างพื้นทางชั้นแรกจนได้ความยาวพอเหมาะที่จะก่อสร้างพื้นทางในชั้นถัดไปแล้ว ให้ดำเนินการทดสอบความแน่นของการบดทับตามข้อ 4.4.1 และทดสอบกำลังรับแรงอัดตามข้อ 4.4.2 หากผลทดลองเป็นไปตามข้อกำหนดก็ให้ดำเนินการก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์ในชั้นต่อไปได้

ก่อนการปูพื้นทางดินซีเมนต์ชั้นถัดไป ให้ทำการพ่นน้ำให้ผิวหน้าของชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้วชุ่มชื้น ถ้าผิวหน้าของชั้นพื้นทางดินซีเมนต์เรียบเป็นมัน ให้ผู้รับจ้างทำการครูดผิวหน้าของชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไว้แล้วให้เป็นริ้วรอยก่อน แล้วค่อยพ่นน้ำให้ชุ่มชื้น

ผิวหน้าของพื้นทางดินซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไปแล้ว ควรมีความชุ่มชื้นพอควรในขณะที่ทำการปูพื้นทางดินซีเมนต์ในชั้นถัดไปเพื่อช่วยให้ชั้นดินซีเมนต์เกาะยึดกันดี ผิวหน้าที่หยาบของพื้นทางดินซีเมนต์ที่ได้ก่อสร้างไปแล้วที่มีความชื้นพอเหมาะ จะช่วยให้เกิดการเกาะยึดที่ดีกับชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ที่ก่อสร้างทับลงไป

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลอง ยาวประมาณ 200-500 เมตร ให้ตรวจคุณภาพก่อน เพื่อขอรับการพิจารณาอนุญาตจากกรมทางหลวง หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นหรือกำลังรับแรงอัดของพื้นทางดินซีเมนต์ส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์ชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

4.4.1 การทดสอบความแน่นของการบดทับ งานพื้นทางดินซีเมนต์จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างดินซีเมนต์จากแหล่งวัสดุแต่ละแหล่งหรือแต่ละกองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

การทดสอบความแน่นของการบดทับ ควรดำเนินการทดสอบในวันที่ทำการบดทับเสร็จตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.603 "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อความกว้าง 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น

4.4.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัด ให้เตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่าง ในช่วงงานก่อสร้างแต่ละช่วง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ของดินซีเมนต์หนาไม่เกิน 150 มิลลิเมตร พื้นที่ไม่เกิน 1 500 ตารางเมตรและให้ถือว่าแท่งตัวอย่าง 3 ตัวอย่างนี้ เป็น 1 ชุดทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายหลังการบดอัด ให้ดันตัวอย่างดินซีเมนต์ออกจากแบบ และบ่มไว้ในถุงพลาสติก เพื่อป้องกันมิให้ตัวอย่างสูญเสียความชื้น เป็นระยะเวลานาน 7 วัน เมื่อครบ 7 วัน ให้นำตัวอย่างทดสอบแต่ละชุด (3 ตัวอย่าง) ออกจากถุงพลาสติก แช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างดินซีเมนต์ไปทดสอบกำลังรับแรงอัด ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.105 "วิธีการทดลองหา Unconfined Compressive Strength ของดิน" โดยอนุโลม

ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของดินซีเมนต์ในช่วงงานก่อสร้างแต่ละช่วงจะต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนด ทั้งนี้อนุญาตให้มีแท่งดินซีเมนต์ที่มีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำกว่าที่กำหนดได้ไม่เกิน 1 ก้อน แต่ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของค่าที่กำหนด

4.4.3 การทดสอบซ้ำ ในกรณีที่ค่าความแน่นของการบดทับตามข้อ 4.4.1 หรือค่ากำลังรับแรงอัดตามข้อ 4.4.2 ต่ำกว่าที่กำหนด ผู้รับจ้างอาจขอให้เจาะเก็บตัวอย่างดินซีเมนต์ช่วงที่เป็นปัญหาเพื่อนำตัวอย่างมาทดสอบกำลังแรงอัดใหม่ โดยดำเนินการในลักษณะเดียวกับข้อ 4.4.2

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบที่เจาะจากสนาม จำนวน 3 ก้อน ที่อายุไม่เกิน 28 วัน จะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของกำลังรับแรงอัดที่กำหนด จึงถือว่าดินซีเมนต์ในช่วงนั้นใช้ได้ ทั้งนี้อนุญาตให้มีแท่งตัวอย่างที่มีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าร้อยละ 85 ของกำลังรับแรงอัดที่กำหนดได้ไม่เกิน 1 ก้อน แต่ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของค่าที่กำหนด

ถ้าผลการทดสอบไม่ได้ตามที่กำหนดนี้ถือว่าดินซีเมนต์ใช้ไม่ได้ ผู้รับจ้างจะต้องรื้อดินซีเมนต์ในช่วงนี้ออกทิ้งไป และให้ทำการก่อสร้างดินซีเมนต์ขึ้นใหม่ให้ได้มาตรฐานตามข้อกำหนด

ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายในการทดสอบซ้ำ และค่าใช้จ่ายในการรื้อดินซีเมนต์ที่ใช้ไม่ได้ตามข้อกำหนดนี้ออกทิ้งไปทั้งสิ้น

4.5 การบ่มและการเปิดการจราจร

ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ลาดแอสฟัลต์ชั้น Prime Coat หลังก่อสร้างเสร็จ ให้บ่มดินซีเมนต์ทุกชั้นโดยพ่นน้ำลงไปบนผิวหน้าของดินซีเมนต์ที่ก่อสร้างเสร็จให้ผิวหน้าชุ่มชื้นตลอดเวลาติดต่อกันนานอย่างน้อยที่สุด 3 วัน นับจากวันที่บดทับเสร็จ ในช่วงเวลาของการบ่มอนุญาตให้เปิดการจราจรได้ตามปกติ

4.6 การลาดแอสฟัลต์ Prime Coat

4.6.1 ให้ผู้รับจ้างทำการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ภายหลังจากที่ได้ทำการก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์ในเวลาอันสมควร

4.6.2 เนื่องจากพื้นทางดินซีเมนต์เป็นพื้นทางที่มีผิวหน้าแน่นมาก ในการลาดแอสฟัลต์ชั้น Prime Coat ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 402 "การลาดแอสฟัลต์ Prime Coat" ในอัตราการลาด 0.6 – 1.0 ลิตรต่อตารางเมตร

กรณีใช้ Cut-back Asphalt ชนิด MC-70 หากพบว่าแอสฟัลต์ Prime Coat ไม่ซึมลงไปในชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ดีเท่าที่ควร ให้ผู้รับจ้างพิจารณาใช้แอสฟัลต์ MC-30 ลาดแทนแอสฟัลต์ MC-70 แต่ถ้าผู้รับจ้างไม่สามารถจะหาซื้อแอสฟัลต์ MC-30 ได้ ผู้รับจ้างอาจพิจารณาใช้แอสฟัลต์ MC-70 ผสมกับน้ำมันก๊าดในปริมาณที่เหมาะสมลาดลงไปบนพื้นทางดินซีเมนต์เป็นชั้น Prime Coat

กรณีใช้ แอสฟัลต์อิมัลชัน ต้องเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันชนิดพิเศษ ที่มีความสามารถในการซึมลงไปในชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ได้เทียบเท่าหรือมากกว่า Cut-back Asphalt โดยจะต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การก่อสร้างชั้นผิวทาง

ให้ผู้รับจ้างก่อสร้างชั้นผิวทางได้ ภายหลังจากที่ได้ก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์เสร็จเป็นระยะเวลานานกว่า 15 วัน ทั้งนี้เพื่อให้พื้นทางดินซีเมนต์อยู่ตัว

4.8 เครื่องมือเจาะเก็บตัวอย่างดินซีเมนต์

ผู้รับจ้างจะต้องจัดเตรียมเครื่องมือเจาะเก็บตัวอย่างดินซีเมนต์ประจำไว้ที่หน้างาน โดยเครื่องมือดังกล่าวจะต้องมีสภาพพร้อมที่สามารถจะใช้งานได้ตลอดเวลา และมีความสามารถในการเจาะเก็บก้อนตัวอย่างได้ตลอดความลึกที่ทำการก่อสร้าง

* * * * *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้