



วิทยานิพนธ์

การออกแบบโปรแกรมคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของ
สะพานเทียบผู้โดยสารสำหรับลานจอดอากาศยาน
สนามบินสุวรรณภูมิ

**CALCULATION PROGRAM FOR ROUTING OF AUTOMATIC
DOCKING OF PASSENGER LOADING BRIDGE FOR
SUARNABHUMI AIRPORT APRON**

นายพิสิษฐ์ เล็กสวัสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การออกแบบโปรแกรมคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบ
ผู้โดยสารสำหรับลานจอดอากาศยานสนามบินสุวรรณภูมิ

Calculation Program for Routing of Automatic Docking of Passenger Loading Bridge for
Suvarnabhumi Airport Apron

นามผู้วิจัย นายพิสิษฐ์ เล็กสวัสดิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปานจิต ดำรงกุลกำจร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ประกอบ สุวรรณาวรรณ, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(อาจารย์อรรถนตม์ วงษ์เกษม, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย ออคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๘ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๑

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบโปรแกรมคำนวณเส้นทางรถเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสาร
สำหรับลานจอดอากาศยานสนามบินสุวรรณภูมิ

Calculation Program for Routing of Automatic Docking of Passenger Loading Bridge for
Suvarnabhumi Airport Apron

โดย

นายพิสิษฐ์ เล็กสวัสดิ์

เสนอ

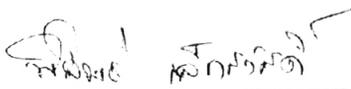
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

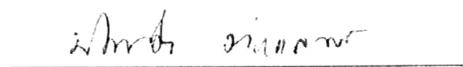
พ.ศ. 2551

พิธีชัย เล็กสวัสดิ์ 2551: การออกแบบ โปรแกรมคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบ
อัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสารสำหรับลานจอดอากาศยานสนามบินสุวรรณภูมิ
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรม
ความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปานจิต คำรงกุลกำจร, Ph.D. 96 หน้า

งานวิจัยนี้จัดทำอุประสงค์เพื่อออกแบบ โปรแกรมคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติ
ของสะพานเทียบผู้โดยสาร โดยการคำนวณผลจากข้อมูลขนาดมิติทั่วไปของเครื่องบิน ข้อมูลของ
สะพานเทียบผู้โดยสาร ข้อมูลหลุมจอดเครื่องบิน และข้อมูลตำแหน่งจุดจอดเครื่องบิน ใช้หลักการ
คำนวณระยะระหว่างจุดสองจุด เพื่อให้ได้ค่าคู่ลำดับพิกัด X และ Y ความสูงของเสาปรับระดับ
และมุมมองอาคารหมุนของ CAB โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Access เพื่อนำค่าไปใช้งาน
ในระบบการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสารในสภาพปัจจุบัน

งานวิจัยนี้ศึกษาใช้ข้อมูลจริงจากสนามบินสุวรรณภูมิ 3 หลุมจอด ได้แก่ A6, B6 และ C3
จากนั้นนำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบกับค่าที่ใช้งานจริง 147 ตัวอย่าง และเปรียบเทียบกับค่าที่
บันทึกได้เมื่อมีเครื่องบินเข้ามาจอด 14 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการคำนวณจาก
งานวิจัยกับค่าที่ใช้งานจริง และเปรียบเทียบค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าที่บันทึกได้เมื่อมี
เครื่องบินเข้ามาจอด มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความสูงของเสาปรับระดับเป็น 1.70% และ
1.89% ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของระยะทางเป็น 0.96% และ 0.78% ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของ
มุมมองของอาคารทรงกลม (Rotunda) เป็น 1.44% และ 3.22% ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของมู
งอาคารหมุนของ CAB เป็น 6.43% และ 17.13% ตามลำดับ โปรแกรมการคำนวณที่ได้จาก
งานวิจัยนี้สามารถใช้คำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสารทั้ง 51
หลุมจอดของสนามบินสุวรรณภูมิ ที่กำลังใช้งานในปัจจุบัน และเมื่อมีการเพิ่มรันเครื่องบินหรือมี
การเปลี่ยนจุดจอดของเครื่องบินต่อไปในอนาคต


ลายมือชื่อนิติติ

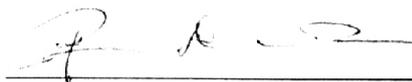

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

๖๘ / ๕๖ / ๒๕๕๑

Pisit Leksawat 2008: Calculation Program for Routing of Automatic Docking of Passenger Loading Bridge for Suvarnabhumi Airport Apron. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Parnjit Damrongkulkamjorn, Ph.D. 96 pages.

The purpose of this research is to design a calculation program for the routing of automatic docking of passenger loading bridge for Suvarnabhumi airport apron. The routing is calculated based on the aircraft dimensions, passenger loading bridge data, apron data, and data of T-marking. The calculation of distance between two sets of coordinates is carried in Microsoft Access to obtain the distances along the X and Y axis, the height of drive columns and the rotating angle of CAB. The results from the calculation program will be used in the available automatic docking system of passenger loading bride.

The proposed calculation program is tested on three different types of aircraft stands in Suvarnabhumi airport; A6, B6 and C3. The results from the calculations are compared to the set up values of 147 samples of automatic docking currently in use. Furthermore, the results are compared to the recorded values of 14 samples after passenger loading bridges have been successfully docking. The comparisons between calculated values and set up values, and calculated values and recorded values show that the average percentage errors of height are 1.70% and 1.89%, the average percentage errors of distance are 0.96% and 0.78%, the average percentage errors of rotunda angle are 1.44% and 3.22%, and the average percentage errors of rotation angle of CAB are 6.43% and 17.13%, respectively. The results from this can be used for automatic docking design of all 51 passenger loading bridges of Suvarnabhumi airport when new models of aircrafts are in used or there are the changes of T-markings in the future.



Student's signature



Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต คำรงกุลกำจร อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ในการให้คำปรึกษาและการวางกรอบแนวคิดในงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และท่านผู้แทนจาก บัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ เพื่อให้การวิจัยในครั้งนี้สมบูรณ์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณ น.ท.ณัฐ โหมาศวิน ผู้จัดการฝ่ายไฟฟ้าและเครื่องกล นายมนัส โสธารัตน์ ผู้จัดการส่วนเครื่องกล นายธีรพงศ์ ชัยเพชร หัวหน้างานสะพานเทียบผู้โดยสาร บริษัท ท่าอากาศยาน ไทย จำกัด (มหาชน) ที่ได้กรุณาอนุญาตให้เก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ นายธมนนท์ หลีกดี ช่วยแนะนำโปรแกรม Auto CAD โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Access ในการทำงานวิจัย รวมถึงเพื่อนร่วมงานและผู้ให้การสนับสนุนทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามที่คอยช่วยเหลือจนทำให้ วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาให้แก่ผู้วิจัย ขอกราบ ขอบพระคุณบิดามารดาของผู้วิจัยที่สนับสนุนทั้งในด้านการเรียนและกำลังใจ จนทำให้เกิดความ สำเร็จในที่สุด

พิสิษฐ์ เล็กสวัสดิ์
กุมภาพันธ์ 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	20
ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	60
ผลการวิจัย	60
ข้อวิจารณ์	61
สรุปและข้อเสนอแนะ	62
สรุป	62
ข้อเสนอแนะ	62
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	63
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก ข้อกำหนดคุณลักษณะของสะพานเทียบผู้โดยสารสนามบินสุวรรณภูมิ	65
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากงานวิจัย กับค่าใช้งาน	77
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากงานวิจัย กับค่าจริงเมื่อมีเครื่องบินเข้ามาจอด	88
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของ สะพานเทียบผู้โดยสาร	90

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตารางบันทึกข้อมูลของเครื่องบิน	29
2	ตารางบันทึกข้อมูลของสะพานเทียบผู้โดยสาร	30
3	ตารางบันทึกข้อมูลพิกัดคู่ลำดับภาคสนาม	31
4	ตารางบันทึกข้อมูลจุดจอดของเครื่องบิน	31
5	แสดงการจัดกลุ่มสำหรับการคำนวณ	37
6	แสดงค่าตัวแปรและความหมายของสูตรสำหรับการคำนวณ	50
7	แสดงสูตรการคำนวณ พิกัดจุดศูนย์กลาง CAB ในแกน X	51
8	แสดงสูตรการคำนวณ พิกัดจุดศูนย์กลาง CAB ในแกน Y	51
9	แสดงสูตรการคำนวณมุมมองสาขาของ Rotunda และ CAB	52
10	แสดงสูตรในการคำนวณ D_p , S^0 , D_K , D_H , D_X และ D_Y	52
11	แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าที่ใช้งาน และค่าที่บันทึกได้เมื่อเครื่องบินเข้ามาจอด	60
ตารางผนวกที่		
ข1	ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าใช้งาน	78
ค1	ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าจริง เมื่อมีเครื่องบินเข้ามาจอด	89

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ทิศทางการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแบบอยู่กับที่	6
2	ทิศทางการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแบบขับเคลื่อนได้	6
3	ส่วนประกอบของสะพานเทียบผู้โดยสาร	8
4	กลไกการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแนวราบ	9
5	กลไกการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแนวตั้ง	9
6	กลไกของ CAB สำหรับปรับแนวสัมผัสช่องทางเข้าออกแบบเครื่องบิน	10
7	กลไกของ Closure สำหรับปกป้องผู้โดยสาร จากสภาพอากาศภายนอก	10
8	รูปแบบ Rotunda ติดตั้งเอียงกัน	12
9	รูปแบบ Rotunda ติดตั้งแนวเดียวกัน	12
10	รูปแบบ Rotunda สำหรับเครื่องบิน A380	13
11	ผังลานจอดอากาศยานชนิดประชิดอาคาร	14
12	ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการเตรียมความพร้อมก่อนใช้งานสะพานเทียบผู้โดยสาร	15
13	ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการนำสะพานเทียบกับเครื่องบิน (สำหรับสะพานเทียบที่มี จุดจอดเดียว)	16
14	ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการนำสะพานเทียบกับอากาศยาน (สำหรับสะพานเทียบที่มี หลายจุดจอด)	17
15	ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการย้ายตำแหน่งจุดจอด (สำหรับสะพานเทียบที่มีหลายจุดจอด)	18
16	ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการถอยสะพานเทียบผู้โดยสารออกจากเครื่องบิน	19
17	มิติข้อมูลพื้นฐานของเครื่องบิน(มุมมองด้านบน)	21
18	มิติข้อมูลพื้นฐานของเครื่องบิน(มุมมองด้านข้างและด้านหน้า)	21
19	มิติข้อมูลพื้นฐานของสะพานเทียบผู้โดยสาร	24
20	ระยะทางแนวราบจากศูนย์กลาง (Rotunda) ถึงข้อพับแนวตั้ง	25
21	ระยะจากข้อพับแนวตั้ง ถึงศูนย์กลาง CAB	25
22	ระยะทางแนวราบจากศูนย์กลาง CAB ถึงยางกันชน	26
23	มิติหลุมจอดอากาศยาน	27
24	ชนิดของเครื่องบิน (Aircraft Type)	27
25	ระยะทางแนวถนนลานจอด ถึงจุดจอดเครื่องบินแต่ละชนิด	28

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	ฐานข้อมูลขนาดมิติของเครื่องบิน	32
27	ฐานข้อมูลขนาดมิติของสะพานเทียบผู้โดยสาร	32
28	ฐานข้อมูลของพิกัดคู่ลำดับภาคสนาม	33
29	ฐานข้อมูลจุดจอดของเครื่องบิน	33
30	ภาพรวมความสัมพันธ์ของตารางในฐานข้อมูล	34
31	ความสัมพันธ์ของตาราง Data Apron กับ ตาราง Data PLB	34
32	ความสัมพันธ์ของตาราง Data Apron กับ ตาราง Data Aircraft Stand	35
33	ความสัมพันธ์ของตาราง Data Aircraft Stand กับ ตาราง Profile Aircraft	35
34	แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนและการคำนวณ	36
35	ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 1	38
36	การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 1	38
37	ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 2	39
38	การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 2	39
39	ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 3	40
40	การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 3	40
41	ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 4	41
42	การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 4	41
43	ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 5	42
44	การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 5	42
45	ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 6	43
46	การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 6	43
47	ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 7	44
48	การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 7	44
49	การคำนวณระยะและขนาดมุมมองสารระหว่างจุด	45
50	การคำนวณขนาดความลาดชัน	46
51	แสดงค่าตัวแปร Gate B6 Stand Right ตำแหน่ง L1	53
52	แสดงค่าตัวแปร Gate A6 Stand Right ตำแหน่ง L1	54

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
53	แสดงค่าตัวแปร Gate C3 Stand Main ตำแหน่ง L1	55
54	จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของเครื่องบิน	56
55	จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของสะพานเทียบผู้โดยสาร	56
56	จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของพิกัดคู่ลำดับภาคสนาม	57
57	จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของจุดจอดของเครื่องบิน	57
58	จอภาพของเมนูหลักของโปรแกรม	58
59	จอภาพของเมนูแสดงผลการคำนวณของโปรแกรม	58
60	จอภาพแสดงผลการคำนวณของโปรแกรม	59

การออกแบบโปรแกรมคำนวณเส้นทางรถเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบ
ผู้โดยสารสำหรับลานจอดอากาศยานสนามบินสุวรรณภูมิ

Calculation Program for Routing of Automatic Docking of Passenger Loading
Bridge for Suvarnabhumi Airport Apron

คำนำ

ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิเป็นท่าอากาศยานนานาชาติขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อการส่งเสริมและพัฒนาความเจริญด้านเศรษฐกิจ สังคม การท่องเที่ยว และด้านอื่นๆ ของประเทศไทย ตามนโยบายของรัฐบาล โดยกำหนดให้ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิเป็นท่าอากาศยานพาณิชย์หลักของประเทศ และเป็นศูนย์กลางการบินของเอเชีย สนามบินมีการจัดเตรียมพื้นที่ไว้สำหรับเทียบท่าและจอดเครื่องบิน เพื่อขนถ่ายผู้โดยสาร สินค้าหรือไปรษณีย์ภัณฑ์ เติมน้ำมันเชื้อเพลิง และงานซ่อมบำรุงเครื่องบิน ในการขนถ่ายผู้โดยสารขึ้นหรือลงจากเครื่องบินให้มีความปลอดภัย มีประสิทธิภาพ สะดวกและรวดเร็ว สะพานเทียบผู้โดยสารเป็นเครื่องจักรกลหลักที่สำคัญในการให้บริการ จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุกับสะพานเทียบผู้โดยสารของสนามบินสุวรรณภูมิในรอบปีที่ผ่านมาหลังจากการเปิดใช้อย่างเป็นทางการในเชิงพาณิชย์เมื่อวันที่ 28 กันยายน 2549 เกิดอุบัติเหตุจำนวน 13 ครั้ง มีเครื่องบินได้รับความเสียหายจำนวน 2 ลำ สะพานเทียบผู้โดยสารได้รับความเสียหายจำนวน 11 สะพาน ยานพาหนะได้รับความเสียหาย 8 คัน (ข้อมูลจาก งานสะพานเทียบเครื่องบิน ส่วนเครื่องกล ฝ่ายไฟฟ้าและเครื่องกล บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ณ เดือน กันยายน 2550)

อุบัติเหตุดังกล่าวข้างต้นส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ระบบควบคุมการทำงานของสะพานเทียบผู้โดยสารด้วยระบบบังคับด้วยมือ (Manual) ของผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่สำคัญบางอย่าง เช่น การเปลี่ยนจุดจอด (T-mark) ของหลุมจอด หรือ การขาดข้อมูลของเครื่องบินรุ่นใหม่ ทำให้ระบบเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสารไม่สามารถใช้งานได้ ในกรณีเช่นนี้ ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการควบคุมการทำงานของสะพานเทียบผู้โดยสารด้วยระบบบังคับด้วยมือจนกว่าทางบริษัทของสะพานเทียบผู้โดยสารจะส่งผู้เชี่ยวชาญมาบันทึกค่าใหม่ในระบบอัตโนมัติ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Access ในการคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสารสำหรับลานจอดอากาศยานสนามบินสุวรรณภูมิ เพื่อให้ได้ค่าที่สามารถใช้ในการเทียบท่าแบบอัตโนมัติได้ทันที เมื่อมีการเพิ่มรุ่นเครื่องบินหรือการเปลี่ยนจุดจอดของเครื่องบินต่อไปในอนาคตทั้ง 51 หลุมจอดของสนามบินสุวรรณภูมิ โดยไม่ต้องใช้การควบคุมการเทียบท่าของสะพานเทียบผู้โดยสารด้วยระบบบังคับด้วยมือเพื่อเป็นการลดการเกิดอุบัติเหตุ และเพิ่มความปลอดภัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบโปรแกรมคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสาร
2. เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับการใช้งานสะพานเทียบผู้โดยสาร เครื่องบิน ตลอดจนผู้ปฏิบัติงานภายในลานจอดอากาศยาน
3. เพื่อนำผลและข้อมูลที่ได้ในงานวิจัย นำมาใช้เป็นหลักอ้างอิง สำหรับการออกแบบ เมื่อมีการเพิ่มรุ่นเครื่องบินหรือการเปลี่ยนจุดจอดของเครื่องบินต่อไปในอนาคตทั้ง 51 หลุมจอดของสนามบินสุวรรณภูมิ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถออกแบบคำนวณเส้นทางการเทียบท่าด้วยสะพานเทียบผู้โดยสารแบบอัตโนมัติที่ถูกต้องแม่นยำตามหลักวิศวกรรม
2. ข้อมูลและผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัย นำมาใช้เป็นหลักอ้างอิงในการออกแบบคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสาร สำหรับการเพิ่มรุ่นเครื่องบินหรือการเปลี่ยนจุดจอดของเครื่องบินต่อไปในอนาคตทั้ง 51 หลุมจอดของสนามบินสุวรรณภูมิ
3. สามารถเพิ่มความรวดเร็วและปลอดภัย สำหรับการให้บริการสะพานเทียบผู้โดยสารในการเทียบท่าเครื่องบิน
4. สามารถลดจำนวนสถิติอุบัติเหตุ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในลานจอดอากาศยานชนิดประชิดอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานสุวรรณภูมิลงได้

ขอบเขตงานวิจัย

1. งานวิจัยเฉพาะสะพานเทียบผู้โดยสารที่ใช้งานในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
2. งานวิจัยเฉพาะรุ่นเครื่องบินที่มีการเทียบท่าในเขตลานจอดอากาศยานชนิดประชิดอาคารผู้โดยสารท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
3. ทำการออกแบบด้วยข้อมูลจริงจากภาคสนาม อย่างน้อย 3 หลุมจอด โดยมีลักษณะสถาปัตยกรรมและชนิดเครื่องบินที่เข้าเทียบท่าแตกต่างกัน
4. งานวิจัยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษางานวิจัยเรื่อง การออกแบบโปรแกรมคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสารสำหรับลานจอดอากาศยานสนามบินสุวรรณภูมิ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี และรวบรวมเนื้อหา นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. มาตรฐานของสะพานเทียบผู้โดยสาร
2. หน้าที่ของสะพานเทียบผู้โดยสาร
3. ส่วนประกอบของสะพานเทียบผู้โดยสาร
4. กลไกการทำงานของสะพานเทียบผู้โดยสาร
5. ชนิดเครื่องบินที่มีการเทียบท่า ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
6. สะพานเทียบผู้โดยสารที่ใช้งาน ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิจำแนกเป็น 2 ชนิด
7. ลานจอดอากาศยาน (Apron) และหลุมจอดอากาศยาน (Aircraft stand)
8. หลักการและลำดับขั้นตอนการทำงานของสะพานเทียบผู้โดยสาร

1. มาตรฐานของสะพานเทียบผู้โดยสาร

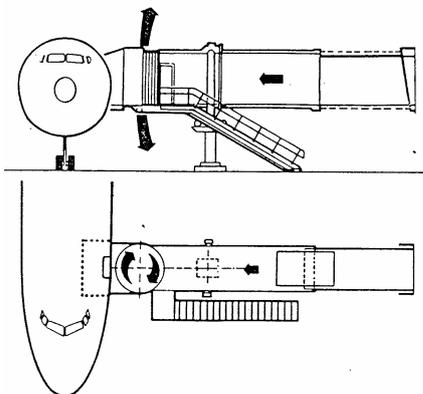
สะพานเทียบผู้โดยสารที่ใช้งานในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ได้ใช้มาตรฐานของ ICAO (International Civil Aviation Organization) ในส่วนของหลักการออกแบบอาคารผู้โดยสาร และอาคารเทียบเครื่องบิน หลักวิธีการบรรทุกผู้โดยสารถูกกำหนดไว้ใช้งานในรายการ เมื่อมีการวางแผนโครงสร้างของลานจอดเครื่องบิน บางส่วนสามารถใช้กับเฉพาะสะพานเทียบผู้โดยสารแบบอยู่กับที่ และสะพานเทียบผู้โดยสารที่ขับเคลื่อนได้ สำหรับการจอดเครื่องบินขึ้นพื้นฐาน

1.1 การเทียบผู้โดยสารด้วยสะพานเทียบผู้โดยสาร

มีการบรรทุกผู้โดยสาร จากระดับสูง โดยยอมให้ผู้โดยสารขึ้นเครื่องบินจากระดับสูง ด้านบนของอาคารผู้โดยสาร สองลักษณะของการเทียบเครื่องบินได้แก่

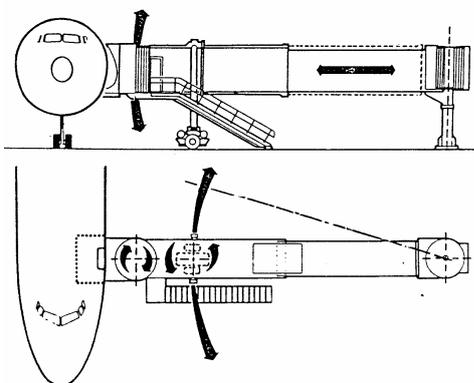
1.1.1 สะพานเทียบแบบอยู่กับที่มีส่วนของสะพานเทียบสั้นซึ่งยึดพุ่งตรงจากมาจากอาคาร ส่วนหัวของเครื่องบินอยู่ในด้านข้างและต้องหยุดให้ประตูด้านหน้าเครื่องบินตรงกับสะพานเทียบ

และสะพานเทียบใช้การยืดขยายระยะสั้นมากเมื่อถึงเครื่องบิน อนุญาตให้เกิดการแปรปรวนเพียงเล็กน้อย ระหว่างความสูงของประตู แนวเส้นศูนย์กลางเครื่องบินและพื้นของสะพานเทียบผู้โดยสาร



ภาพที่ 1 ทิศทางการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแบบอยู่กับที่
ที่มา: International Civil Aviation Organization (1991)

1.1.2 บนลานจอดเครื่องบินสะพานเทียบผู้โดยสารแบบขับเคลื่อนได้ สะพานเทียบผู้โดยสารด้านปลายของช่องมีบานพับติดกับอาคารผู้โดยสารและปลายด้านหนึ่งรองรับด้วยล้อคู่ที่สามารถขับเคลื่อนได้ สะพานเทียบผู้โดยสารสามารถเคลื่อนที่และพุ่งตรงไปยังเครื่องบินและทำให้ยืดยาวขึ้นจนกระทั่งแตะประตูเครื่องบิน ที่ด้านปลายที่ติดกับเครื่องบินคือยกกันชนสามารถยกระดับให้สูงขึ้นหรือลดระดับลงได้เป็นระบบอัตโนมัติ อนุญาตให้เครื่องบินที่มีหลากหลายความสูงสามารถได้รับบริการจากสะพานเทียบผู้โดยสาร



ภาพที่ 2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแบบขับเคลื่อนได้
ที่มา: International Civil Aviation Organization (1991)

1.2 หลักวิธีการบรรทุกผู้โดยสารพื้นฐานอื่น

1.2.1 บันไดที่เคลื่อนย้ายได้ บันไดที่เคลื่อนย้ายได้ถูกผลักหรือขับเคลื่อนไปที่เครื่องบิน และตั้งระดับตรงประตู ผู้โดยสารเดินลงบนลานจอดเครื่องบิน และรับส่งด้วย โดยรถประจำทาง ระหว่างสถานีและเครื่องบินและใช้บันไดในการเทียบเครื่องบิน

1.2.2 รถบันได โดยรถที่ออกแบบขนส่งผู้โดยสาร ถูกขับเคลื่อนไปที่เครื่องบิน ผู้โดยสารใช้บันไดในการขึ้นลงเครื่องบิน หรือขึ้นลงในระดับเดียวกันกับเครื่องบิน เช่น การยกตัวให้สูงขึ้นของตัวยานพาหนะ

1.2.3 บันไดของเครื่องบิน หลักวิธีนี้ คล้ายกับการใช้บันไดที่เคลื่อนย้ายได้ และสามารถใช้กับเครื่องบินชนิดที่มีบันไดเป็นของตัวเอง หลังจากจอดหยุดนิ่งลูกเรือทำการปล่อยบันไดออกมา และผู้โดยสารเดินลงสู่ลานจอดเครื่องบินหรือถูกรับส่งด้วยรถระหว่างเครื่องบินและอาคารผู้โดยสาร

2. หน้าที่ของสะพานเทียบผู้โดยสาร

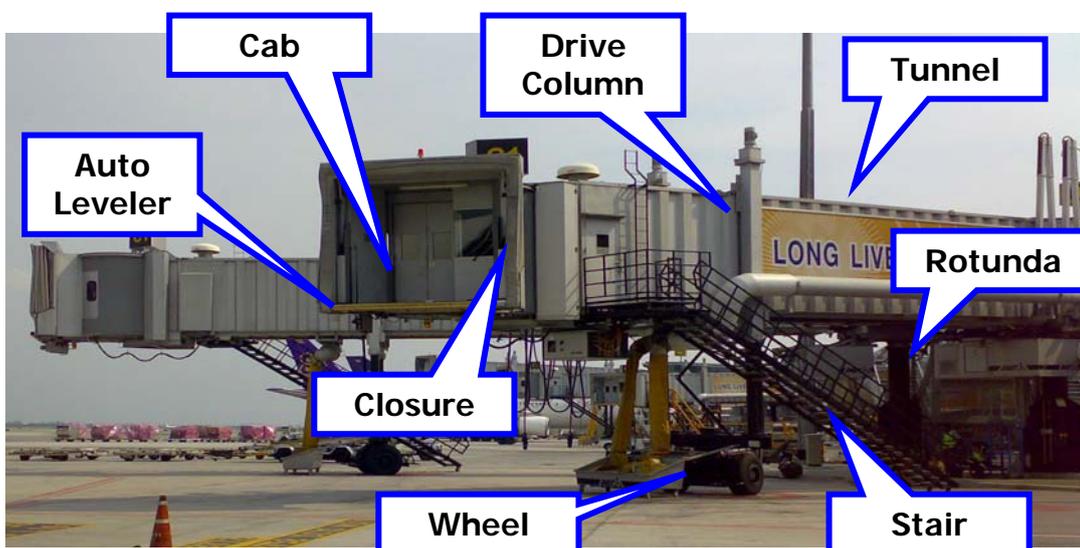
สะพานเทียบผู้โดยสาร ทำหน้าที่เชื่อมต่อตัวอาคารกับเครื่องบิน เพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับการขึ้น/ลงของผู้โดยสาร จากเครื่องบินสู่อาคารผู้โดยสาร

3. ส่วนประกอบของสะพานเทียบผู้โดยสาร

สะพานเทียบผู้โดยสาร มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ช่องหรืออุโมงค์ (Tunnel) มีชนิด 2 ช่อง และ 3 ช่อง
2. ลวดปรับสมดุล (Equalizing Cable) โดยมีเฉพาะชนิด 3 ช่องเท่านั้น
3. เสาสะพานเทียบผู้โดยสารหรืออาคารทรงกลม (Rotunda) โดยมี ขนาด 5.3 เมตร และ 6.3 เมตร
4. ล้อหรือชุดขับเคลื่อนแนวราบ (Wheel)

5. เสาปรับระดับความสูง (Drive Column)
6. ห้องควบคุมสะพานเทียบผู้โดยสาร (CAB)
7. กันสาด (Closure/Canopy) สิ่งที่ใช้คลุมเพื่อปกป้องสิ่งอื่น
8. อุปกรณ์ปรับระดับความสูงอัตโนมัติ (Auto Leveler)
9. บันได (Service Stair)



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของสะพานเทียบผู้โดยสาร

4. กลไกการทำงานของสะพานเทียบผู้โดยสาร

4.1 กลไกการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแนวราบ ใช้การทำงานของล้อ (Wheel Carriage) เป็น อุปกรณ์ที่มีหน้าที่หลักในควบคุมทั้งทิศทางและการเคลื่อนที่ทางราบ



ภาพที่ 4 กลไกการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแนวราบ

4.2 กลไกการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแนวตั้ง กลไกในการปรับระดับความสูงขึ้น หรือลดระดับต่ำลง ใช้ Drive Column เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่หลักในควบคุมการเคลื่อนที่ทางตั้ง



ภาพที่ 5 กลไกการเคลื่อนที่ของสะพานเทียบผู้โดยสารแนวตั้ง

4.3 กลไกการปรับแนวสัมผัสช่องทางเข้าออกแบบเครื่องบิน ใช้การหมุนของ CAB เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่หลักในควบคุมแนวสัมผัสของขงกันชนด้านหน้ากับลำตัวเครื่องบิน



ภาพที่ 6 กลไกของ CAB สำหรับปรับแนวสัมผัสช่องทางเข้าออกแบบเครื่องบิน

4.4 กลไกสำหรับวางกันสาด เพื่อปกป้องผู้โดยสาร จากสภาพอากาศภายนอก



ภาพที่ 7 กลไกของ Closure สำหรับปกป้องผู้โดยสาร จากสภาพอากาศภายนอก

5. ชนิดเครื่องบินที่มีการเทียบท่า ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

ชนิดเครื่องบินที่มีการเทียบท่าโดยใช้สะพานเทียบผู้โดยสาร ในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มีอยู่ 43 ชนิด ดังนี้

A30B	A343	B722	B74S	B773
A310	A345	B727	B752	DC10
A318	A346	B731	B753	F100
A319	A388	B733	B757	L101
A320	BA146	B734	B762	MD11
A321	B462	B735	B763	MD80
A332	B463	B737	B764	MD90
A333	B712	B739	B767	
A342	B721	B747	B772	

6. ชนิดสะพานเทียบผู้โดยสารที่ใช้งาน ณ ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

สะพานเทียบผู้โดยสารที่ใช้งานในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มีอยู่ 2 ชนิดได้แก่

6.1 แบ่งตามชนิดสะพานเทียบผู้โดยสาร 2 ชนิด

6.1.1 สะพานเทียบผู้โดยสารชนิด 2 Tunnel

A2-360PW

A2-390PW

6.1.2 สะพานเทียบผู้โดยสารชนิด 3 Tunnel

A3-310PW

A3-335PW

A3-390PW

A3-430PW

A3-330PW

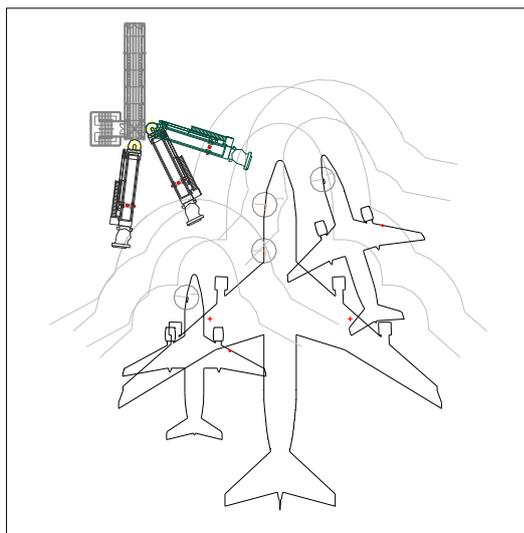
A3-350PW

A3-396PW

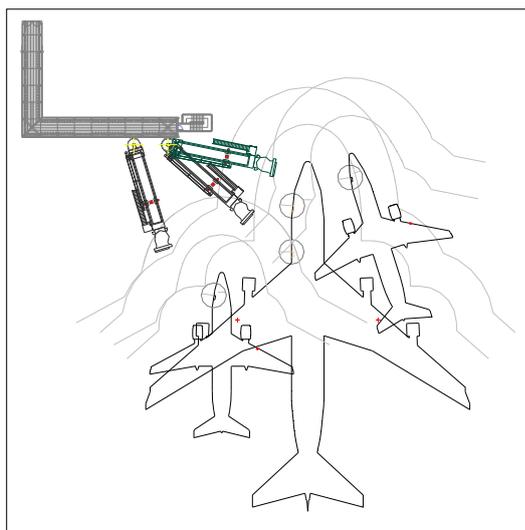
A3-450PW

6.2 แบ่งตามรูปแบบตำแหน่งของ Rotunda แบบประชิดอาคาร

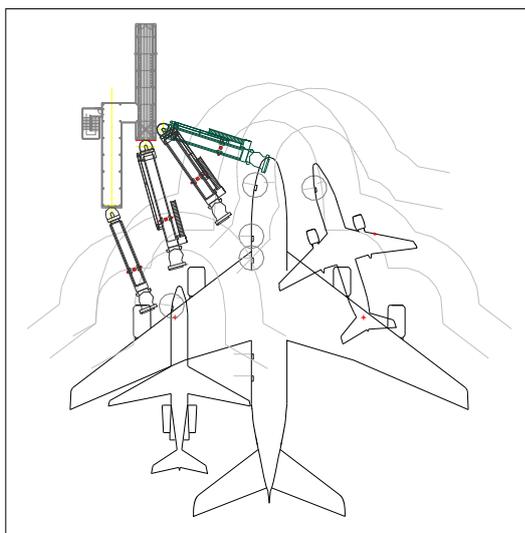
มีการจำแนกรูปแบบจากลักษณะของตำแหน่ง Rotunda ได้แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ ตำแหน่ง Rotunda ติดตั้งเอียงกัน (ภาพที่ 8) รูปแบบที่สอง Rotunda ติดตั้งแนวเดียวกัน (ภาพที่ 9) และ รูปแบบตำแหน่ง Rotunda สำหรับเครื่องบิน A388 (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 8 รูปแบบ Rotunda ติดตั้งเอียงกัน



ภาพที่ 9 รูปแบบ Rotunda ติดตั้งแนวเดียวกัน

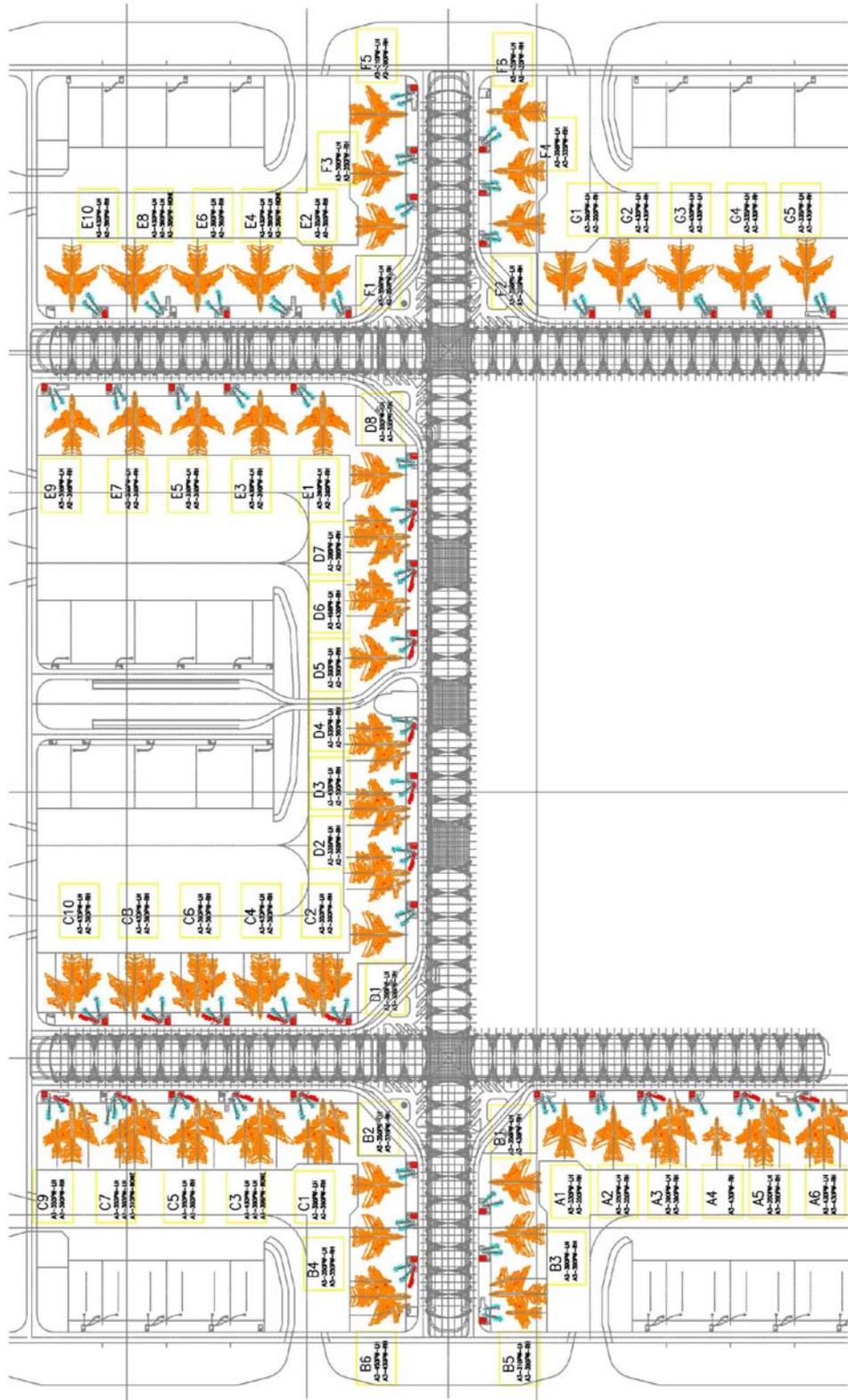


ภาพที่ 10 รูปแบบ Rotunda สำหรับเครื่องบิน A388

7. ลานจอดอากาศยาน (Apron) และหลุมจอดอากาศยาน (Aircraft stand)

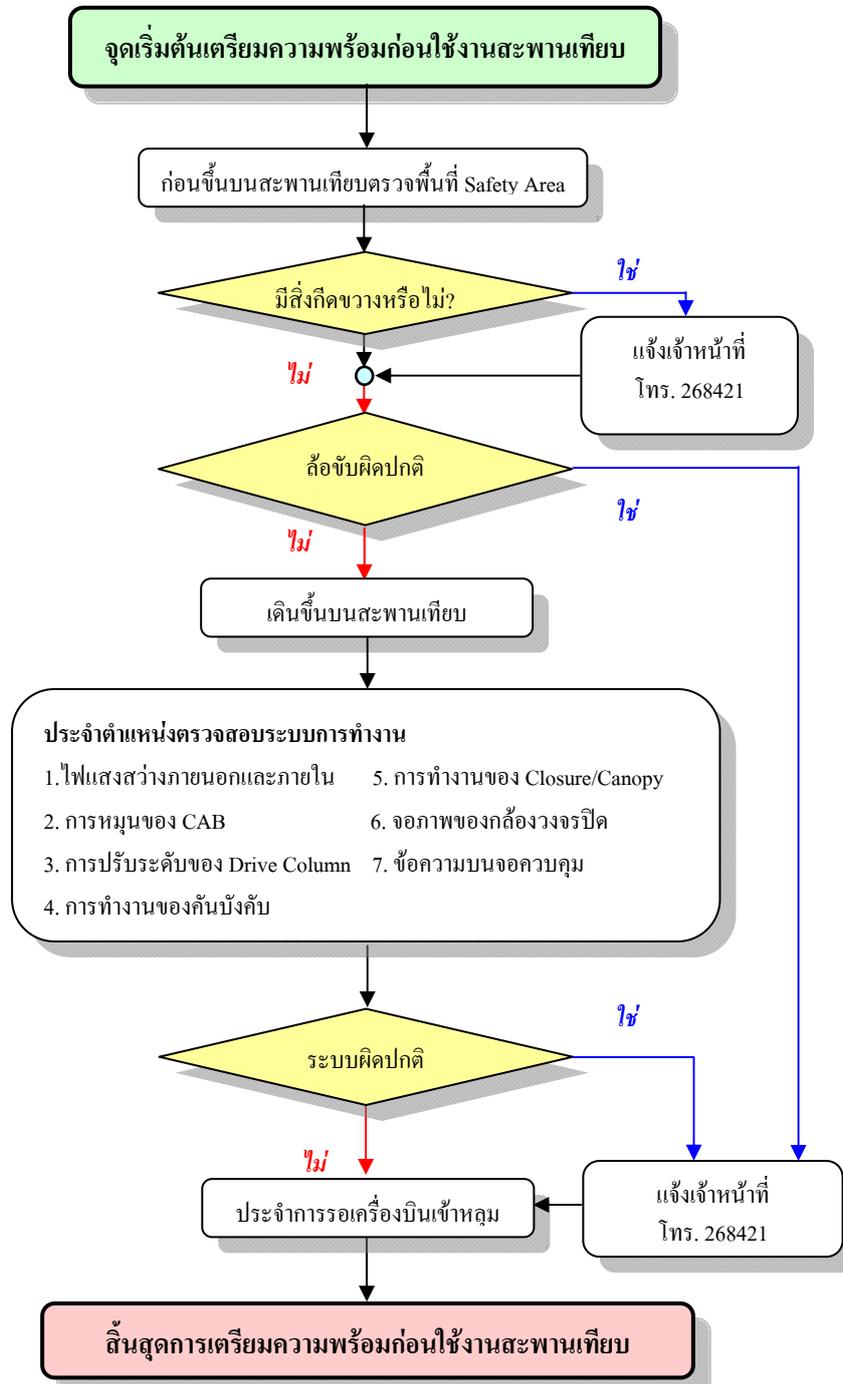
ลานจอดอากาศยาน หมายถึง พื้นที่ที่จัดเตรียมไว้สำหรับเครื่องบินในการขนถ่ายผู้โดยสาร ไปรษณีย์ภัณฑ์ หรือ สินค้า การเติมน้ำมันเชื้อเพลิง การจอด และการซ่อมบำรุง, หลุมจอดอากาศยาน หมายถึง พื้นที่ที่กำหนดสำหรับจอดเครื่องบิน (ส่วนบริการลานจอดอากาศยาน, 2549)

ลานจอดอากาศยานชนิดประชิดอาคารผู้โดยสาร (Contact Gate) ของสนามบินสุวรรณภูมิมีทั้งหมด 51 หลุมจอดแบ่งเป็น 7 ทางเดินร่วมกัน (Concourse) คือ A, B, C, D, E, F และ G ดังแสดงในภาพที่ 11

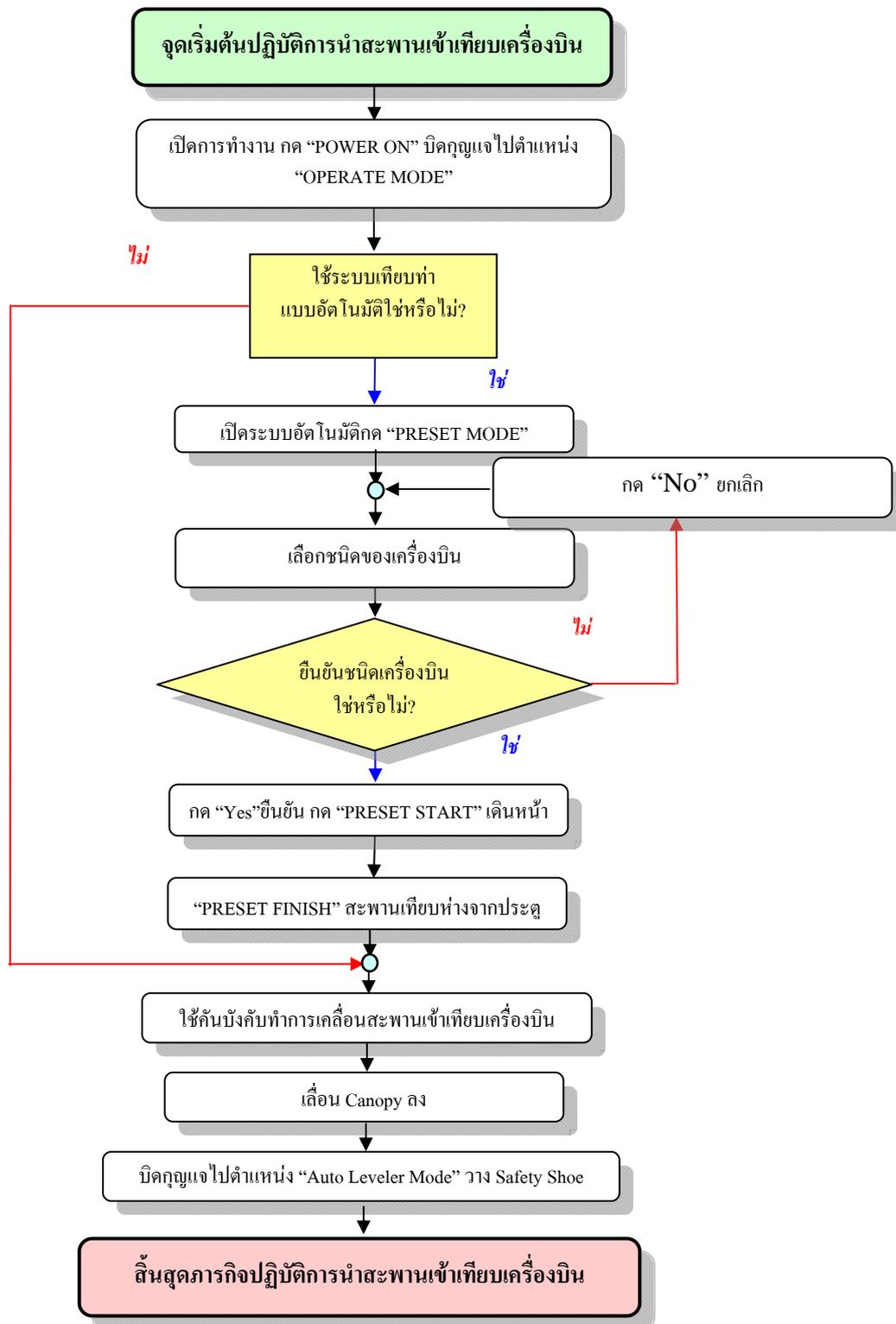


ภาพที่ 11 ฟังลานจอดอากาศยานชนิดประชิดอาคาร

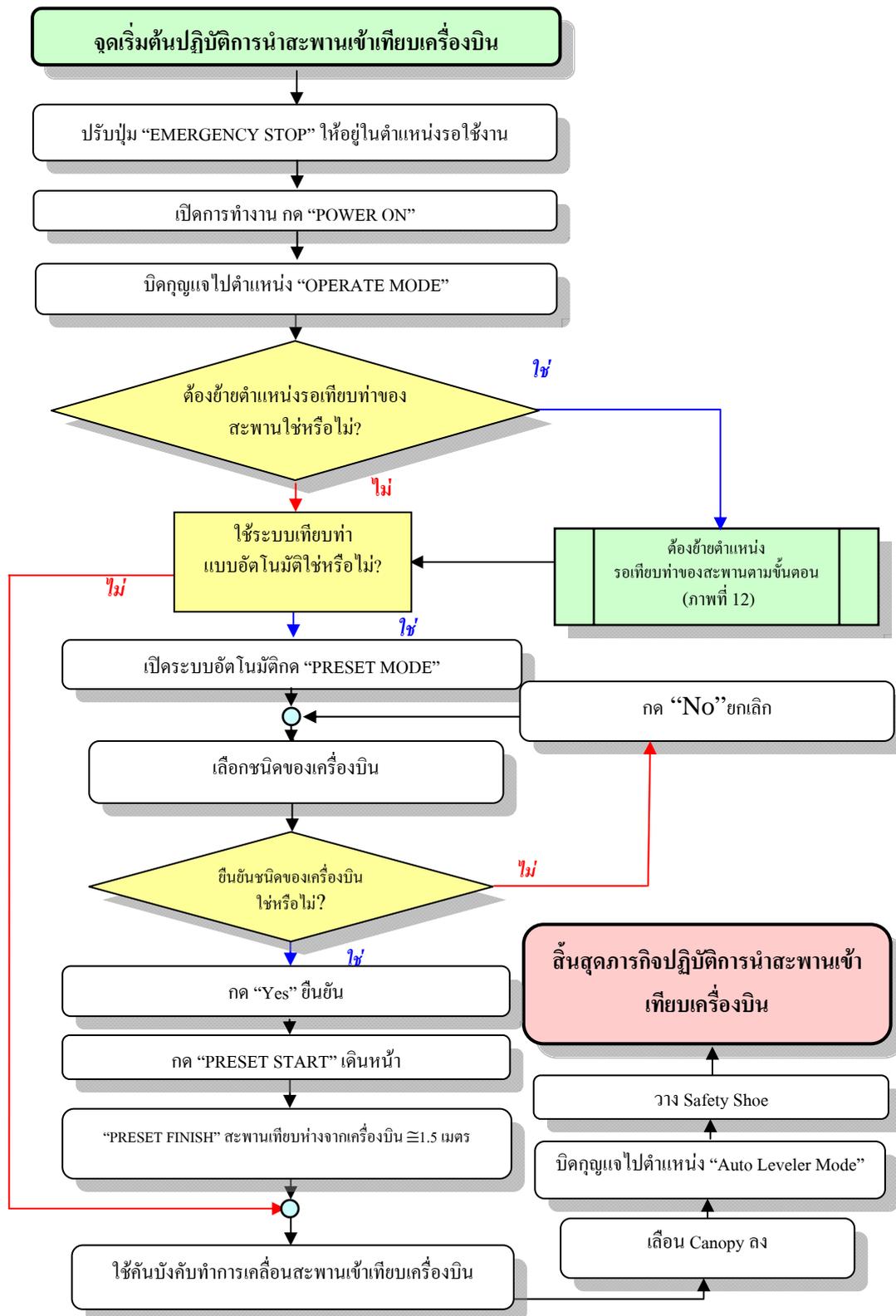
8. หลักการและลำดับขั้นตอนการทำงานของสะพานเทียบผู้โดยสาร



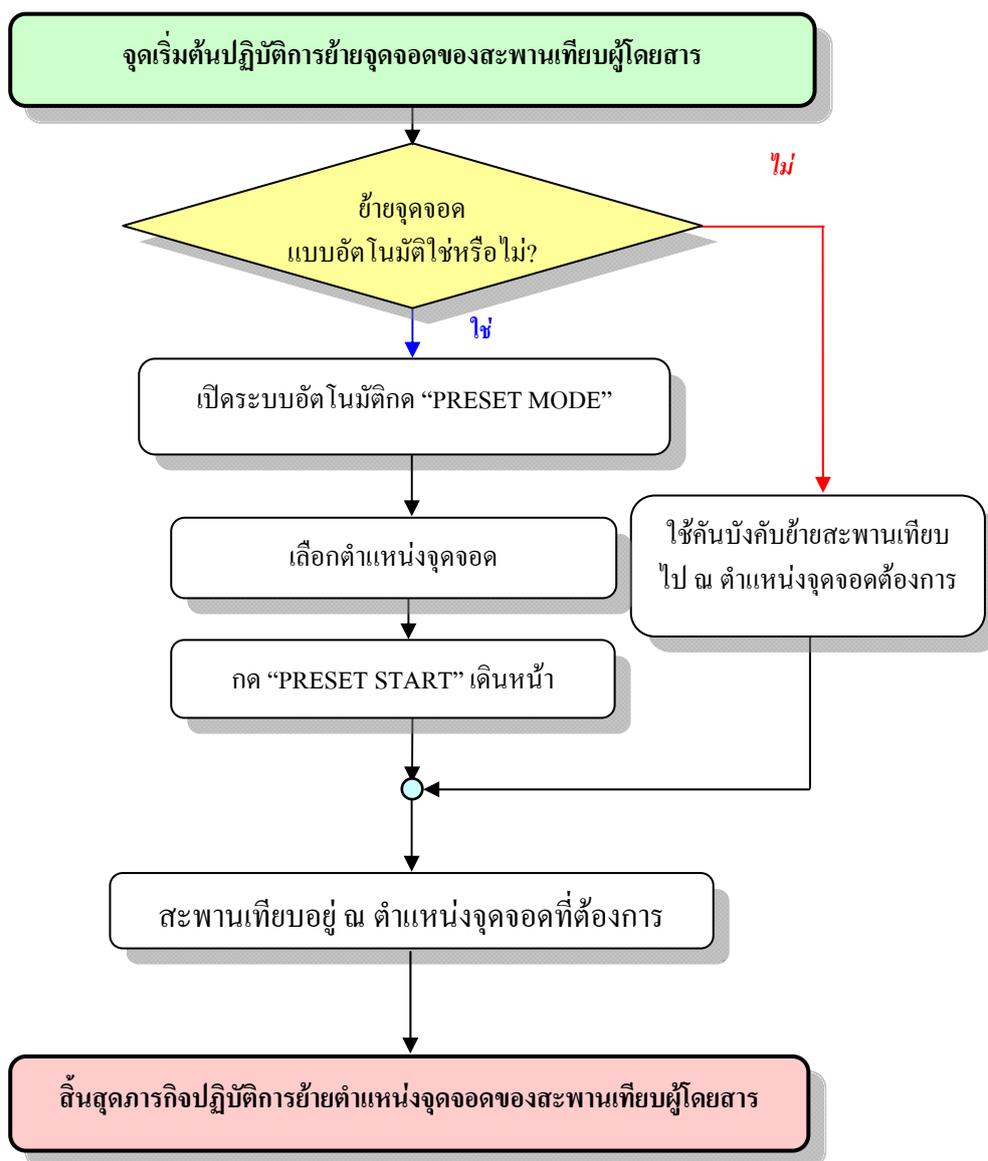
ภาพที่ 12 ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการเตรียมความพร้อมก่อนใช้งานสะพานเทียบผู้โดยสาร



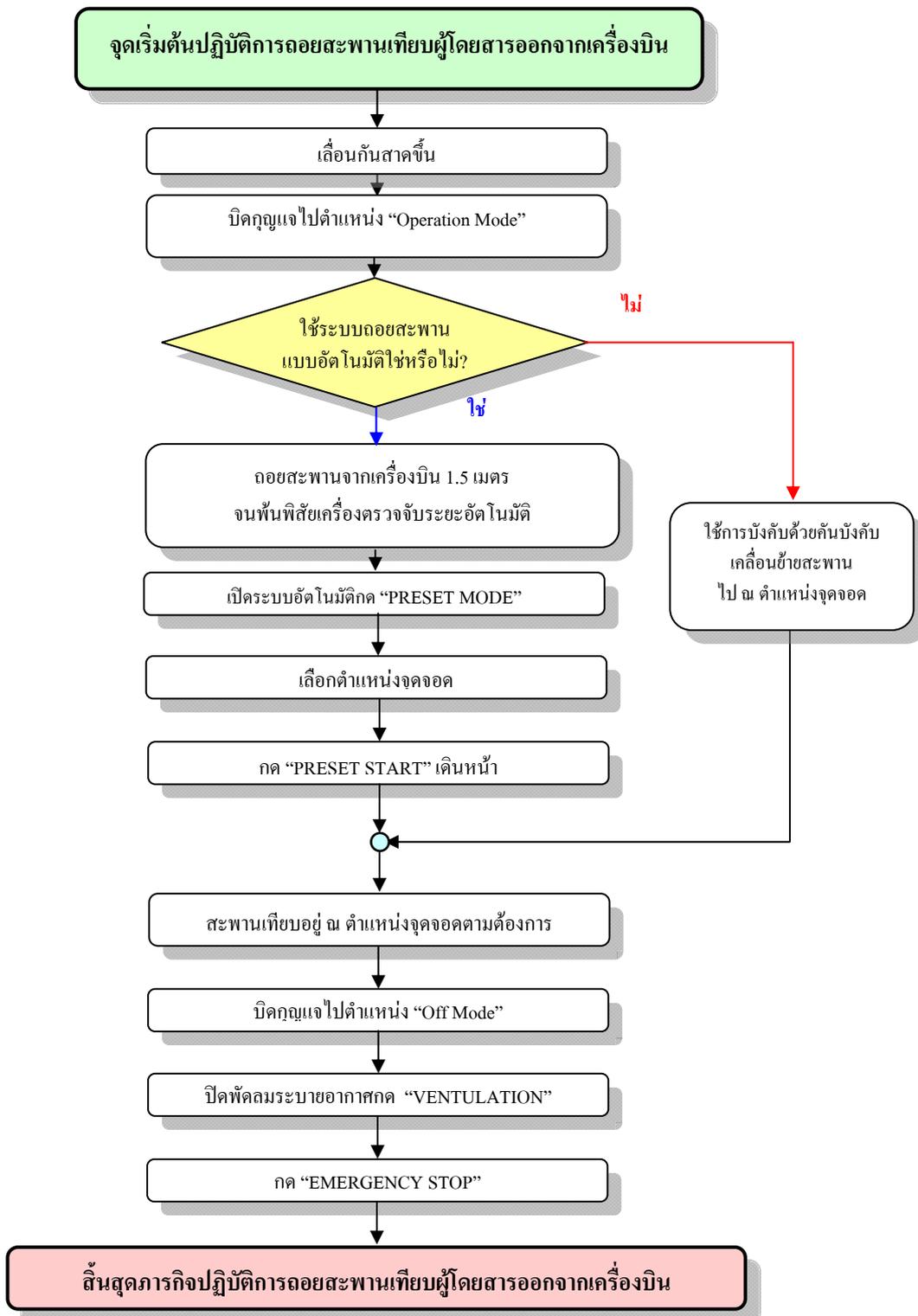
ภาพที่ 13 ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการนำสะพานเทียบกับเครื่องบิน (สำหรับสะพานเทียบที่มีจุดจอดเดียว)



ภาพที่ 14 ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการนำสะพานเทียบท่าอากาศยาน (สำหรับสะพานเทียบที่มีหลายจุดจอด)



ภาพที่ 15 ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการย้ายตำแหน่งจุดจอด (สำหรับสะพานเทียบที่มีหลายจุดจอด)



ภาพที่ 16 ขั้นตอนวิธีปฏิบัติการถอยสะพานเทียบผู้โดยสารออกจากเครื่องบิน

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงการออกแบบและคำนวณ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบฐานข้อมูล และรูปแบบการคำนวณ โดยทำการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของเครื่องบิน ข้อมูลพื้นฐานของสะพานเทียบผู้โดยสาร ข้อมูลหลุมจอดอากาศยาน และข้อมูลตำแหน่งจุดจอดเครื่องบิน เพื่อนำมาสร้างฐานข้อมูลให้กับโปรแกรม

อุปกรณ์

1. สะพานเทียบผู้โดยสาร
2. เครื่องคอมพิวเตอร์
3. โปรแกรมสำเร็จรูป AutoCAD 2006
4. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Access
5. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel
6. กล้องถ่ายภาพ
7. สายวัดขนาดความยาว 50 เมตร

วิธีการ

วิธีการของการวิจัยครั้งนี้ เริ่มต้นด้วยการพิจารณาลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ รวบรวมข้อมูลดิบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการสร้างฐานข้อมูลให้กับโปรแกรม ทำการคำนวณ และนำเสนอด้วยโปรแกรม Microsoft Access ในขั้นตอนของการคำนวณ

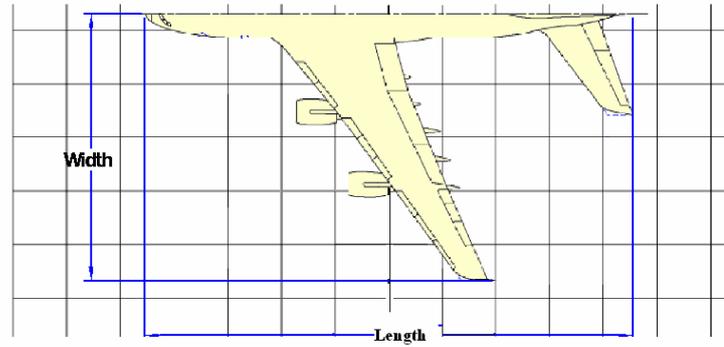
ลักษณะของข้อมูล

1. ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องบินสำหรับการคำนวณ

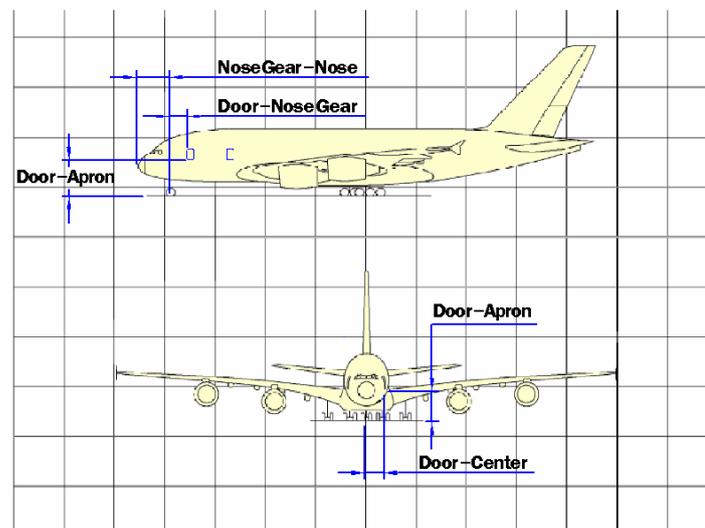
ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องบินที่นำมาเป็นข้อมูลในฐานข้อมูล มีดังนี้

- 1.1 ขนาดมิติทั่วไปของเครื่องบิน (Aircraft Dimension)
- 1.2 ระยะทางแนวราบจากล้อหน้า (Nose Gear) ถึงจมูกเครื่องบิน (Nose)

- 1.3 ระยะทางแนวราบจากประตู (Door) อ้างอิงกับล้อหน้า (Nose Gear)
- 1.4 ระยะทางแนวราบจากประตู (Door) อ้างอิงกับแนวกลางลำตัว (Center)
- 1.5 ระยะทางแนวตั้งจากประตู (Door) ถึงพื้นลานจอด (Apron)



ภาพที่ 17 มิติข้อมูลพื้นฐานของเครื่องบิน (มุมมองด้านบน)



ภาพที่ 18 มิติข้อมูลพื้นฐานของเครื่องบิน (มุมมองด้านข้างและด้านหน้า)

2. ข้อมูลพื้นฐานของสะพานเทียบผู้โดยสารสำหรับการคำนวณ

ข้อมูลพื้นฐานของสะพานเทียบผู้โดยสารสำหรับการคำนวณ ประกอบไปด้วย

2.1 การกำหนดลำดับตำแหน่งของสะพานเทียบผู้โดยสารแบบประชิดอาคาร การกำหนดรูปแบบจากการนับตำแหน่งของช่องทางเดินเข้าสู่สะพานเทียบผู้โดยสาร สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

2.1.1 ตำแหน่งที่ 1 หรือ L1 (Location 1) คือ สะพานเทียบผู้โดยสารแรกสุดที่มีช่องทางเดินเข้าใกล้กับอาคาร

2.1.2 ตำแหน่งที่ 2 หรือ L2 (Location 2) คือ สะพานเทียบผู้โดยสารที่มีช่องทางเดินเข้าใกล้กับอาคารเป็นอันดับสอง

2.1.3 ตำแหน่งที่ 3 หรือ L3 (Location 3) คือ สะพานเทียบผู้โดยสารที่มีช่องทางเดินเข้าใกล้กับอาคารเป็นอันดับสาม

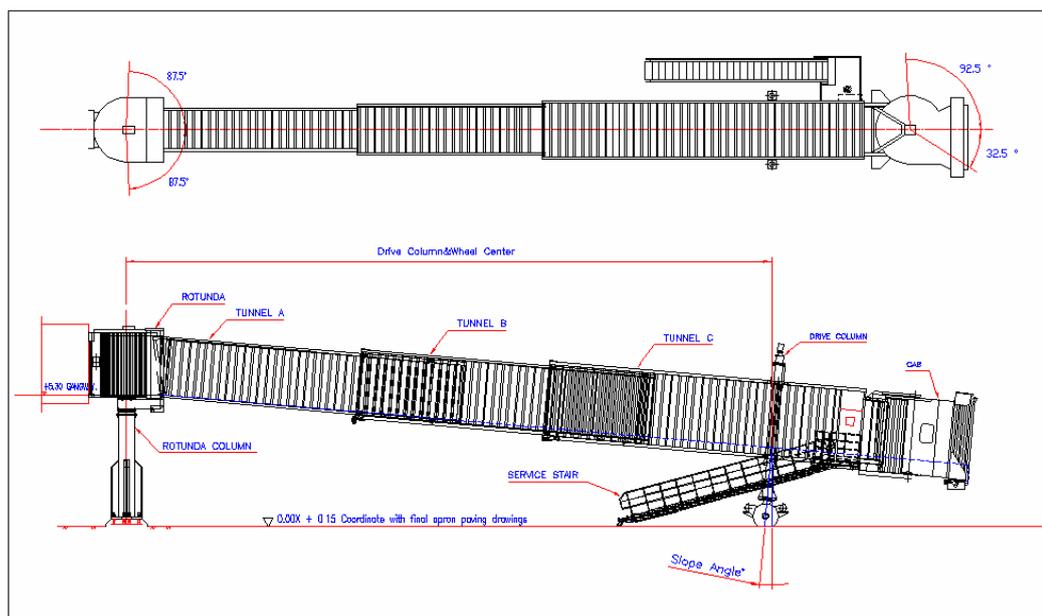
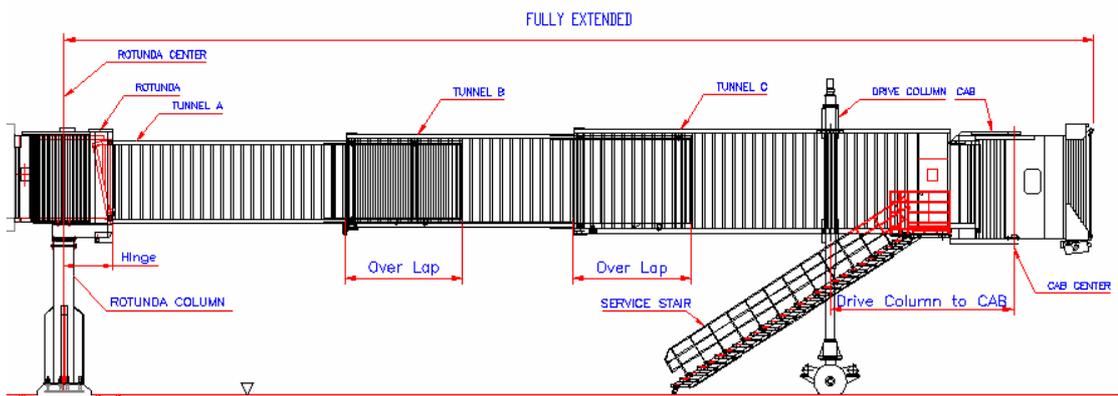
2.2 การกำหนดรูปแบบจากการใช้แนวทิศทางมุมศูนย์องศาของสะพานเทียบผู้โดยสารสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 (Type 1) สะพานเทียบผู้โดยสารแนวทิศทางมุมศูนย์องศาตั้งฉากกับแนวถนนของลานจอด (Apron Service Road)

ประเภทที่ 2 (Type 2) สะพานเทียบผู้โดยสารแนวทิศทางมุมศูนย์องศาขนานกับแนวถนนของลานจอด (Apron Service Road)

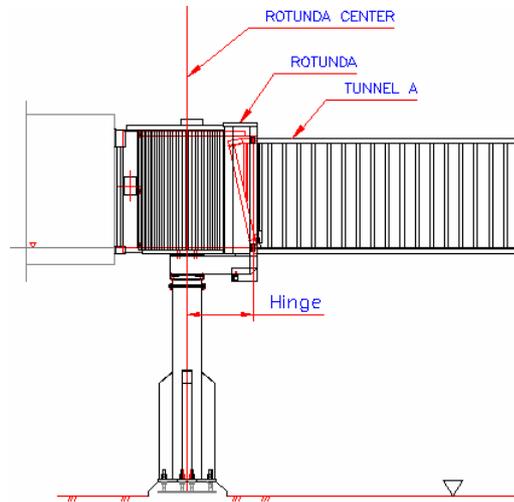
2.3 ขนาดมิติของสะพานเทียบผู้โดยสารแบบประชิดอาคารขนาดมิติต่างที่สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ต่อการคำนวณ มีดังนี้

- 2.3.1 ระยะทางแนวราบจากศูนย์กลาง(Rotunda) ถึงข้อพับแนวดิ่ง (Tunnel Hinge)
- 2.3.2 ระยะทางแนวดิ่งจากศูนย์กลางทางแนวดิ่ง (Tunnel hinge) ถึงพื้นลานจอด (Apron)
- 2.3.3 ระยะจากข้อพับแนวดิ่ง ถึงศูนย์กลาง CAB (Hinge to CAB center)
- 2.3.4 ขนาดความยาวของช่อง A
- 2.3.5 ขนาดความยาวของช่อง B
- 2.3.6 ขนาดความยาวของช่อง C
- 2.3.7 ระยะทางแนวดิ่งระหว่างช่อง
- 2.3.8 ระยะเหลื่อมระหว่างช่อง (Over Lap)
- 2.3.9 ระยะทางแนวราบของตำแหน่ง (Drive Column) ถึงศูนย์กลางของ CAB
- 2.3.10 ระยะทางแนวราบศูนย์กลางของ CAB ถึงยางกันชนด้านหน้า (Bumper)



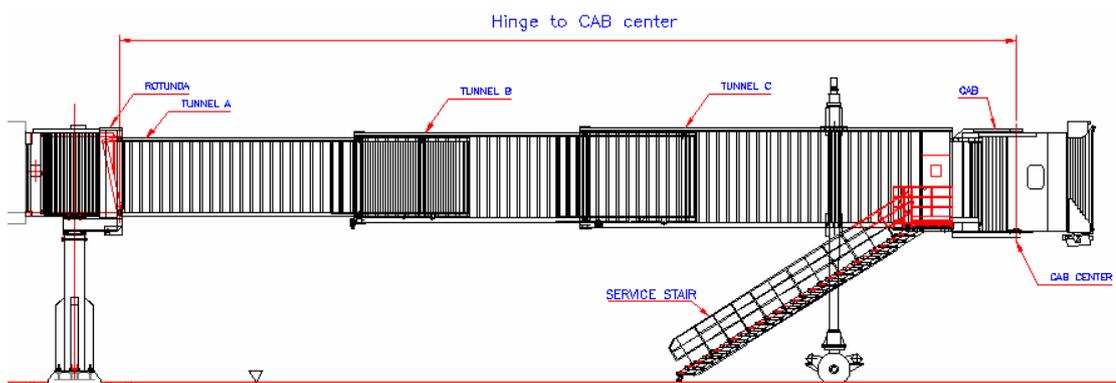
ภาพที่ 19 มิติข้อมูลพื้นฐานของสะพานเทียบผู้โดยสาร

ระยะทางแนวราบจากศูนย์กลาง(Rotunda) ถึงข้อพับแนวตั้ง (Tunnel Hinge) ดังแสดงใน
ภาพที่ 20



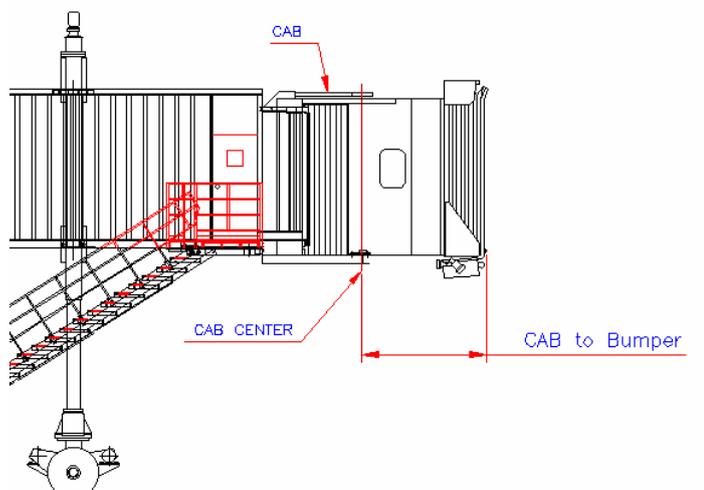
ภาพที่ 20 ระยะทางแนวราบจากศูนย์กลาง (Rotunda) ถึงข้อพับแนวตั้ง

ระยะจากข้อพับแนวตั้ง ถึงศูนย์กลาง CAB (Hinge to CAB center) ดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ระยะจากข้อพับแนวตั้ง ถึงศูนย์กลาง CAB

ระยะทางแนวราบจากศูนย์กลาง CAB ถึงกันชน (CAB to Bumper) ดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ระยะทางแนวราบจากศูนย์กลาง CAB ถึงข้างกันชน

3. ข้อมูลหลุมจอดอากาศยาน

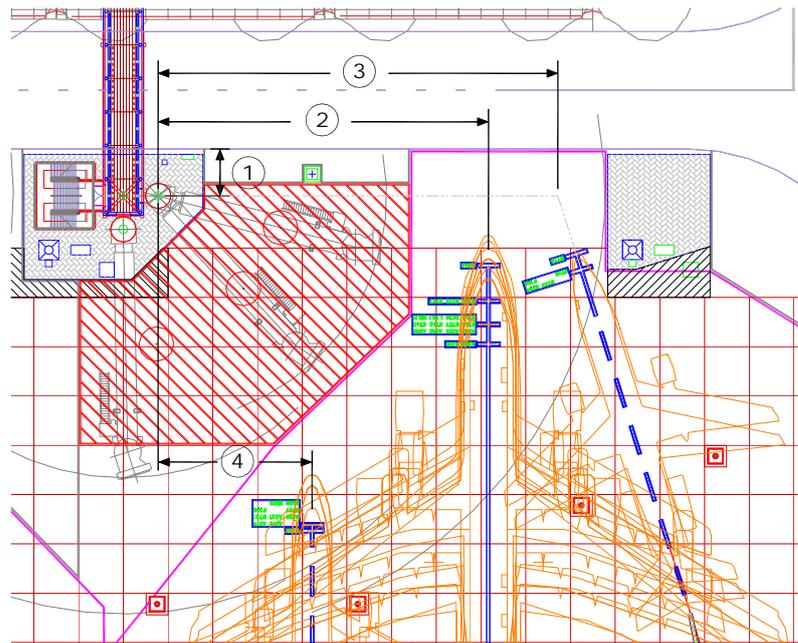
ข้อมูลที่สำคัญดังแสดงในภาพที่ 23 ประกอบไปด้วย

3.1 ระยะศูนย์กลางอาคารทรงกลม ถึงแนวถนนลานจอด (Center Rotunda - Apron Service Road)

3.2 ระยะศูนย์กลางอาคารทรงกลม ถึงเส้นหลุมจอดหลัก (Center Rotunda - Stand Main)

3.3 ระยะศูนย์กลางอาคารทรงกลม ถึงเส้นหลุมจอดด้านขวา (Center Rotunda - Stand Right)

3.4 ระยะศูนย์กลางอาคารทรงกลม ถึงเส้นหลุมจอดด้านซ้าย (Center Rotunda - Stand Left)



ภาพที่ 23 มิติหลุมจอดอากาศยาน

4. ข้อมูลตำแหน่งจุดจอดเครื่องบิน

ข้อมูลที่สำคัญประกอบไปด้วย ชนิดของเครื่องบิน (Aircraft Type) ระยะทางแนวถนนลานจอด ถึงจุดจอดเครื่องบินแต่ละชนิด ดังแสดงในภาพที่ 24 และ 25 ตามลำดับ



ภาพที่ 24 ชนิดของเครื่องบิน (Aircraft Type)



ภาพที่ 25 ระยะทางแนวถนนลานจอด ถึงจุดจุดเครื่องบินแต่ละชนิด

การสร้งฐานข้อมูล

เมื่อได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลักษณะของข้อมูลครบถ้วนนำข้อมูลมาออกแบบตาราง

1. การออกแบบตารางบันทึกข้อมูลของเครื่องบินดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกข้อมูลของเครื่องบิน

ข้อมูล	รายละเอียด	ชนิดข้อมูล
Item	ลำดับที่ของข้อมูล	ตัวเลข
Aircraft	เครื่องบิน	ตัวอักษร
Width	ความกว้าง	ตัวเลข
Length	ความยาว	ตัวเลข
Nose Gear to Nose	ระยะจากล้อหน้า ถึงจมูกเครื่องบิน	ตัวเลข
D1 Low	ระยะต่ำสุดทางแนวตั้งของประตูที่ 1	ตัวเลข
D2 Low	ระยะต่ำสุดทางแนวตั้งของประตูที่ 2	ตัวเลข
D3 Low	ระยะต่ำสุดทางแนวตั้งของประตูที่ 3	ตัวเลข
D1 High	ระยะสูงสุดทางแนวตั้งของประตูที่ 1	ตัวเลข
D2 High	ระยะสูงสุดทางแนวตั้งของประตูที่ 2	ตัวเลข
D3 High	ระยะสูงสุดทางแนวตั้งของประตูที่ 3	ตัวเลข
D1 to Center	ระยะทางราบจากประตูที่ 1 ถึงกลางลำตัวของเครื่องบิน	ตัวเลข
D2 to Center	ระยะทางราบจากประตูที่ 2 ถึงกลางลำตัวของเครื่องบิน	ตัวเลข
D3 to Center	ระยะทางราบจากประตูที่ 3 ถึงกลางลำตัวของเครื่องบิน	ตัวเลข
D1 to NG	ระยะทางราบจากประตูที่ 1 ถึงล้อหน้าของเครื่องบิน	ตัวเลข
D2 to NG	ระยะทางราบจากประตูที่ 2 ถึงล้อหน้าของเครื่องบิน	ตัวเลข
D3 to NG	ระยะทางราบจากประตูที่ 3 ถึงล้อหน้าของเครื่องบิน	ตัวเลข
D1°	มุมมองของ CAB เมื่อเทียบประตูที่ 1	ตัวเลข
D2°	มุมมองของ CAB เมื่อเทียบประตูที่ 2	ตัวเลข
D3°	มุมมองของ CAB เมื่อเทียบประตูที่ 3	ตัวเลข
Number of Door	จำนวนประตูที่ทำการเทียบท่า	ตัวเลข

2. การออกแบบตารางบันทึกข้อมูลของสะพานเทียบผู้โดยสาร

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกข้อมูลของสะพานเทียบผู้โดยสาร

ข้อมูล	รายละเอียด	ชนิดข้อมูล
PLB Model	รุ่นของสะพานเทียบผู้โดยสาร	ตัวอักษร
Extend	ระยะยื่นสุด	ตัวเลข
Retract	ระยะหดสุด	ตัวเลข
Over Lap	ระยะเหลื่อม	ตัวเลข
Tunnel A	ความยาวของ A	ตัวเลข
Tunnel B	ความยาวของ B	ตัวเลข
Tunnel C	ความยาวของ C	ตัวเลข
Drive Column to CAB	ระยะจากเสาปรับระดับ ถึงศูนย์กลาง CAB	ตัวเลข
Cab Center to Bumper	ระยะจากศูนย์กลางของ CAB ถึงยางกันชนด้านหน้า	ตัวเลข
Tunnel B/C to Drive Column	ระยะจากช่อง B/C ถึงเสาปรับระดับ	ตัวเลข
Number Tunnel	จำนวนช่อง	ตัวเลข

3. การออกแบบตารางบันทึกข้อมูลพิกัดคู่ลำดับภาคสนาม

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกข้อมูลพิกัดคู่ลำดับภาคสนาม

ข้อมูล	รายละเอียด	ชนิดข้อมูล
Item	ลำดับที่	ตัวเลข
Gate	หมายเลขหลุมจอด	ตัวอักษร
Position	รูปแบบตำแหน่งสะพานเทียบผู้โดยสาร	ตัวอักษร
PLB Model	รุ่นสะพานเทียบผู้โดยสาร	ตัวอักษร
PLB High	ความสูงจากพื้น Rotunda ถึงพื้นลานจอด	ตัวเลข
PLB Direction	รูปแบบทิศทางสะพานเทียบผู้โดยสาร	ตัวเลข
Rotunda to ASR	ระยะจาก Rotunda ถึงแนวเส้นถนน	ตัวเลข
Stand Main	ระยะจาก Rotunda ถึงแนวเส้น Stand Main	ตัวเลข
Stand R	ระยะจาก Rotunda ถึงแนวเส้น Stand R	ตัวเลข
Stand L	ระยะจาก Rotunda ถึงแนวเส้น Stand L	ตัวเลข
Park Main(X)	ค่าพิกัด X ขณะจอด ณ จุดจอด Main	ตัวเลข
Park Main(Y)	ค่าพิกัด Y ขณะจอด ณ จุดจอด Main	ตัวเลข
Park R(X)	ค่าพิกัด X ขณะจอด ณ จุดจอด R	ตัวเลข
Park R(Y)	ค่าพิกัด Y ขณะจอด ณ จุดจอด R	ตัวเลข

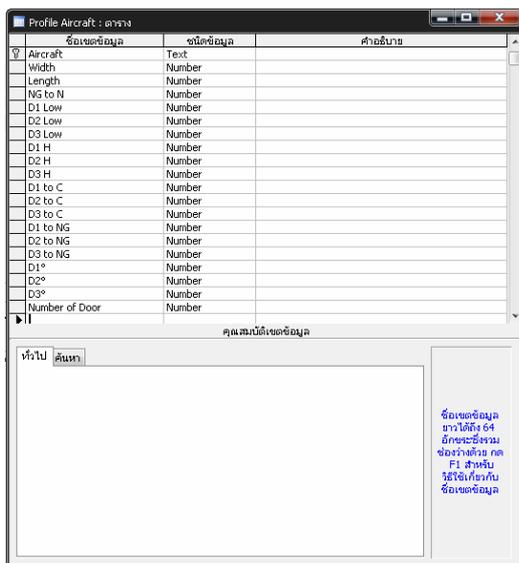
4. การออกแบบตารางบันทึกข้อมูลจุดจอดของเครื่องบิน

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกข้อมูลจุดจอดของเครื่องบิน

ข้อมูล	รายละเอียด	ชนิดข้อมูล
Item	ลำดับที่	ตัวเลข
Gate	หมายเลขหลุมจอด	ตัวอักษร
Aircraft Stand	ชนิดจุดจอดของเครื่องบิน	ตัวอักษร
Aircraft Type	ชนิดเครื่องบิน	ตัวอักษร
ASR	ระยะจากจุดจอด ถึงแนวเส้นถนน	ตัวเลข

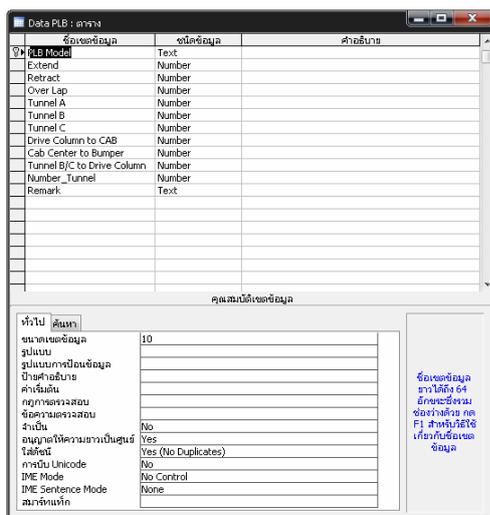
จากการออกแบบตาราง สามารถนำมาสร้างเป็นฐานข้อมูล ด้วยโปรแกรม Microsoft Access ได้ดังนี้

1. ฐานข้อมูลขนาดมิติของเครื่องบิน



ภาพที่ 26 ฐานข้อมูลขนาดมิติของเครื่องบิน

2. ฐานข้อมูลขนาดมิติของสะพานเทียบผู้โดยสาร



ภาพที่ 27 ฐานข้อมูลขนาดมิติของสะพานเทียบผู้โดยสาร

3. ฐานข้อมูลของพิกัดคู่ลำดับภาคสนาม

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
Item	Number	
Gate	Text	
Position	Text	
PLB Model	Text	
PLB Hight	Number	
PLB Direction	Text	
Rotunda to ASR	Number	
Stand Main	Number	
Stand R	Number	
Stand L	Number	
Park Main(X)	Number	
Park Main(Y)	Number	
Park R(X)	Number	
Park R(Y)	Number	

คุณสมบัตินี้เขตข้อมูล

ทั่วไป ค้นหา

ชื่อเขตข้อมูล
ยาวได้ถึง 64
อักขระใช้รวม
ช่องว่างด้วย กด
F1 สำหรับวิธีใช้
เกี่ยวกับชื่อเขต
ข้อมูล

ภาพที่ 28 ฐานข้อมูลของพิกัดคู่ลำดับภาคสนาม

4. ฐานข้อมูลจุดจอดของเครื่องบิน

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
Item	Number	
Gate	Text	
Aircraft Stand	Text	
Aircraft Type	Text	
ASR	Number	
Remark	Text	

คุณสมบัตินี้เขตข้อมูล

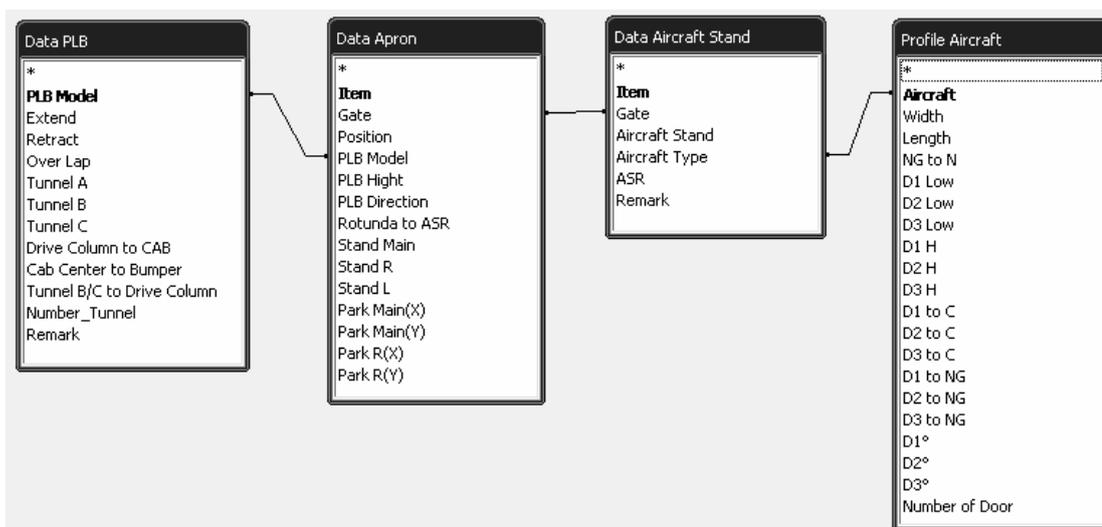
ทั่วไป ค้นหา

ชื่อเขตข้อมูล
ยาวได้ถึง 64
อักขระใช้รวม
ช่องว่างด้วย กด
F1 สำหรับวิธีใช้
เกี่ยวกับชื่อเขต
ข้อมูล

ภาพที่ 29 ฐานข้อมูลจุดจอดของเครื่องบิน

การสร้างความสัมพันธ์ในฐานข้อมูล

ในการเรียกใช้งานข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาประกอบกันในการคำนวณนั้น จะต้องมีการสร้างความสัมพันธ์ในฐานข้อมูล โดยตารางในฐานข้อมูลจะมีการเชื่อมความสัมพันธ์ ดังภาพ



ภาพที่ 30 ภาพรวมความสัมพันธ์ของตารางในฐานข้อมูล

1. ความสัมพันธ์ระหว่าง ตาราง Data Apron กับ ตาราง Data PLB

The screenshot shows a dialog box titled "คุณสมบัติการรวม" (Merge Properties) with the following fields and options:

- ชื่อตารางด้านซ้าย (Left table name): Data Apron
- ชื่อตารางด้านขวา (Right table name): Data PLB
- ชื่อคอลัมน์ด้านซ้าย (Left column name): PLB Model
- ชื่อคอลัมน์ด้านขวา (Right column name): PLB Model

Three radio button options are available:

- 1: รวมเฉพาะแถว (row) ซึ่งเขตข้อมูลที่ใช้ในการรวมจากทั้งสองตารางต้องมีค่าเท่ากันเท่านั้น
- 2: รวมระเบียบทั้งหมดจาก 'Data Apron' และเฉพาะระเบียบจาก 'Data PLB' ซึ่งมีเขตข้อมูลที่ใช้ในการรวมเท่านั้น
- 3: รวมระเบียบทั้งหมดจาก 'Data PLB' และเฉพาะระเบียบจาก 'Data Apron' ซึ่งมีเขตข้อมูลที่ใช้ในการรวมเท่านั้น

Buttons at the bottom: ตกลง (OK), ยกเลิก (Cancel), สร้าง (Apply).

ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ของตาราง Data Apron กับ ตาราง Data PLB

2. ความสัมพันธ์ระหว่าง ตาราง Data Apron กับ ตาราง Data Aircraft Stand

คุณสมบัติการรวม

ชื่อตารางต้นซ้าย: Data Apron

ชื่อตารางต้นขวา: Data Aircraft Stand

ชื่อคอลัมน์ต้นซ้าย: Gate

ชื่อคอลัมน์ต้นขวา: Gate

1: รวมเฉพาะแถว (row) ซึ่งเขตข้อมูลที่นำมาใช้ในการรวมจากทั้งสองตารางต้องมีค่าเท่ากันเท่านั้น
 2: รวมระเบียบทั้งหมดจาก 'Data Apron' และเฉพาะระเบียบจาก 'Data Aircraft Stand' ซึ่งมีเขตข้อมูลที่ใช้ในการรวมเท่ากัน
 3: รวมระเบียบทั้งหมดจาก 'Data Aircraft Stand' และเฉพาะระเบียบจาก 'Data Apron' ซึ่งมีเขตข้อมูลที่ใช้ในการรวมเท่ากัน

ตกลง ยกเลิก สร้าง

ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์ของตาราง Data Apron กับ ตาราง Data Aircraft Stand

3. ความสัมพันธ์ระหว่าง ตาราง Data Aircraft Stand กับ ตาราง Profile Aircraft

คุณสมบัติการรวม

ชื่อตารางต้นซ้าย: Data Aircraft Stand

ชื่อตารางต้นขวา: Profile Aircraft

ชื่อคอลัมน์ต้นซ้าย: Aircraft Type

ชื่อคอลัมน์ต้นขวา: Aircraft

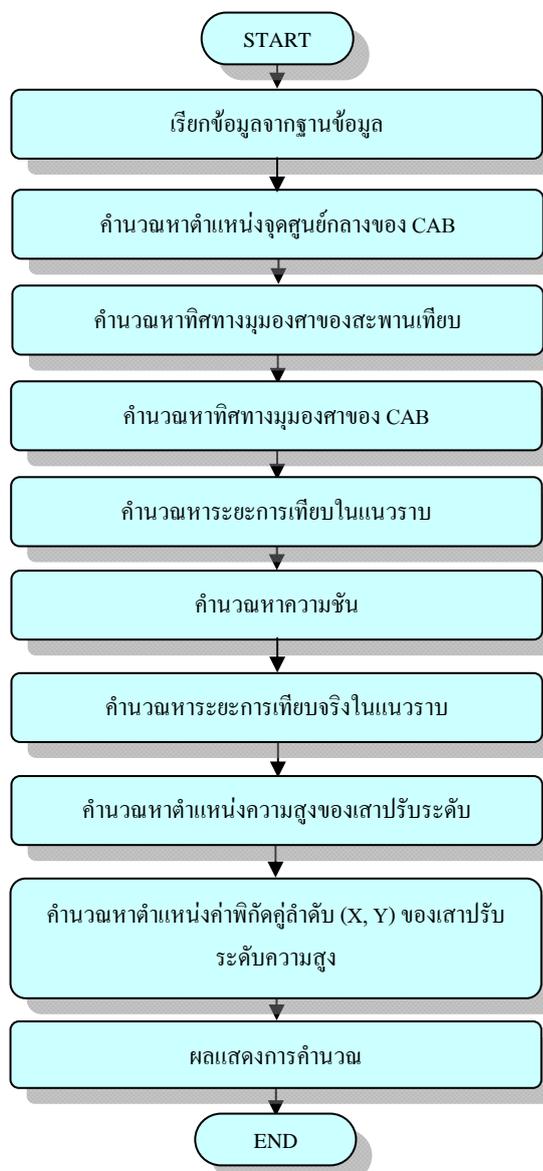
1: รวมเฉพาะแถว (row) ซึ่งเขตข้อมูลที่นำมาใช้ในการรวมจากทั้งสองตารางต้องมีค่าเท่ากันเท่านั้น
 2: รวมระเบียบทั้งหมดจาก 'Data Aircraft Stand' และเฉพาะระเบียบจาก 'Profile Aircraft' ซึ่งมีเขตข้อมูลที่ใช้ในการรวมเท่ากัน
 3: รวมระเบียบทั้งหมดจาก 'Profile Aircraft' และเฉพาะระเบียบจาก 'Data Aircraft Stand' ซึ่งมีเขตข้อมูลที่ใช้ในการรวมเท่ากัน

ตกลง ยกเลิก สร้าง

ภาพที่ 33 ความสัมพันธ์ของตาราง Data Aircraft Stand กับ ตาราง Profile Aircraft

ขั้นตอนวิธีการคำนวณเส้นทางรถเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสารในฐานข้อมูล

ในการคำนวณต้องมีการเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูล มีการคำนวณ เริ่มต้นจากการกำหนดตำแหน่งของจุดตั้งต้นของแกนพิกัดคู่ลำดับ โดยกำหนดให้จุดศูนย์กลางของ Rotunda เป็นจุด ($X=0$, $Y=0$) และทำการคำนวณหาตำแหน่ง จุดศูนย์กลางของ CAB, ทิศทางและองศาของสะพานเทียบผู้โดยสารบนแกนพิกัดคู่ลำดับ ทิศทางมุมมองสาขาของ CAB, ระยะการเทียบในแนวราบ ความชัน และตำแหน่งของเสาปรับระดับความสูงและล้อย มีแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนและการคำนวณดังนี้



ภาพที่ 34 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนและการคำนวณ

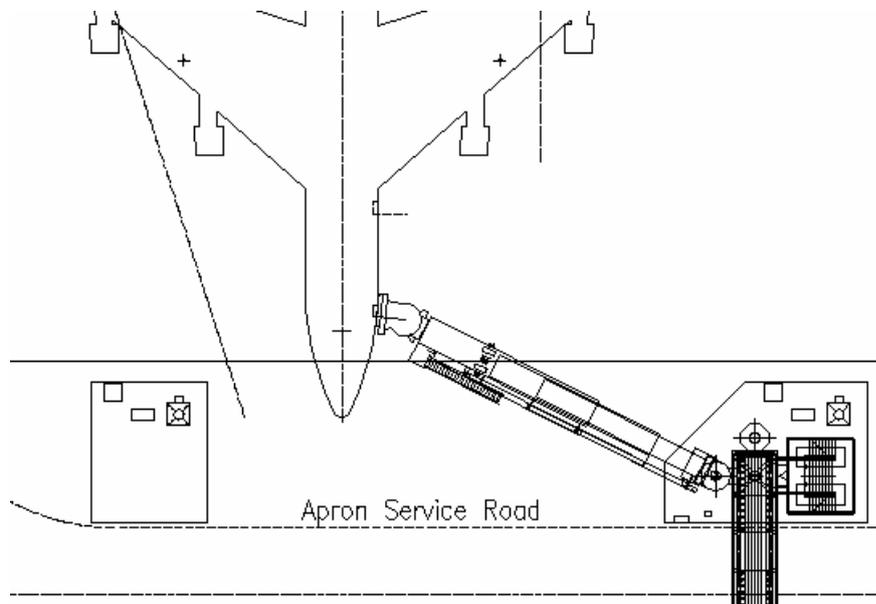
การสร้างโปรแกรมสำหรับคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสาร

ในการออกแบบโปรแกรมคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสารในโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยการสร้างจากโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Access เพื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณไปป้อนค่าใน Programmer Logic Controller เพื่อให้สะพานเทียบผู้โดยสารสามารถใช้งานได้ ในการคำนวณมีการใช้ข้อมูล จากฐานข้อมูลเดียว ดังนั้นจึงต้องมีการกรองข้อมูล เพื่อเลือกข้อมูลที่ต้องการเท่านั้น โดยการคำนวณในฐานข้อมูล จะแบ่งกลุ่มตามตำแหน่งของสะพานเทียบผู้โดยสารเป็นหลัก สามารถออกเป็น 7 กลุ่ม ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการจัดกลุ่มสำหรับการคำนวณ

กลุ่มที่	ตำแหน่ง สะพานเทียบผู้โดยสาร	ทิศทาง สะพานเทียบผู้โดยสาร	เส้นทาง การนำจอด	ตำแหน่ง ประตูเครื่องบิน
1	ตำแหน่งที่ 1 (L1)	Type 1	MAIN	1
2	ตำแหน่งที่ 1 (L1)	Type 1	RIGHT	1
3	ตำแหน่งที่ 1 (L1)	Type 2	MAIN	1
4	ตำแหน่งที่ 1 (L1)	Type 2	RIGHT	1
5	ตำแหน่งที่ 2 (L2)	Type 2	LEFT	1
6	ตำแหน่งที่ 2 (L2)	Type 2	MAIN	2
7	ตำแหน่งที่ 3 (L3)	Type 2	MAIN	3

1. สะพานเทียบผู้โดยสาร ตำแหน่งที่ 1 (L1) แนวทิศทางมุมศูนย์องศาตั้งฉากกับแนวถนนของลานจอด (Apron Service Road) ใช้เส้นทางนำจอด MAIN และให้บริการเทียบประตูแรกของเครื่องบิน

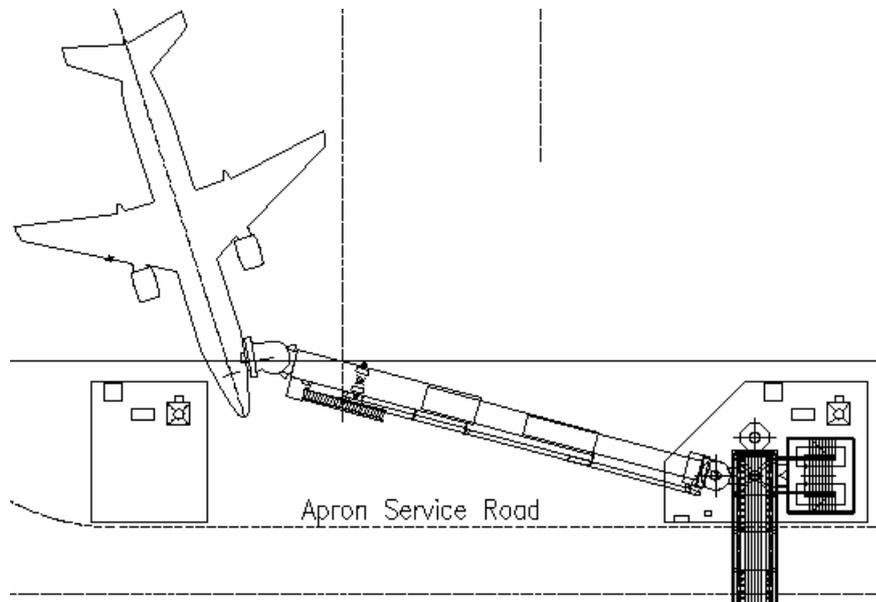


ภาพที่ 35 ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 1

เขตข้อมูล:	Position	PLB Direction	Aircraft Stand
ตาราง:	Data Apron	Data Apron	Data Aircraft Stand
เรียงลำดับ:			
แสดง:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
เงื่อนไข:	"L1"	"1"	"MAIN"
หรือ:			

ภาพที่ 36 การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 1

2. สะพานเทียบผู้โดยสาร ตำแหน่งที่ 1 (L1) แนวทิศทางมุมศูนย์องศาตั้งฉากกับแนวถนนของลานจอด (Apron Service Road) ใช้เส้นทางการนำจอด RIGHT และให้บริการเทียบประตูแรกของเครื่องบิน

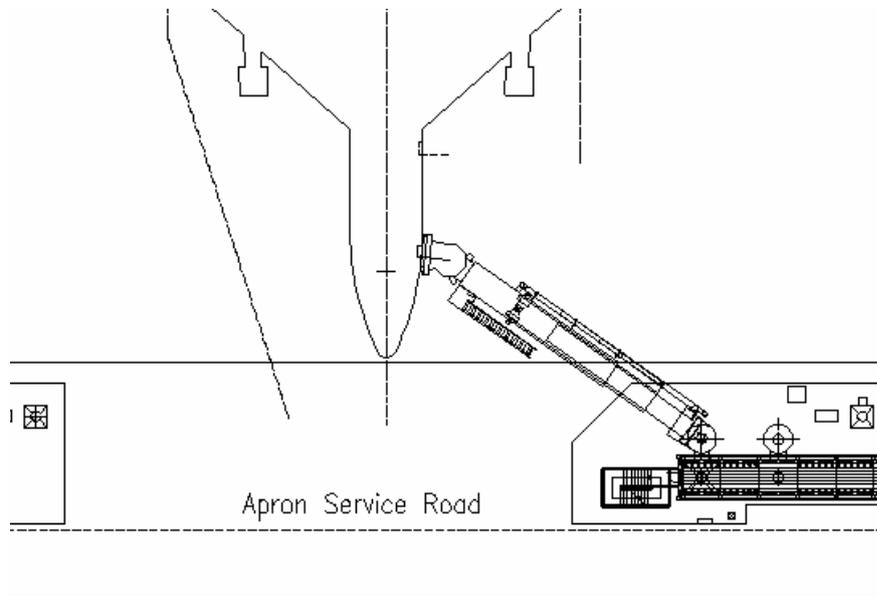


ภาพที่ 37 ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 2

เขตข้อมูล:	Position	PLB Direction	Aircraft Stand
ตาราง:	Data Apron	Data Apron	Data Aircraft Stand
เรียงลำดับ:			
แสดง:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
เงื่อนไข:	"L1"	"1"	"Right"
หรือ:			

ภาพที่ 38 การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 2

3. สะพานเทียบผู้โดยสาร ตำแหน่งที่ 1 (L1) แนวทิศทางมุมศูนย์องศาขนานกับแนวถนนของลานจอด (Apron Service Road) ใช้เส้นทางนำจอด MAIN และให้บริการเทียบประตูแรกของเครื่องบิน

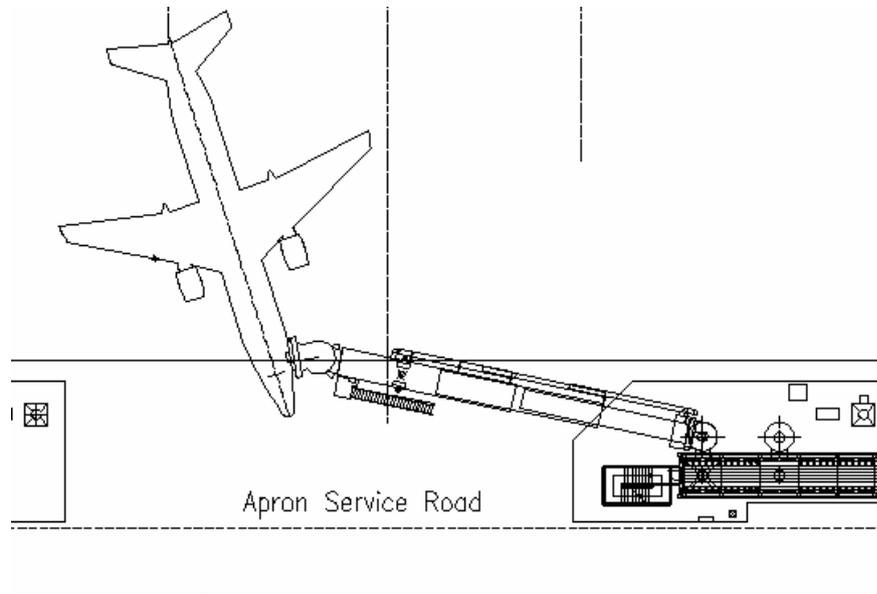


ภาพที่ 39 ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 3

เขตข้อมูล:	Position	PLB Direction	Aircraft Stand
ตาราง:	Data Apron	Data Apron	Data Aircraft Stand
เรียงลำดับ:			
แสดง:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
เงื่อนไข:	"L1"	"2"	"MAIN"
หรือ:			
	<input type="checkbox"/>		

ภาพที่ 40 การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 3

4. สะพานเทียบผู้โดยสาร ตำแหน่งที่ 1 (L1) แนวทิศทางมุมศูนย์องศาขนานกับแนวถนนของลานจอด (Apron Service Road) ใช้เส้นทางรถนำจอด RIGHT และให้บริการเทียบประตูแรกของเครื่องบิน

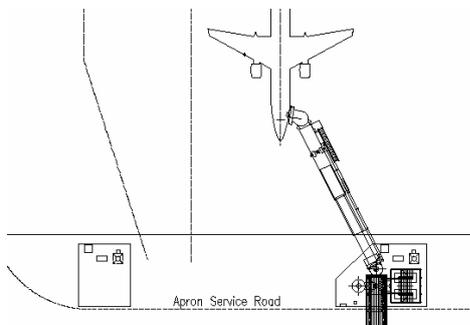


ภาพที่ 41 ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 4

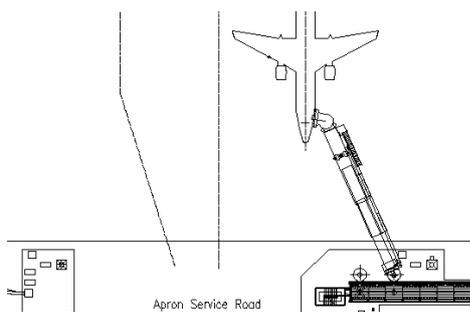
เขตข้อมูล:	Position	PLB Direction	Aircraft Stand
ตาราง:	Data Apron	Data Apron	Data Aircraft Stand
เรียงลำดับ:			
แสดง:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
เงื่อนไข:	"L1"	"2"	"Right"
หรือ:			

ภาพที่ 42 การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 4

5. สะพานเทียบผู้โดยสาร ตำแหน่งที่ 2 (L2) แนวทิศทางมุมศูนย์องศาขนานกับแนวถนนของลานจอด (Apron Service Road) ใช้เส้นทางนำจอด LEFT และให้บริการเทียบประตูแรกของเครื่องบิน



(ก)



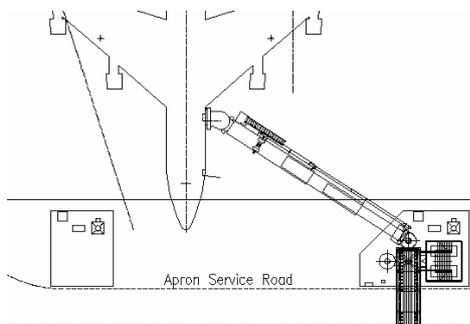
(ข)

ภาพที่ 43 ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 5 แบบ (ก) และ (ข)

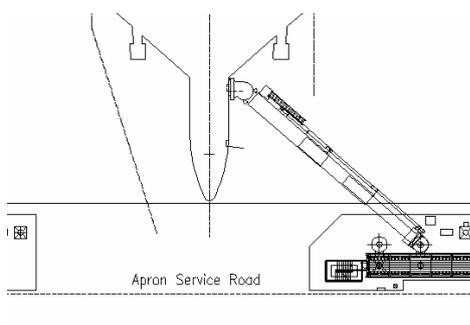
เขตข้อมูล:	Position	PLB Direction	Aircraft Stand
ตาราง:	Data Apron	Data Apron	Data Aircraft Stand
เรียงลำดับ:			
แสดง:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
เงื่อนไข:	"L2"	"2"	"Left"
หรือ:			

ภาพที่ 44 การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 5

6. สะพานเทียบผู้โดยสาร ตำแหน่งที่ 2 (L2) แนวทิศทางมุมศูนย์องศาขนานกับแนวถนนของลานจอด (Apron Service Road) ใช้เส้นทางนำจอด MAIN และให้บริการเทียบประตูที่สองของเครื่องบิน



(ก)



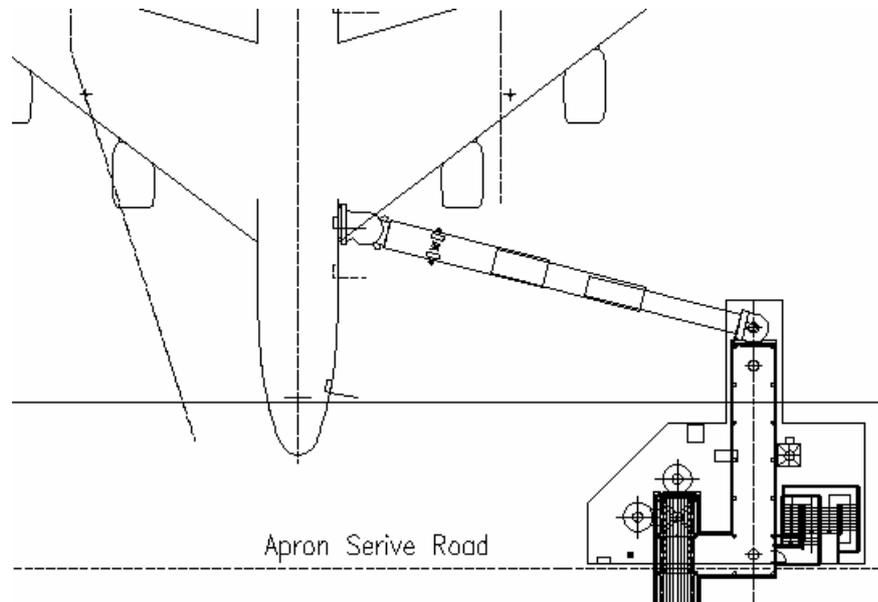
(ข)

ภาพที่ 45 ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 6 แบบ (ก) และ (ข)

เขตข้อมูล:	Position	PLB Direction	Aircraft Stand
ตาราง:	Data Apron	Data Apron	Data Aircraft Stand
เรียงลำดับ:			
แสดง:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
เงื่อนไข:	"L2"	"2"	"MAIN"
หรือ:			

ภาพที่ 46 การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 6

7. สะพานเทียบผู้โดยสาร ตำแหน่งที่ 3 (L3) แนวทิศทางมุมศูนย์องศาขนานกับแนวถนนของลานจอด (Apron Service Road) ใช้เส้นทางรถนำจอด LEFT และให้บริการเทียบประตูที่สามของเครื่องบิน



ภาพที่ 47 ภาพของหลุมจอดที่ใช้รูปแบบการคำนวณ กลุ่มที่ 7

เขตข้อมูล:	Position	PLB Direction	Aircraft Stand	Aircraft
ตาราง:	Data Apron	Data Apron	Data Aircraft Stand	Profile Aircraft
เรียงลำดับ:				
แสดง:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
เงื่อนไข:	"L3"	"2"	"MAIN"	"A388"
หรือ:				

ภาพที่ 48 การกรองข้อมูล สำหรับกลุ่มที่ 7

การสร้างสูตรพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณ

ในการออกแบบโปรแกรมคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบ ผู้โดยสารใช้สูตรพื้นฐานดังต่อไปนี้

1. สูตรการคำนวณระยะระหว่างจุด

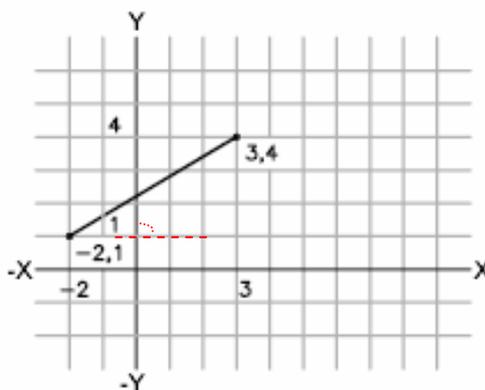
จะใช้หลักการคำนวณในรูปแบบของพิกัดคู่ลำดับ ระยะระหว่างจุดสองจุด คือ $\text{Sqrt}[(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2]$

ระยะจากจุด (-2, 1) และ (3, 4) มีค่า

$$\begin{aligned} &= \text{Sqrt}[(3 - (-2))^2 + (4 - 1)^2] \\ &= \text{Sqrt}[36] \\ &= 6 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

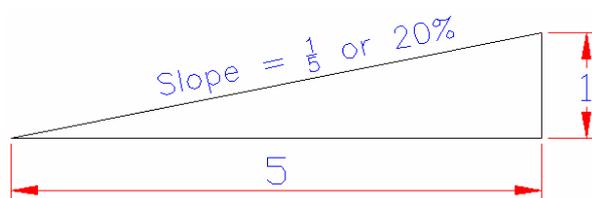
มุมมองระหว่างจุด (-2, 1) และ (3, 4) มีค่า

$$\begin{aligned} &= \tan^{-1} [\text{ระยะทางตั้ง} / \text{ระยะทางราบ}] \\ &= \tan^{-1} [(4 - 1) / (3 - (-2))] \\ &= \tan^{-1} [3/5] \\ &= 30.96^\circ \end{aligned}$$



ภาพที่ 49 การคำนวณระยะและขนาดมุมมองระหว่างจุด

2. สูตรการคำนวณขนาดความลาดชัน



ภาพที่ 50 การคำนวณขนาดความลาดชัน

$$\begin{aligned} \text{ความชัน} &= \text{ระยะทางตั้ง} / \text{ระยะทางราบ} \\ &= 1 / 5 \\ &= 0.2 \text{ หรือ } 20\% \end{aligned}$$

ในการคำนวณมีความจำเป็นต้องใช้ค่าคงที่ดังต่อไปนี้

ค่าคงที่ประกอบการคำนวณ ประกอบไปด้วย

1. ค่าคงที่ π จะใช้ค่าประมาณ 3.14159265358979 สามารถกำหนดเป็นรหัส (Code) ในหน่วยคำนวณ (Module) ได้เป็น Const CPI = 3.14159265358979
2. ระยะจากศูนย์กลางของ CAB กับ หน้า Bumper เท่ากับ 2.51 เมตร สามารถกำหนดเป็นรหัส (Code) ในหน่วยคำนวณ (Module) ได้เป็น Const CCab = 2.51
3. ระดับความสูงระหว่างช่อง เท่ากับ 0.172 เมตร สามารถกำหนดเป็นรหัส (Code) ในหน่วยคำนวณ (Module) ได้เป็น Const CRamp = 0.172
4. ระยะจากศูนย์กลางของ Rotunda กับ ศูนย์กลางแนวตั้งของ A เท่ากับ 1.372 เมตร สามารถกำหนดเป็นรหัส (Code) ในหน่วยคำนวณ (Module) ได้เป็น Const CHinge = 1.372

จากสูตรพื้นฐานการคำนวณผู้ทำการวิจัยได้เขียนฟังก์ชันสำหรับการคำนวณใน Microsoft Access จะ ประกอบไปด้วย

1. ฟังก์ชันสำหรับการคำนวณระยะทางระหว่างพิกัดคู่ลำดับ 2 จุด

จะมีการคืนค่าออกมาเป็นจำนวนตัวเลข มีตัวแปรสำหรับการคำนวณ คือ X1, Y1 เป็นค่าพิกัดของจุดแรก และ X2, Y2 เป็น ค่าพิกัดของจุดที่สอง โดยการคำนวณจะใช้หลักตรีโกณมิติในการหารากที่สองจากผลรวมค่ายกกำลังสองของความยาวด้านประกอบมุมฉาก สามารถกำหนดเป็นรหัส (Code) ในหน่วยคำนวณ (Module) ได้ดังนี้

```
Public Function Distance(X1, Y1, X2, Y2 As Double) As Double
```

```
Distance = Sqr((X2 - X1) ^ 2 + (Y2 - Y1) ^ 2)
```

```
End Function
```

2. ฟังก์ชันสำหรับการคำนวณแนวทิศทางระหว่างพิกัดคู่ลำดับ 2 จุด

จะมีการคืนค่าออกมาเป็นจำนวนตัวเลข มีตัวแปรสำหรับการคำนวณ คือ X1, Y1 เป็นค่าพิกัดของจุดแรก และ X2, Y2 เป็น ค่าพิกัดของจุดที่สอง การคำนวณจะใช้หลักตรีโกณมิติในการหาค่าส่วนกลับของค่า Tangent จากสัดส่วนความยาวด้านประกอบมุมฉาก

เนื่องจากโปรแกรมMS Access มีการคำนวณ Tangent^{-1} ในหน่วยขององศา Radian ดังนั้นต้องมีการแปลงค่าออกมาในรูปขององศา Degree ด้วย $180 / \pi$ สามารถกำหนดเป็นรหัส (Code) ในหน่วยคำนวณ (Module) ได้ดังนี้

```
Public Function Angle_XY(X1, Y1, X2, Y2 As Double) As Double
```

```
Angle_XY = Atn((Y2 - Y1) / (X2 - X1)) * 180 / CPI
```

```
End Function
```

3. ฟังก์ชันสำหรับการคำนวณระยะยี่ดของสะพานเทียบผู้โดยสารขณะเทียบท่าในแนวราบ จะมีการคืนค่าออกมาเป็นจำนวนตัวเลข โดยมีตัวแปรสำหรับการคำนวณ คือ X, Y เป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางการหมุนของ CAB

ระยะยี่ดของสะพานเทียบผู้โดยสารขณะเทียบท่าในแนวราบใช้การคำนวณ โดยหาผลรวมของระยะทางจากศูนย์กลางการหมุนของ Rotunda ถึง จุดศูนย์กลางการหมุนของ CAB กับระยะทางจากจุดศูนย์กลางการหมุนของ CAB ถึง หน้า Bumper สามารถกำหนดเป็นรหัส (Code) ในหน่วยคำนวณ (Module) ได้ดังนี้

```
Public Function Dock_Plan(X, Y As Double) As Double
```

```
Dock_Plan = Sqr(X ^ 2 + Y ^ 2) + CCab
```

```
End Function
```

4. ฟังก์ชันสำหรับการหาความชัน

จะมีการคืนค่าออกมาเป็นจำนวนตัวเลข โดยมีตัวแปรสำหรับการคำนวณ คือ

Rotunda_high : ความสูงจากพื้น Rotunda ถึงพื้นลานจอด
 Door_high : ความสูงของขอบล่างประตูเครื่องบินจากพื้นลานจอด
 Dock_Plan : ระยะทางของการเทียบท่าในแนวราบ
 Tunnel : จำนวนช่องของสะพานเทียบผู้โดยสาร

การคำนวณจะใช้หลักตรีโกณมิติในการหาค่าส่วนกลับของค่า Tangent จากสัดส่วนความยาวด้านประกอบมุมฉาก

ความยาวด้านประกอบมุมฉากในแนวดิ่ง คือ ค่าความแตกต่างของความสูงจากพื้น Rotunda ถึงพื้นลานจอด และความสูงของขอบล่างประตูเครื่องบินจากพื้นลานจอด เนื่องจากสะพานเทียบผู้โดยสารมีระยะห่างระหว่างช่อง A และ B ในแนวดิ่ง หรือ ช่อง B และ C จึงต้อง

ชดเชยค่านี้ (CRamp = 0.172) ในการคำนวณด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนของสะพานเทียบ
ผู้โดยสาร ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละรุ่น

ความยาวด้านประกอบมุมฉากในแนวราบ คือ ระยะทางการเทียบท่าในแนวราบ
เนื่องจากช่วงระยะทางจากศูนย์กลางของ Rotunda กับ ศูนย์กลางแนวค้ำของ A อยู่ในแนวระดับ
เสมอ ดังนั้นต้องไม่นำค่าระยะทางส่วนนี้ มาทำการคำนวณ (CHinge = 1.372)

เนื่องจากโปรแกรม MS Access มีการคำนวณ Tangent⁻¹ ในหน่วยขององศา Radian
ดังนั้นต้องมีการแปลงค่าออกมาในรูปขององศา Degree ด้วย $180 / \pi$ สามารถกำหนดเป็นรหัส
(Code) ในหน่วยคำนวณ (Module) ได้ดังนี้

```
Public Function Slope(Rotunda_high, Door_high, Dock_Plan, Tunnel As Double)
As Double
```

```
Slope = Atn((Rotunda_high - Door_high - CRamp*(Tunnel - 1))/(Dock_Plan -
1.372))*180/CPI
```

```
End Function
```

ค่าตัวแปรและความหมายของสูตรสำหรับการคำนวณ

ตารางที่ 6 แสดงค่าตัวแปรและความหมายของสูตรสำหรับการคำนวณ

ตัวแปร	ความหมาย
C_X, C_Y	ระยะแกน X,Y จากจุด (0,0) ถึงศูนย์กลาง CAB
$D^0_{1,2,3}$	มุมมองสาขาของ ประตู 1,2,3
R^0	มุมมองสาขาของ Rotunda
C^0	มุมมองสาขาของ CAB
S^0	มุมมองสาขาของความลาดชัน
A_R^0	มุมมองสาขาของ Stand Right มีค่าเท่ากับ 17.5 องศา
D_p	ระยะทางของการเทียบท่าในแนวราบ
D_k	ระยะทางของการเทียบท่าจริง
D_H	ระยะความสูงของเสาปรับระดับ
R_H	ระยะความสูงของ Rotunda ถึงพื้นลานจอด
$D1_H$	ระยะความสูงจากประตูที่ 1 ถึงพื้นลานจอด
$D2_H$	ระยะความสูงจากประตูที่ 2 ถึงพื้นลานจอด
$D3_H$	ระยะจากประตูที่ 3 ถึงพื้นลานจอด
H_T	ระดับความสูงระหว่างช่องมีค่าเท่ากับ 0.172 เมตร
D_{HI}	ระยะศูนย์กลาง Rotunda ถึง Hinge มีค่าเท่ากับ 1.372 เมตร
D_X, D_Y	ระยะแกน X,Y จากจุด (0,0) ถึงเสาปรับระดับ
D_C	ระยะจากเสาปรับระดับ ถึงศูนย์กลาง CAB
$D1_C$	ระยะจากประตูที่ 1 ถึงกลางลำตัวของเครื่องบิน
$D2_C$	ระยะจากประตูที่ 2 ถึงกลางลำตัวของเครื่องบิน
$D3_C$	ระยะจากประตูที่ 3 ถึงกลางลำตัวของเครื่องบิน
$D1_N$	ระยะจากประตูที่ 1 ถึงล้อหน้าของเครื่องบิน
$D2_N$	ระยะจากประตูที่ 2 ถึงล้อหน้าของเครื่องบิน
$D3_N$	ระยะจากประตูที่ 3 ถึงล้อหน้าของเครื่องบิน
C_B	ระยะจากศูนย์กลาง CAB ถึงยางกันชนหน้ามีค่าเท่ากับ 2.51 เมตร
ASR	ระยะจากแนวถนน ลานจอด ถึงล้อหน้าของเครื่องบิน
R_{ASR}	ระยะจาก (0,0) ถึงแนวถนนลานจอด
S_M	ระยะจาก (0,0) ถึงแนวเส้น Stand Main
S_R	ระยะจาก (0,0) ถึงแนวเส้น Stand Right
S_L	ระยะจาก (0,0) ถึงแนวเส้น Stand Left
N	จำนวนช่อง (Tunnel)

สูตรในการคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสาร

1. สูตรในการคำนวณ พิกัดจุดศูนย์กลาง CAB ในแกน (X, Y) ดังแสดงในตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 แสดงสูตรการคำนวณ พิกัดจุดศูนย์กลาง CAB ในแกน X

กลุ่ม	C_x
1	$ASR - R_{ASR} + D1_N - C_B * \sin(D1^0)$
2	$ASR - R_{ASR} + D1_N * \cos(A_R^0) + D1_C * \sin(A_R^0) + C_B * \sin(A_R^0 - D1^0)$
3	$S_M + D1_C + C_B * \cos(D1^0)$
4	$S_R - (ASR - R_{ASR}) * \tan(A_R^0) - D1_N * \sin(A_R^0) + D1_C * \cos(A_R^0) + C_B * \cos(A_R^0 - D1^0)$
5	$S_L + D1_C + C_B * \cos(D1^0)$
6	$S_M + D2_C + C_B * \cos(D2^0)$
7	$S_M + D3_C + C_B * \cos(D3^0)$

ตารางที่ 8 แสดงสูตรการคำนวณ พิกัดจุดศูนย์กลาง CAB ในแกน Y

กลุ่ม	C_y
1	$S_M - D1_C - C_B * \cos(D1^0)$
2	$S_R + (ASR - R_{ASR}) * \tan(A_R^0) + D1_N * \sin(A_R^0) - D1_C * \cos(A_R^0) - C_B * \cos(A_R^0 - D1^0)$
3	$ASR - R_{ASR} + D1_N - C_B * \sin(D1^0)$
4	$ASR - R_{ASR} + D1_N * \cos(A_R^0) + D1_C * \sin(A_R^0) + C_B * \sin(A_R^0 - D1^0)$
5	$ASR - R_{ASR} + D1_N - C_B * \sin(D1^0)$
6	$ASR - R_{ASR} + D2_N - C_B * \sin(D2^0)$
7	$ASR - R_{ASR} + D3_N - C_B * \sin(D3^0)$

2. สูตรในการคำนวณมุมมองสาขาของ Rotunda และ CAB ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงสูตรการคำนวณมุมมองสาขาของ Rotunda และ CAB

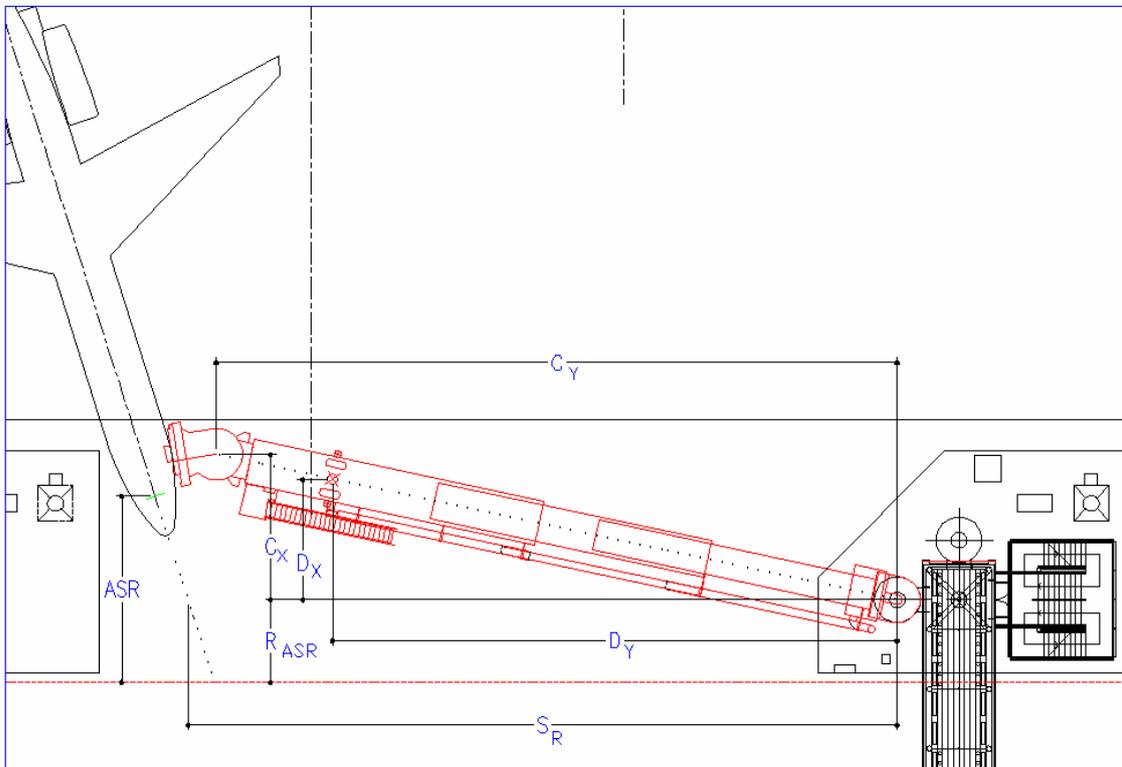
กลุ่ม	R ^o	C ^o
1	$\tan^{-1}(C_Y / C_X)$	$R^o + D1^o - 90$
2	$\tan^{-1}(C_Y / C_X)$	$R^o - D1^o - 90$
3	$\tan^{-1}(C_Y / C_X) + 180$	$R^o + D1^o - 180$
4	$\tan^{-1}(C_Y / C_X) + 180$	$R^o - D1^o - 180$
5	$\tan^{-1}(C_Y / C_X) + 180$	$R^o + D1^o - 180$
6	$\tan^{-1}(C_Y / C_X) + 180$	$R^o + D2^o - 180$
7	$\tan^{-1}(C_Y / C_X) + 180$	$R^o + D3^o - 180$

3. สูตรในการคำนวณระยะทางของการเทียบท่าในแนวราบ (D_p), มุมมองสาขาของความลาดชัน (S^o), ระยะทางของการเทียบท่าจริง (D_K), ระยะความสูงของเสาปรับระดับ (D_H), ระยะแกน X จากจุด (0, 0) ถึงเสาปรับระดับ (D_X) และ ระยะแกน Y จากจุด (0, 0) ถึงเสาปรับระดับ (D_Y) ทั้ง 7 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 10

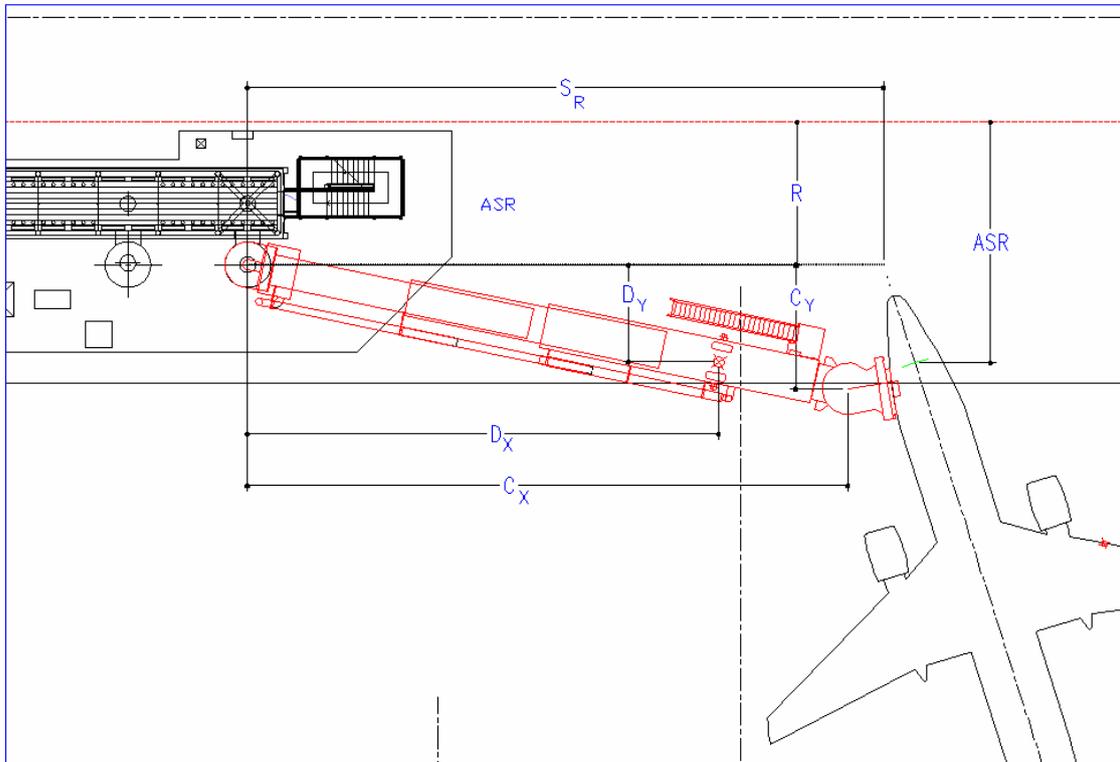
ตารางที่ 10 แสดงสูตรในการคำนวณ D_p, S^o, D_K, D_H, D_X และ D_Y

กลุ่ม	สูตร	ค่าตัวแปร
1-7	$(C_X^2 + C_Y^2)^{1/2} + C_B$	D _p
1-7	$\tan^{-1}(R_H - D1_H - H_T * (N-1) / (D_p - D_{H1}))$	S ^o
1-7	$D_p / \cos(S^o)$	D _K
1-7	$D1_H + (C_B + D_C) * \sin(S^o)$	D _H
1-2	$(D_p - C_B - D_C) * \cos(R^o) - D_H * \sin(S^o)$	D _X
3-7	$(D_p - C_B - D_C) * \cos(R^o) + D_H * \sin(S^o)$	D _X
1-7	$(D_p - C_B - D_C) * \sin(R^o) - D_H * \sin(S^o)$	D _Y

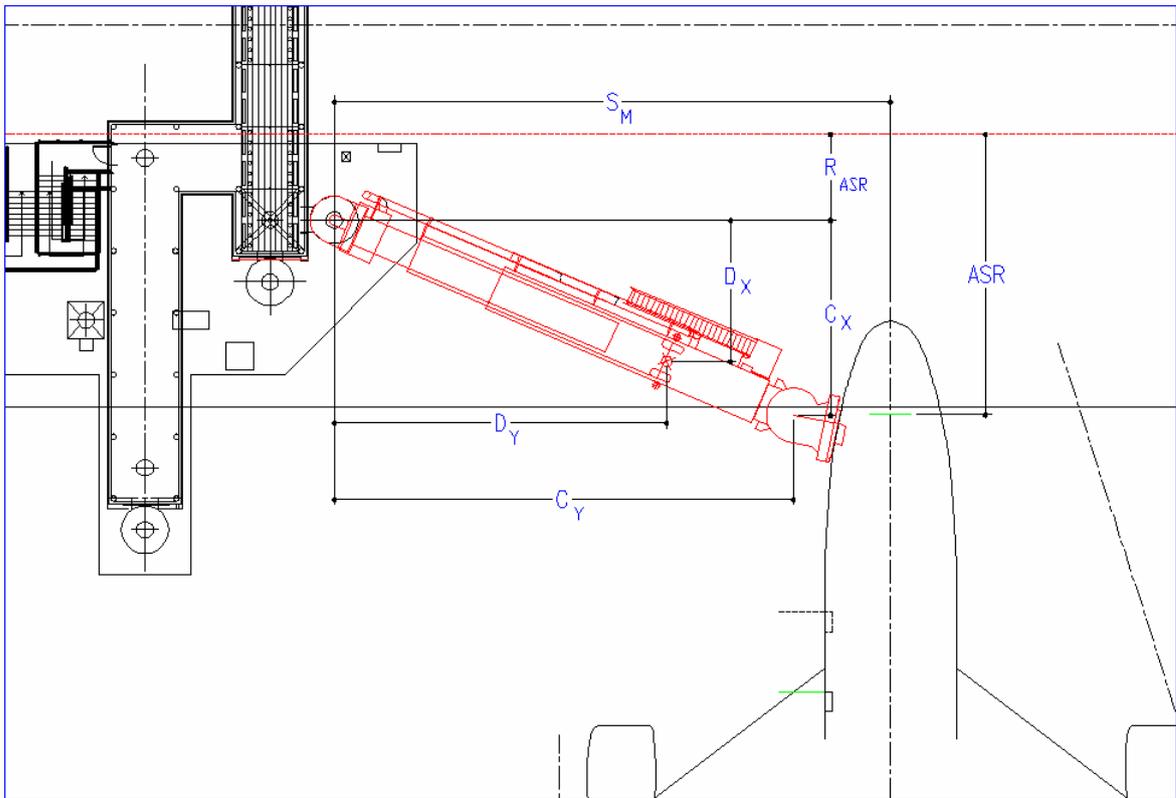
หมายเหตุ การคำนวณ S^o ของกลุ่ม 6 ให้เปลี่ยน D1_H เป็น D2_H และการคำนวณ S^o ของกลุ่ม 7 ให้เปลี่ยน D1_H เป็น D3_H



ภาพที่ 51 แสดงค่าตัวแปร Gate B6 Stand Right ตำแหน่ง L1



ภาพที่ 52 แสดงค่าตัวแปร Gate A6 Stand Right ตำแหน่ง L1

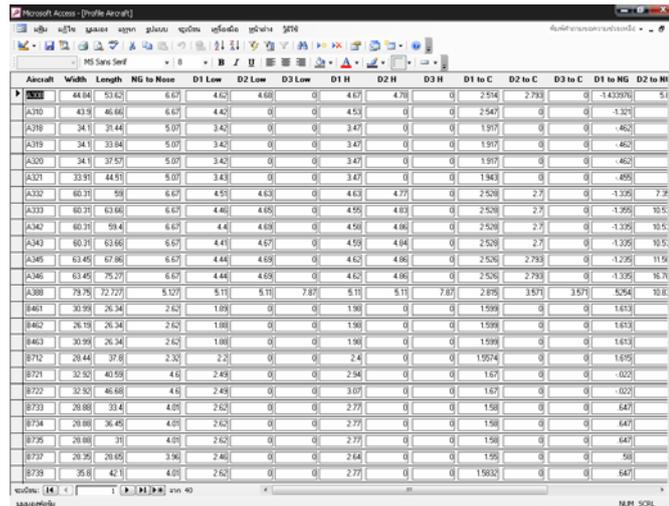


ภาพที่ 53 แสดงค่าตัวแปร Gate C3 Stand Main ตำแหน่ง L1

การออกแบบจอภาพและการแสดงผล

1. การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

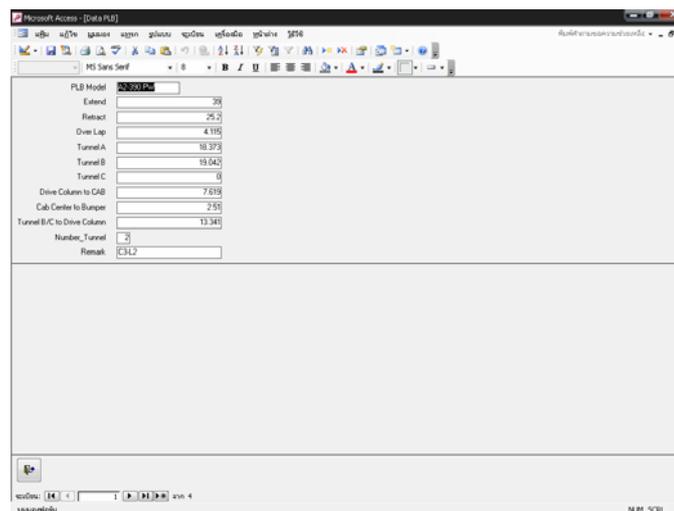
1.1 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของเครื่องบิน



Aircraft	Width	Length	NG to Nose	D1 Low	D2 Low	D3 Low	D1 H	D2 H	D3 H	D1 to C	D2 to C	D3 to C	D1 to NG	D2 to NI
A300	44.64	51.62	6.67	4.62	4.68	0	4.63	4.78	0	2.514	2.793	0	-1.42976	51
A370	43.3	46.66	6.67	4.42	0	0	4.53	0	0	2.547	0	0	-1.321	
A319	34.1	28.44	5.07	3.42	0	0	3.47	0	0	1.917	0	0	-1.462	
A319	34.1	33.84	5.07	3.42	0	0	3.47	0	0	1.917	0	0	-1.462	
A320	34.1	27.57	5.07	3.42	0	0	3.47	0	0	1.917	0	0	-1.462	
A321	33.91	44.51	5.07	3.43	0	0	3.47	0	0	1.943	0	0	-1.459	
A322	40.31	59	6.67	4.51	4.63	0	4.63	4.77	0	2.528	2.7	0	-1.326	7.7
A333	40.31	63.66	6.67	4.46	4.65	0	4.59	4.83	0	2.528	2.7	0	-1.356	10.5
A342	40.31	59.4	6.67	4.4	4.69	0	4.58	4.86	0	2.528	2.7	0	-1.326	10.5
A343	40.31	63.66	6.67	4.41	4.67	0	4.59	4.84	0	2.528	2.7	0	-1.326	10.5
A345	43.45	67.86	6.67	4.44	4.69	0	4.62	4.86	0	2.526	2.793	0	-1.326	11.9
A346	43.45	75.27	6.67	4.44	4.69	0	4.62	4.86	0	2.526	2.793	0	-1.326	16.7
A388	79.78	72.727	5.127	5.11	5.11	7.87	5.11	5.11	7.87	2.878	3.571	3.571	3.564	10.6
B461	30.98	26.34	2.62	1.09	0	0	1.98	0	0	1.999	0	0	1.633	
B462	26.18	26.34	2.62	1.08	0	0	1.98	0	0	1.999	0	0	1.633	
B463	30.98	26.34	2.62	1.08	0	0	1.98	0	0	1.999	0	0	1.633	
B712	29.44	37.8	2.32	2.21	0	0	2.4	0	0	1.9274	0	0	1.619	
B721	32.52	40.58	4.6	2.49	0	0	2.94	0	0	1.67	0	0	1.021	
B722	32.52	46.68	4.6	2.49	0	0	3.07	0	0	1.67	0	0	1.021	
B733	28.88	31.4	4.05	2.62	0	0	2.77	0	0	1.58	0	0	1.47	
B734	28.88	36.49	4.05	2.62	0	0	2.77	0	0	1.58	0	0	1.47	
B735	28.88	39	4.05	2.62	0	0	2.77	0	0	1.58	0	0	1.47	
B737	28.76	28.69	3.96	2.46	0	0	2.64	0	0	1.59	0	0	1.58	
B739	35.6	42.1	4.05	2.62	0	0	2.77	0	0	1.583	0	0	1.47	

ภาพที่ 54 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของเครื่องบิน

1.2 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของสะพานเทียบผู้โดยสาร



PLD Model	303026
Extent	39
Retract	26.2
Drive Lap	4.195
Tunnel A	18.379
Tunnel B	18.042
Tunnel C	0
Drive Column to CAB	7.619
Cab Center to Bumper	2.55
Tunnel B/C to Drive Column	13.343
Number_Tunnel	3
Remark	C312

ภาพที่ 55 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของสะพานเทียบผู้โดยสาร

1.3 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของฟักด์คู่ลำดับภาคสนาม

Microsoft Access - [Data Entry]

MS Sans Serif

Item:

Gate:

Position:

FLB Model:

FLB Hight:

FLB Director:

Rotanda to ASR:

Pak Mar(Q):

Pak Mar(Y):

Stand Main:

Stand R:

Stand L:

Pak R(Q):

Pak R(Y):

ชื่อย่อ: [A6] | 1 | จาก 7

มุมมองข้อมูล

NEM SQL

ภาพที่ 56 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของฟักด์คู่ลำดับภาคสนาม

1.4 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของจุดจอดของเครื่องบิน

Microsoft Access - [Data Aircraft Stand]

MS Sans Serif

Item	Gate	Stand	Ascraft	NG From ASR	Remark	
1	A6	MAIN	A345	15.3		
2	A6	MAIN	A346	15.3		
3	A6	MAIN	B773	15.3		
4	A6	MAIN	A332	15.3		
5	A6	MAIN	A333	15.3		
6	A6	MAIN	A343	15.3		
7	A6	MAIN	B752	15.3		
8	A6	MAIN	B764	15.3		
9	A6	MAIN	B772	15.3		
10	A6	MAIN	E370	15.3		
11	A6	MAIN	MD11	15.3		
12	A6	MAIN	A342	23.24		
13	A6	MAIN	B747	23.24		
14	A6	MAIN	B753	23.24		
15	A6	MAIN	B762	23.24		
16	A6	MAIN	B763	23.24		
17	A6	MAIN	L101	23.24		
18	A6	MAIN	A300	24.02		
19	A6	MAIN	A310	24.02		
20	A6	MAIN	B745	25.02		
21	A6	Right	B712	12.21		
22	A6	Right	B733	13.02		
23	A6	Right	B734	13.02		
24	A6	Right	B735	13.02		

ชื่อย่อ: [A6] | 1 | จาก 100

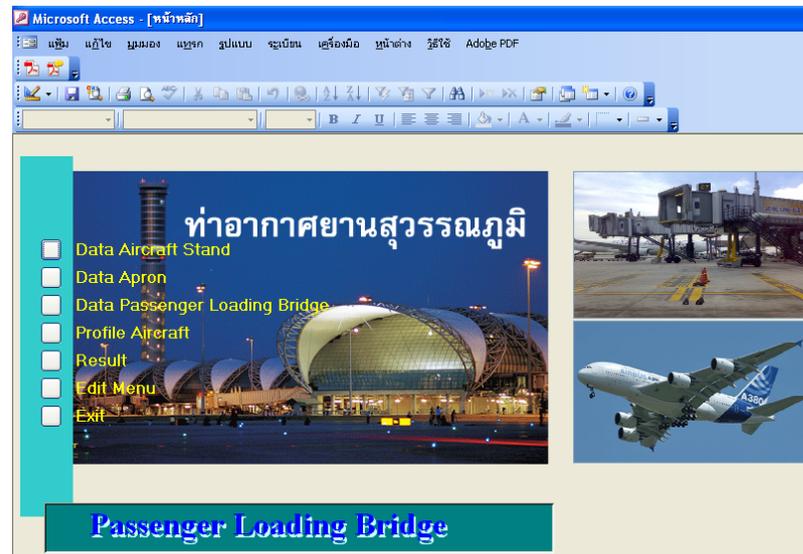
มุมมองข้อมูล

NEM SQL

ภาพที่ 57 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลของจุดจอดของเครื่องบิน

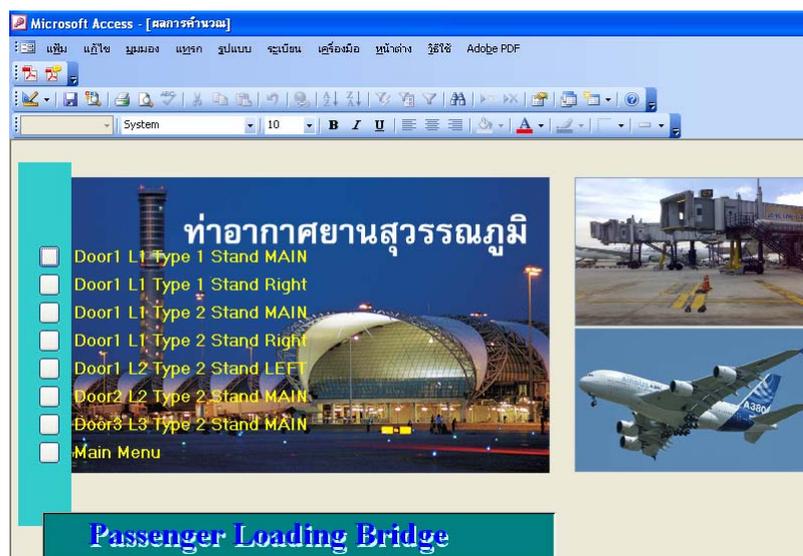
2. การออกแบบส่วนแสดงผล

2.1 จอภาพของเมนูหลักของโปรแกรม



ภาพที่ 58 จอภาพของเมนูหลักของโปรแกรม

2.2 จอภาพของเมนูแสดงผลการคำนวณของโปรแกรม



ภาพที่ 59 จอภาพของเมนูแสดงผลการคำนวณของโปรแกรม

2.3 จอภาพแสดงผลการคำนวณของสะพานเทียบขณะเทียบเครื่องบิน

Microsoft Access - [QDoor1 L1 Type 1 MAIN B6 C3 L1]		
Item	<input type="text" value="45"/>	
Gate	<input type="text" value="B6"/>	
Position	<input type="text" value="L1"/>	
Aircraft	<input type="text" value="B747"/>	
Aircraft Stand	<input type="text" value="MAIN"/>	
ASR	<input type="text" value="17.75"/>	m
CAB*	<input type="text" value="-21.852"/>	
Docking	<input type="text" value="33.51"/>	m
Slope*	<input type="text" value=".51"/>	
Drive_Column_High	<input type="text" value="4.743"/>	m
Drive_Column_X	<input type="text" value="10.402"/>	m
Drive_Column_Y	<input type="text" value="20.498"/>	m

ภาพที่ 60 จอภาพแสดงผลการคำนวณของโปรแกรม

จอภาพแสดงผลการคำนวณของโปรแกรมจะแสดงลำดับที่ของระเบียบ (Item) ประตูทางออก (Gate) ตำแหน่งของสะพานเทียบผู้โดยสาร ชนิดของเครื่องบิน หลุมจอดของเครื่องบิน ระยะตำแหน่งจุดจอดเครื่องบิน มุมองศา CAB และ Slope ระยะเทียบของสะพานเทียบผู้โดยสาร ความสูงของเสาปรับระดับ ตำแหน่งพิกัดของ X, Y ของเสาปรับระดับ ค่าที่ได้จากโปรแกรมคำนวณที่สร้างขึ้นนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากหน้างานจริง และหาค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ กรณีที่เกิดความผิดพลาดขึ้นจากปัจจัยภายนอก เช่น กรณีที่นักบินจอดไม่ตรงจุด แนวเขตพื้นที่ปลอดภัยหวงห้ามสิ่งกีดขวางในลานจอด (Safety Zone) และ แนวทางทิศทางการเคลื่อนที่ของล้อ (Wheel) โดยดูจากมุมมองศา Rotunda เพื่อประเมินผลประสิทธิภาพและความแม่นยำของผลการคำนวณที่ได้มาจากโปรแกรมคำนวณที่สร้างขึ้น

ผลและวิจารณ์

ผล

เมื่อได้ผลการคำนวณของสะพานเทียบผู้โดยสาร ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าที่ใช้งานจริงจำนวน 147 ตัวอย่าง และเปรียบเทียบระหว่างค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าที่บันทึกได้เมื่อมีเครื่องบินเข้ามาจอดจำนวน 14 ตัวอย่าง จะได้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความสูงของเสาปรับระดับ ระยะทาง (โดยคิดจากค่าคู่ลำดับพิกัด X และ Y) มุมมองเสาของอาคารทรงกลม (Rotunda) และมุมมองเสาการหมุนของ CAB ซึ่งมุมมองเสาการหมุนของ CAB เป็นค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่แตกต่างมากที่สุดดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าที่ใช้งาน และค่าที่บันทึกได้เมื่อเครื่องบินเข้ามาจอด

ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	ความสูง	ระยะทาง	มุม R°	มุม CAB°
ระหว่างค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าที่ใช้งาน	1.70 %	0.96 %	1.44 %	6.43 %
ระหว่างค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าที่บันทึกได้เมื่อเครื่องบินเข้ามาจอด	1.89 %	0.78 %	3.22 %	17.13 %

วิจารณ์

จากผลความคลาดเคลื่อนที่แสดงในตารางที่ 11 ผู้วิจัยพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของมุมมองศากรหมุนของ CAB มีค่าสูง โดยเฉพาะในกรณีที่เปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณกับค่าที่บันทึกได้เมื่อมีเครื่องบินเข้ามาจอด ทั้งนี้เกิดเนื่องจากการปฏิบัติงานของพนักงานควบคุมสะพานเทียบผู้โดยสารในภาคสนามจริงซึ่งต้องมีการควบคุมด้วยมือในขั้นตอนสุดท้ายขณะที่สะพานเทียบผู้โดยสารจะแนบกับตัวเครื่องบิน ซึ่งพนักงานควบคุมอาจไม่ได้ปฏิบัติตามหลักทฤษฎีที่ผู้วิจัยได้ออกแบบ แต่ใช้การควบคุมตามความรู้สึก เช่น การเทียบมุมมองศากรหมุนของ CAB เข้ากับลำตัวเครื่องบิน พนักงานควบคุมสะพานเทียบผู้โดยสารจะปรับองศาการหมุนของ CAB ไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกามากกว่าค่าจากการคำนวณ เพื่อลดความเสี่ยงในการทำความเสียหายให้กับอุปกรณ์เครื่องบินในกรณีที่เกิดการผิดพลาดจากการควบคุมด้วยระบบบังคับมือ และเพื่อให้ช่องว่างระหว่างลำตัวเครื่องบินกับสะพานเทียบผู้โดยสารมีค่าน้อยที่สุด เพื่อให้ผู้โดยสารรู้สึกปลอดภัยเมื่อก้าวลงจากเครื่องบิน จึงทำให้ค่ามุมมองศากรหมุนของ CAB ที่บันทึกได้ในกรณีที่เครื่องบินเข้ามาจอดซึ่งเป็นค่าจากการควบคุมด้วยระบบบังคับมือมีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่คำนวณได้ อย่างไรก็ตามวิธีปฏิบัติของพนักงานควบคุมสะพานเทียบผู้โดยสารถือเป็นวิธีที่ยอมรับกันทั่วไปว่ามีความปลอดภัย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาวิจัยนี้ มีความคลาดเคลื่อนของผลการวิจัยเกิดเนื่องมาจากการปฏิบัติงานของพนักงานควบคุมสะพานเทียบผู้โดยสารในภาคสนามจริง และมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเข้าจอดของเครื่องบินบางครั้งเข้าจอดไม่ตรงจุดจอด โดยทางปฏิบัติแล้วเครื่องบินสามารถจอดเลยจุดจอดได้ไม่เกิน 1 เมตร ซึ่งถือเป็นระยะที่ใช้สะพานเทียบผู้โดยสารได้ปลอดภัย ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าที่บันทึกได้เมื่อเครื่องบินเข้าจอดจริงกับค่าจากการคำนวณ จึงมีความแตกต่างของระยะทาง และอีกประการหนึ่งเครื่องบินที่เข้าจอดบริเวณจุดจอดนั้นมีจำนวนหลายชนิด ผู้วิจัยไม่สามารถจัดเครื่องบินชนิดต่างๆ เข้าให้ครบตามจุดจอดของเครื่องบินได้ครบทุกชนิดได้เอง ตลอดจนการเก็บข้อมูลจากค่าเครื่องบินเข้ามาจอดสามารถทำได้ยากเนื่องจากปัญหาด้านมาตรการรักษาความปลอดภัยของสายการบินที่ใช้บริการสะพานเทียบผู้โดยสารอยู่

การออกแบบ โปรแกรมคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสาร สำหรับลานจอดอากาศยานสนามบินสุวรรณภูมิ ตามวิธีการคำนวณค่าจากโปรแกรม Microsoft Access ของผู้วิจัย สามารถนำมาใช้เพื่อคำนวณเส้นทางการเทียบท่าด้วยสะพานเทียบผู้โดยสารแบบอัตโนมัติที่ถูกต้องแม่นยำตามหลักวิศวกรรม เพื่อนำข้อมูลและผลลัพธ์มาใช้เป็นหลักอ้างอิง สำหรับออกแบบหลุมจอดทั้งหมด 51 หลุมจอด ตลอดจนการเพิ่มรุ่นเครื่องบินและการเปลี่ยนจุดจอดเครื่องบินในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา การออกแบบคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสาร สำหรับงานสะพานเทียบผู้โดยสารของสนามบินสุวรรณภูมิ ในอนาคตต่อไปดังนี้

1. ศึกษาและพัฒนาสูตรการคำนวณค่าองศา CAB โดยการปรับเพิ่มหรือลดค่า เพื่อให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานภาคสนาม
2. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของเครื่องบินรุ่นใหม่ ที่จะผลิตขึ้นเพื่อนำมาใช้สำหรับการคำนวณ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ฝ่ายปฏิบัติการเขตการบิน. 2549. **AIRSIDE DRIVING & SAFETY**. ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ,
Bangkok.

Abex JETWAY. 1985. **Training and Electrical Trouble Shooting Manual**. Jetway Systems
Ogden, Utah.

IATA. 2004. **Airport Handling Manual**. 24th Edition/Effective JAN-DEC, Bangkok.

ICAO. 1991. **Aerodrome Design Manual**. Airport of Thailand, Bangkok.

Halvorson, R. 1993. **Operation and Maintenance Training Seminar**. Ramp International Inc,
Utah.

JETWAY. 2001. **Operation and Maintenance Manual Volume 1499**. FMC Technologies Inc,
Utah.

NBIA. 2000. **Tender Document**. New Bangkok International Airport, Bangkok.

SMTJ. 2003. **Operation and Maintenance Training Manual**. ShinMaywa (Asia) Pte Ltd,
Singapore.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อกำหนดคุณลักษณะสะพานเทียบผู้โดยสารของสนามบินสุวรรณภูมิ

ข้อกำหนดคุณลักษณะสะพานเทียบผู้โดยสารของสนามบินสุวรรณภูมิ

SECTION 14950 PASSENGER LOADING BRIDGE
DIVISION 14 CONVEYING SYSTEM
TECHNICAL SPECIFICATIONS
PASSENGER TERMINAL COMPLEX TENDER DOCUMENT

หมวด 14950

สะพานเทียบผู้โดยสาร

ส่วนที่ 1 บททั่วไป

1.1 ความโดยย่อ

ส่วนเพิ่มเติมแต่ไม่ได้จำกัด ตามเนื้องาน ดังต่อไปนี้

1. สะพานเทียบผู้โดยสาร (ชนิด 3 ช่อง)
2. สะพานเทียบผู้โดยสาร (ชนิด 2 ช่อง)

เกี่ยวข้องกับความต้องการที่เจาะจงอื่น

1. รากฐานคอนกรีต (Section 03300 CAST-INPLACE)
2. เค้าโครงเกี่ยวกับโครงสร้าง (Section 05120 STRUCTURAL STEEL-GENERAL)
3. ส่วนพื้นที่มีการทาสี (Section 09900 PAINTING)
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้าภาคพื้น 400Hz (Section 16400 400Hz Fixed Ground Power Service)

1.2 อ้างอิง

1.2.1 มาตรฐานนานาชาติใช้อ้างอิงเช่นเดียวกับการสนับสนุนเจตนาการออกแบบ มาตรฐานที่ทดแทนอาจถูกเสนอสำหรับการพิจารณาโดยวิศวกร วิศวกรจะใช้เป็นผู้ตัดสินแต่เพียงผู้

เดียวว่าที่ซึ่งมาตรฐานที่ทำการเสนอเห็นสมควรสนับสนุนตามเจตนารมณ์การออกแบบอย่างเหมาะสม

1.2.2 ใช้งานที่ใช้ปฏิบัติต้องทำตามมาตรฐานดังต่อไปนี้

1. ATA-101 “Specification 1014, Ground Equipment Technical Data”, Air Transport Association.

2. NFPA 415 “Airport Terminal Buildings, Fuel Ramp Drainage, and Loading Walkways”, National Fire Protection Association.

3. SSPC-SP6 “Commercial Blast Cleaning”, Society for Protective Coatings.

1.3 คำจำกัดความ

1.3.1 สะพานเทียบผู้โดยสารรวมถึง : Rotunda, ช่องทางเดิน, ซอง, เสาปรับระดับ, ล้อ, ประตูบริการ, ระเบียง, บันไดบริการ, CAB Bubble, CAB และกันสาด, และการเชื่อมต่อกับอาคารและต้นกำเนิดพลังไฟฟ้า

1.3.2 คำว่า “สะพานเทียบโดยสาร” ในที่นี้ จะใช้อ้างถึงสะพานเทียบผู้โดยสารที่ประกอบเสร็จสิ้นสมบูรณ์

1.4 ความต้องการของการออกแบบ

1.4.1 การออกแบบสะพานให้ใช้ค่ากำหนดที่ตั้งไว้

ซึ่งบรรยายไว้ในที่นี้ สะพานจะจัดเตรียมทางผ่านที่ปิดกั้นไว้สำหรับคุ้มครองการเคลื่อนไหวของผู้โดยสารระหว่างประตูที่เทียบเครื่องบินและส่วนที่สองซึ่งยึดติดกับสะพานเข้าอาคาร

1.4.2 ความต้องการทั่วไป

1. ให้บริการเครื่องบินดังต่อไปนี้: เครื่องบินที่แสดงบนแบบแปลน
2. ความชันของช่อง: ต้องไม่เกินร้อยละ 10
3. สะพาน, ส่วนประกอบ, และการเชื่อมต่อกับอาคาร: ป้องกันทุกสภาวะอากาศ
ขณะการปฏิบัติงานทั้งหมด
4. ส่วนที่สัมผัสเครื่องบินของ CAB จะต้องทำให้สอดคล้องกับให้แนวเส้น
รูปร่างลำตัวเครื่องบินในทุกรุ่นเครื่องบินที่แสดงรายการ
5. สามารถใช้งานภายใต้ช่วงอุณหภูมิล้อมรอบจาก 10 °C ถึง 52 °C, รวมถึง การ
ดูดซับความชื้นหรือความร้อน ต้องไม่เกิน 48 ชั่วโมง ภายในช่วงอุณหภูมินี้
6. ขนาดหน้าตัดของช่อง: กว้างไม่น้อยกว่า 1400 มม. และสูงไม่น้อยกว่า 2100 มม.
7. Rotunda และ ช่องทางเดิน: กว้างไม่น้อยกว่า 1300 มม. และสูงไม่น้อยกว่า
2250 มม.
8. กลไกสำหรับสั่งงาน, การนำทาง, การหยุดปฏิบัติการ และอุปกรณ์: เช่น ไม่
เกิดการแกว่งเด่นชัดต่อผู้โดยสาร และไม่สั่นหรือแกว่งเกิดขึ้น เมื่อสะพานผู้โดยสารถูกนำมาถึงจุดหยุด
9. อุปกรณ์ที่ขัดข้องต้องมีความปลอดภัย ต้องมีการระบบป้องกันทางกล ตลอด
การเดินทาง “การล้มเหลวอย่างปลอดภัย” เหล่านี้ จะต้องติดตั้งเพิ่มเติมจากข้อจำกัดไฟฟ้าภายใต้
เงื่อนไขสภาวะการปฏิบัติปกติ
10. ออกแบบส่วนประกอบสำหรับความสะดวกต่อการเข้าถึงและการ
บำรุงรักษา

11. จัดเตรียมระบบปรับระดับอัตโนมัติที่จะยอมให้สะพานเทียบผู้โดยสารตอบสนองโดยอัตโนมัติต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงในการยกที่สูงขึ้นของเครื่องบิน และรักษาระดับให้คงที่ระหว่างพื้นของเครื่องบินและพื้นของสะพาน

11.1 การควบคุมวงจรไฟฟ้าจะรวมถึง ช่วงเวลาเสถียรภาพอุปกรณ์ การปรับตั้งจาก 0 ถึง 6 วินาที, อันซึ่งชุดตรวจสอบขีดจำกัดของระบบระดับอัตโนมัติต้องตอบสนองอย่างต่อเนื่องในแต่ละทิศทาง และกระตุ้นการทำให้เกิดสัญญาณเตือนดังพอที่จะได้ยิน ถึงส่วนควบคุมอุปกรณ์ของผู้ปฏิบัติงาน ตามเวลาที่ตั้งไว้

11.2 ระบบปรับระดับอัตโนมัติจะถูกติดตั้งด้านข้าง CAB, และมีการทำงานอัตโนมัติเวลาสัมผัสเข้ากับเครื่องบิน เมื่อตำแหน่งกุกญจะถูกเลือกเป็นระบบปรับระดับอัตโนมัติ ตำแหน่งติดตั้ง ซึ่งผู้ปฏิบัติงานต้องมองเห็นได้

11.3 การจัดเตรียมอุปกรณ์ Safety Shoe เพื่อความปลอดภัยที่จะปรับระดับให้เหมาะสมที่ทันใด ซึ่งเป็นระบบสำรองมีขีดความสามารถเหมือนระบบปรับระดับอัตโนมัติ Safety Shoe จะทำงาน ประสานกันกับชุดควบคุมมอเตอร์ และเมื่อถูกกระตุ้น โดยการสัมผัสกันระหว่าง Safety Shoe กับประตูเครื่องบิน จะทำการแทนจนกระทั่งส่วนที่สัมผัสแยกขาดจากกัน เมื่อมีการกระตุ้นระบบสัญญาณเตือนต้องส่งเสียง

12. สามารถยอมหดรถกลับได้ โดยทางกล ในเหตุการณ์ของความล้มเหลวไฟฟ้า หรือโดยเครื่องจักร

13. พื้น Rotunda จะยังคงระดับตลอดเวลา และราบรื่นกับอาคาร

14. สะพานที่ติดตั้งตายตัวสูง: +5.30 ม.

15. พื้นลานจอดเครื่องบิน: ประมาณ $0.00x + 0.15$ พิกัดในแบบแปลนลานจอดเครื่องบินฉบับแก้ไขสุดท้าย

1.4.3 ความต้องการเกี่ยวกับโครงสร้าง:

1. รองรับน้ำหนักด้วยตัวเองได้
2. ภาระกรรม:
 - 2.1 พื้น: 1920Pa.
 - 2.2 หลังคา: 1200Pa.
3. อ้างถึง ความกดดันลมที่แสดงใน “Wind Tunnel Report Figures” ของ Rowan, Williams, Davies, and Irwin (RWDI) สำหรับ เพิ่มเติมภาระกรรมจากลมและใช้ค่าไม่ต่ำกว่าต่อไปนี้:
 - 3.1 หดสุด: 1200Pa บนพื้นที่ทั้งหมดของด้านข้าง หรือความเร็วลมของ 150kph
 - 3.2 ยืดขยาย: 600Pa หรือความเร็วลมของ 100kph
4. รองรับและทนต่อภาระที่เกิดขึ้นพร้อมกันของภาระกรรมที่เจาะจงและจากลม
5. ยึดถือค่าตายตัวของภาระกรรมสูงสุด
6. ความต้องการกลไกของการปรับระดับ: สามารถสัมผัสประตูเครื่องบิน ณ ระดับ ที่อยู่ในช่วง ระดับความสูง ระหว่าง 1730 มม. และ 5360 มม. ตามเครื่องบินที่อยู่ในรายการ

1.4.4 ความต้องการงานไฟฟ้า:

1. สามารถรองรับต้นกำเนิดพลังไฟฟ้า (220v /380v, 3 phase, 100 amp) อันซึ่ง จะถูกสนับสนุนจากผู้เชื่อมต่อในอาคารใกล้เคียงพานแต่ละอัน

2. อุปกรณ์ของสะพานต้องมีเสถียรภาพ, สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้า 60 KVA, สายเคเบิลที่ประกอบเสร็จสิ้นสมบูรณ์, รอกยกและชุดควบคุมสวิทช์

3. ใช้ท่อโลหะแข็งสำหรับงานไฟฟ้าภายนอก

4. จัดเตรียมการวางสายสำหรับประสานกับประตูของอาคารและใน Rotunda

5. จัดเตรียมการวางสายสำหรับเต้ารับ (220 volt, 1 phase, 15 amp):

5.1 เต้ารับคู่ ณ ตู้ควบคุมระบบการทำงาน

5.2 เต้ารับคู่ (กั้นน้ำ) ใกล้เสาปรับระดับ

5.3 เต้ารับคู่ในช่องทางเดิน Rotunda

5.4 เต้ารับคู่ใกล้อาคารที่ต่อกับทางเดิน

6. จัดเตรียมสวิทช์ที่สว่างภายในดังต่อไปนี้:

6.1 ใกล้ประตูบริการ

6.2 ช่องทางเดิน Rotunda

6.3 เต้ารับคู่ใกล้อาคารที่ต่อกับทางเดิน

7. จัดเตรียมวงจรไฟฟ้าส่องสว่างภาวะฉุกเฉินที่แยกออกมาจากอาคาร:

1.4.5 ความต้องการงานจักรกล:

ส่วนประกอบของเครื่องจักรทั้งหมด และการออกแบบ จะต้องสอดคล้องกับการส่งมอบและมาตรฐานที่ตั้งขึ้น โดยสมาคมวิศวกรรมาชนยนต์ (SAE) และสมาคมวิศวกรรมเครื่องจักรกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME)

1.4.6 ความต้องการงานป้องกันอัคคีภัย:

สะพานผู้โดยสาร จะต้องสอดคล้องกับมาตรฐานของ NFPA -415

1.4.7 ความต้องการระบบขับเคลื่อน:

1 จัดเตรียมระบบกลไกปรับระดับลิฟต์และล้อสำหรับ การขับเคลื่อนในแนวตั้ง และการยืดขยายของช่องที่เพียงพอต่อการให้บริการเครื่องบินที่แสดงรายการทั้งหมด

2. ความปลอดภัยเครื่องห้ามล้อเป็นแบบแม่เหล็กคู่ จะต้องห้ามกลไกที่ทำการปรับระดับความสูง ภายในช่วงระยะที่ต้องการ โดยปราศจากพลังงานสนับสนุนจากภายนอก ในเหตุการณ์ของความล้มเหลวจากพลังงานไฟฟ้า, กลไกปรับระดับความสูงจะต้องรองรับภาระกรรมทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นชุดยกขึ้นหรือลดระดับ, การยืดขยายหรือการหดกลับ ขณะที่ผู้โดยสารลงจากเครื่องบินหรือกำลังขึ้นเครื่องบิน

3. ส่วนประกอบของล้อ: การยืดขยาย/การหดกลับ การแกว่งและความสามารถที่ขับเคลื่อนโดยมีการเพิ่มความเร็วถึง 27.4 ม. / นาที

4. เครื่องห้ามล้อ จะต้องหยุดสะพานเทียบผู้โดยสารไว้ได้ ในกรณีที่ไฟฟ้าดับ หรือ ระบบพลังงานไฟฟ้าล้มเหลว

1.4.8 ความต้องการของระบบควบคุม:

1. แพลตฟอร์มควบคุมระบบของผู้ปฏิบัติงาน: รวมไปถึงมาตรวัดที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานที่ปลอดภัยของสะพานเทียบผู้โดยสาร

2. หน่วยควบคุมการขับเคลื่อน: แบบชั่วคราวหรือ “Dead Man” เพื่อป้องกันสถานะผู้ปฏิบัติงานล้มเหลว

3. หน่วยควบคุมและมาตรวัดแสดงในภาษาอังกฤษ

4. หน่วยควบคุมและมาตรวัด จะต้องมิดังต่อไปนี้:

4.1 สวิตช์ล๊อคได้ 3 ตำแหน่ง, สามารถตั้งเป็น “Auto”, “Off”, หรือ “Operate” สวิตช์จะคลายล๊อค และทำงานสำหรับการเลือก “Auto” หรือ “Operate” ถ้าใช้สวิตช์กุญแจ จะถอดกุญแจได้ เฉพาะสวิตช์อยู่ในตำแหน่ง “Off” หรือ “Auto”

4.2 คันโยก ซึ่งควบคุมทั้งหมดการเดินทาง การถอยหลังกลับ และการเลี้ยว การขับเคลื่อน การหมุนพร้อมกัน เมื่อการควบคุมที่ขับเคลื่อน ไปข้างหน้าหรือกลับ สะพานเทียบผู้โดยสารต้องมีการลดหรือเพิ่มความเร็วในทิศทางเดียวกันเท่านั้น ในเวลาเดียวกัน การแกว่งหรือการเลี้ยวหมุนล้อซ้ายหรือขวา สามารถสั่งงานได้จากควบคุมเช่นเดียวกัน

4.3 จัดเตรียมระบบประสานงานป้องกันกับประตูหน้าและประตูข้าง

4.4 ควบคุมการขับเคลื่อนสำหรับการยกระดับและลดระดับของปลาย CAB ของสะพานเทียบผู้โดยสาร

4.5 ควบคุมการขับเคลื่อนสำหรับการหมุนซ้ายหรือขวาของ CAB

4.6 ควบคุมการขับเคลื่อนสำหรับการหมุนซ้ายหรือขวาของ CAB

4.7 ควบคุมการขับเคลื่อนที่แยกกันระหว่างทางซ้ายหรือทางขวาของส่วนที่ปิดเครื่องบิน

4.8 ควบคุมการยึดและหัดแขนล้อของระบบปรับระดับอัตโนมัติ (สวิตช์กุญแจ)

4.9 เตรียมตำแหน่งการขับเคลื่อน สำหรับการควบคุมที่แบบอัตโนมัติ การปฏิบัติการที่จะเชื่อมต่อสะพานเทียบผู้โดยสาร โดยจะเคลื่อนย้ายแบบอัตโนมัติจากตำแหน่งที่จอดถึงตำแหน่งที่เลือก การปรับระดับความสูงให้ตรงตามความสูงที่เลือกก่อน และหมุน CAB ให้ตรงตำแหน่งที่เลือกก่อน โดยตำแหน่งที่เลือกจะเป็นไปตามชนิดของเครื่องบินที่แสดงรายการ

- 4.10 สวิตช์สำหรับไฟแสงสว่างเหนือศีรษะด้านใน CAB
- 4.11 สวิตช์สำหรับไฟแสงสว่างส่องลานจอด
- 4.12 สวิตช์สำหรับไฟแสงสว่างส่องเสาปรับระดับ
- 4.13 สวิตช์สำหรับไฟแสงสว่างส่องเครื่องบิน
- 4.14 สวิตช์สำหรับควบคุมพัดลมระบายอากาศ
- 4.15 ปุ่มหยุดฉุกเฉิน ซึ่งติดตั้งบนแผงควบคุมหลัก และต้องตัดระบบพลังงานไฟฟ้าออกยกเว้นระบบไฟแสงสว่าง
- 4.16 จอภาพดิจิทัลที่จะชี้บอกตำแหน่งตามแนวตั้งและตำแหน่งตามแนวนอนที่เกี่ยวข้อง
- 4.17 ไฟเตือนที่จะแสดงว่า เมื่อสะพานอยู่ในโหมดที่ปรับระดับอัตโนมัติ
- 4.18 ไฟเตือนสีแดงและเสียงเตือนดังพอที่จะได้ยิน เพื่อชี้บอกเหตุการณ์ของทำงานไม่ปกติของระบบปรับระดับอัตโนมัติ
- 4.19 ตัวเลขดิจิทัลแสดงค่าสูง เมื่อการปรับระดับพื้น CAB ให้สูงขึ้น เพื่อให้รู้ความสูงที่ถูกต้อง
- 4.20 การขับเคลื่อน/การเลี้ยว แสดงตำแหน่งการเลี้ยวการปรับตัวล้อ, โดยไม่คำนึงถึงของตำแหน่งการหมุนตัวของ CAB
- 4.21 อ้างอิงถึงมาตรวัดที่จะชี้บอกแนวกึ่งกลางช่องที่ถูกต้องทำ, หรือมาตรวัดการแกว่งที่อ่านค่าดิจิทัล ซึ่งแสดงขององศาการหมุนของสะพานเทียบผู้โดยสาร สิ่งเหล่านี้ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติการให้สามารถทราบตำแหน่งของสะพานเทียบผู้โดยสาร ได้จากแผงควบคุมระบบ

4.22 สัญญาณเตือนไฟสีแดงและเสียงเตือนดังพอที่จะได้ยิน เพื่อที่จะชี้บอกว่าสะพานเทียบผู้โดยสารได้เข้าใกล้องศาการหมุนตัวสูงที่สุด ซ้ายและขวาทั้งสองข้าง

4.23 สัญญาณเตือนไฟสีแดงที่ จะชี้บอกว่ากันสาดเครื่องบินว่าลดต่ำอยู่และต้องถูกหกดกลับก่อน เพื่อให้สะพานเทียบผู้โดยสารสามารถเดินหน้าได้

5. การประสานงานของระบบควบคุม จะอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้:

5.1 การปรับระดับขึ้น-ลง, การยืดขยาย-ถอยหกดกลับ, การหมุนตัว CAB และ การยกกันสาดขึ้น-ลง จะกระทำไม่ได้ เมื่อถูกแยกอยู่ในตำแหน่ง “Off”

5.2 การยืดขยาย จะกระทำไม่ได้ เมื่อกันสาดมาอยู่ในตำแหน่งยกขึ้นสูงสุด

5.3 กระตุ้นต่อระบบจากควบคุม จะไม่เป็นผล หากอยู่ช่วงการปรับระดับอัตโนมัติ

5.4 การชำระจุดของวงจรไฟฟ้าในชุดควบคุมหรือส่วนประกอบโดยการสั่งงานที่ตรงกันข้ามพร้อมกันต้องไม่เกิดขึ้น เช่น ยืดขยายและหกดกลับ การยกระดับขึ้นหรือลดระดับลง

6. จัดเตรียมสิ่งป้องกันดังต่อไปนี้:

6.1 การยกระดับให้สูงขึ้นที่และการลดระดับให้ลง ต้องสามารถป้องกันการไหลเลื่อนของสะพานผู้โดยสาร ในกรณีเกิดความล้มเหลวของกลไกการยกตัว

6.2 สวิตช์ขั้วจำกัด จะป้องกันอันตรายของการเคลื่อนตัวทุกอย่างให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนด

1.4.9 ความต้องการด้านความปลอดภัย:

1. ความปลอดภัยของผู้โดยสารและเจ้าหน้าที่

2. การล้มเหลวที่ปลอดภัย อันซึ่งป้องกันความเสียหายให้ส่วนประกอบของระบบและเครื่องปั้น เนื่องจากทำงานไม่ปกติของส่วนประกอบอื่น

3. ปกป้องอุปกรณ์จากความเสียหาย สิ่งที่เป็นผลมาจากการใช้งานผิดวิธีหรืองานบำรุงรักษา

1.4.10 ความต้องการด้านการควบคุมสิ่งการ

1 รหัส:

นอกจากนี้ให้ยึดถือกฎระเบียบ ขอมรับกับและใช้ได้ของมาตรฐาน NFPA 415

2 งานบำรุงรักษาและหนังสือคู่มือการใช้งาน:
ทำให้สอดคล้องกับมาตรฐาน ATA -101

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าที่ใช้งาน

ตารางผนวกที่ ข1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าที่ใช้งาน

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
A6-L1-M	A30B	4.74	-16.7	10.62	19.79	147.55	-21	4.75	-16.77	10.43	19.75	148.14	-21	0.01	0.25	0.04	0.2	0.59	0.4	0	0
A6-L1-M	A310	4.61	-16.82	10.67	19.92	147.61	-22	4.64	-16.76	10.51	19.78	147.9	-21	0.03	0.63	0.14	0.73	0.29	0.2	1	4.76
A6-L1-M	A332	4.68	-16.19	6.4	17.41	158.43	-11	4.72	-16.14	6.25	17.3	158.82	-10	0.04	0.74	0.1	0.59	0.39	0.25	1	10
A6-L1-M	A333	4.65	-16.2	6.38	17.41	158.51	-11	4.68	-16.14	6.25	17.3	158.82	-10	0.03	0.56	0.1	0.58	0.31	0.2	1	10
A6-L1-M	A342	4.6	-16.65	9.4	19.12	150.56	-19	4.65	-16.58	9.25	18.98	150.85	-18	0.05	1.12	0.14	0.72	0.29	0.19	1	5.56
A6-L1-M	A343	4.62	-16.21	6.38	17.42	158.5	-11	4.67	-16.14	6.25	17.3	158.82	-10	0.05	1.16	0.11	0.65	0.32	0.2	1	10
A6-L1-M	A345	4.65	-15.86	3.58	16.26	167.28	-2	4.7	-15.81	3.46	16.18	167.66	-1	0.06	1.19	0.08	0.5	0.37	0.22	1	100
A6-L1-M	A346	4.65	-15.85	3.51	16.24	167.52	-2	4.7	-15.8	3.39	16.16	167.9	-1	0.06	1.19	0.08	0.49	0.38	0.22	1	100
A6-L1-M	B747	4.76	-16.39	11.63	20.1	144.63	-30	4.93	-16.61	11.84	20.4	144.51	-31	0.17	3.43	0.3	1.48	0.12	0.09	1	3.23
A6-L1-M	B74S	4.83	-16.7	13.81	21.66	140.41	-35	4.9	-16.52	12.73	20.86	142.4	-32	0.07	1.43	0.81	3.88	1.99	1.39	3	9.38
A6-L1-M	B752	4.23	-17.01	6.48	18.2	159.13	-14	4.29	-16.84	6.43	18.02	159.09	-13	0.06	1.42	0.18	1	0.04	0.03	1	7.69
A6-L1-M	B753	4.2	-17.43	9.53	19.86	151.34	-22	4.25	-17.26	9.45	19.68	151.31	-21	0.05	1.29	0.18	0.94	0.04	0.03	1	4.76
A6-L1-M	B762	4.39	-17.21	10.99	20.42	147.43	-23	4.5	-17.09	10.87	20.25	147.54	-22	0.11	2.51	0.16	0.81	0.11	0.07	1	4.55
A6-L1-M	B763	4.42	-17.2	11	20.42	147.4	-23	4.53	-17.09	10.87	20.25	147.54	-22	0.11	2.36	0.16	0.8	0.14	0.09	1	4.55
A6-L1-M	B764	4.44	-16.74	7.88	18.5	154.78	-15	4.55	-16.62	7.78	18.35	154.93	-15	0.11	2.35	0.15	0.81	0.14	0.09	0	0
A6-L1-M	B772	4.8	-16.18	7.66	17.9	154.67	-15	4.89	-15.77	7.93	17.65	153.3	-15	0.09	1.84	0.25	1.43	1.38	0.9	0	0

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
A6-L1-M	B773	4.81	-15.37	4.67	16.06	163.08	-7	4.9	-15.76	4.61	16.42	163.7	-6	0.09	1.78	0.36	2.19	0.62	0.38	1	16.67
A6-L1-M	DC10	4.86	-16.17	4.58	16.8	164.19	-2	4.94	-16.19	4.39	16.77	164.84	-1	0.08	1.56	0.03	0.17	0.64	0.39	1	100
A6-L1-M	L101	4.75	-16.46	7.36	18.04	155.9	-12	4.78	-16.44	7.19	17.94	156.39	-11	0.03	0.63	0.1	0.54	0.48	0.31	1	9.09
A6-L1-M	MD11	4.87	-16.33	4.59	16.96	164.31	-1	4.99	-16.35	4.39	16.93	164.96	-1	0.12	2.48	0.03	0.15	0.65	0.39	0	0
A6-L1-R	B712	2.97	-26.33	4.791	26.77	169.69	-15	2.99	-27.07	6.06	27.74	167.38	-22	0.02	0.6	0.97	3.5	2.31	1.38	7	31.82
A6-L1-R	B733	3.27	-26.57	5.369	27.11	168.58	-20	3.31	-24.31	5.37	24.9	167.54	-20	0.04	1.3	2.21	8.89	1.04	0.62	0	0
A6-L1-R	B734	3.27	-26.57	5.369	27.11	168.58	-20	3.31	-24.31	5.37	24.9	167.54	-20	0.04	1.3	2.21	8.89	1.04	0.62	0	0
A6-L1-R	B735	3.27	-26.57	5.369	27.11	168.58	-20	3.31	-24.31	5.37	24.9	167.54	-20	0.04	1.3	2.21	8.89	1.04	0.62	0	0
A6-L1-R	F100	2.89	-26.35	4.937	26.81	169.39	-19	2.99	-26.52	4.91	26.97	169.51	-20	0.1	3.31	0.16	0.59	0.12	0.07	1	5
A6-L2-L	A318	3.88	-9.97	22.70	24.79	113.70	-61.89	3.83	-10.13	22.57	24.74	114.18	-62.00	0.05	1.25	0.05	0.21	0.48	0.42	0.11	0.18
A6-L2-L	A319	3.88	-9.97	22.70	24.79	113.70	-61.89	3.83	-10.13	22.57	24.74	114.18	-62.00	0.05	1.25	0.05	0.21	0.48	0.42	0.11	0.18
A6-L2-L	A320	3.88	-9.97	22.70	24.79	113.70	-61.89	3.83	-10.13	22.57	24.74	114.18	-62.00	0.05	1.25	0.05	0.21	0.48	0.42	0.11	0.18
A6-L2-L	A321	3.88	-9.95	22.70	24.79	113.66	-61.93	3.83	-10.11	22.57	24.73	114.14	-62.00	0.05	1.33	0.05	0.22	0.48	0.42	0.07	0.11
A6-L2-L	B721	3.22	-10.15	22.92	25.07	113.88	-57.76	3.28	-10.39	22.85	25.10	114.45	-57.00	0.07	2.07	0.03	0.13	0.57	0.50	0.76	1.32
A6-L2-L	B737	3.18	-9.97	22.70	24.79	113.70	-57.68	3.15	-10.54	23.43	25.69	114.22	-57.00	0.03	1.05	0.90	3.51	0.52	0.45	0.68	1.19
A6-L2-L	B739	3.29	-10.29	23.57	25.72	113.57	-57.78	3.26	-10.52	23.49	25.74	114.12	-57.00	0.04	1.17	0.02	0.07	0.55	0.48	0.77	1.36

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
A6-L2-L	MD80	2.98	-10.38	24.50	26.61	112.95	-58.29	2.86	-10.62	24.42	26.63	113.50	-58.00	0.12	4.02	0.03	0.10	0.55	0.48	0.29	0.51
A6-L2-L	MD90	2.98	-10.38	24.50	26.61	112.95	-58.29	2.94	-10.62	24.42	26.63	113.50	-58.00	0.03	1.16	0.03	0.10	0.55	0.48	0.29	0.51
A6-L2-M	A30B	4.75	-23.55	17.90	29.58	142.76	-37.25	4.78	-23.55	17.65	29.43	143.15	-37.00	0.03	0.65	0.15	0.51	0.39	0.27	0.25	0.68
A6-L2-M	A332	4.72	-23.24	14.45	27.36	148.12	-31.91	4.77	-23.25	14.22	27.25	148.55	-31.00	0.05	0.96	0.11	0.41	0.43	0.29	0.91	2.93
A6-L2-M	A333	4.73	-23.55	17.18	29.15	143.89	-36.13	4.79	-23.56	16.94	29.01	144.28	-36.00	0.06	1.27	0.14	0.47	0.40	0.27	0.13	0.36
A6-L2-M	A342	4.76	-23.94	20.65	31.61	139.22	-40.79	4.82	-23.94	20.39	31.44	139.57	-40.00	0.06	1.23	0.17	0.53	0.36	0.25	0.79	1.98
A6-L2-M	A343	4.75	-23.55	17.18	29.15	143.89	-36.13	4.80	-23.56	16.94	29.01	144.28	-36.00	0.06	1.19	0.14	0.48	0.40	0.27	0.13	0.36
A6-L2-M	A345	4.77	-23.17	14.58	27.37	147.83	-32.20	4.82	-23.18	14.34	27.25	148.26	-32.00	0.06	1.20	0.12	0.45	0.43	0.29	0.20	0.62
A6-L2-M	A346	4.76	-23.68	19.07	30.40	141.15	-38.86	4.82	-23.68	18.82	30.25	141.53	-38.00	0.06	1.22	0.16	0.52	0.37	0.26	0.86	2.26
A6-L2-M	B747	4.83	-23.44	20.59	31.20	138.70	-41.31	4.90	-23.25	20.80	31.20	138.18	-42.00	0.08	1.53	0.00	0.01	0.52	0.38	0.70	1.65
A6-L2-M	B752	4.14	-23.96	14.72	28.12	148.43	-31.66	4.18	-24.05	14.57	28.12	148.79	-31.00	0.04	0.93	0.00	0.01	0.36	0.24	0.66	2.12
A6-L2-M	B753	4.13	-24.34	18.12	30.34	143.32	-36.72	4.16	-24.42	17.96	30.31	143.67	-36.00	0.04	0.89	0.03	0.10	0.35	0.24	0.72	2.00
A6-L2-M	B772	4.90	-23.23	17.38	29.01	143.19	-36.81	4.97	-23.21	17.11	28.83	143.60	-36.00	0.07	1.43	0.18	0.62	0.41	0.28	0.81	2.25
A6-L2-M	B773	4.90	-22.84	13.96	26.77	148.56	-31.45	4.97	-22.81	13.70	26.61	149.01	-31.00	0.07	1.39	0.16	0.58	0.46	0.31	0.45	1.45
A6-L2-M	DC10	4.79	-22.75	12.68	26.05	150.88	-29.15	4.86	-22.79	12.74	26.11	150.79	-29.00	0.08	1.54	0.06	0.25	0.09	0.06	0.15	0.52
A6-L2-M	L101	4.71	-23.68	20.66	31.42	138.89	-41.12	4.73	-23.68	20.41	31.26	139.24	-41.00	0.02	0.47	0.16	0.51	0.35	0.25	0.12	0.29

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
A6-L2-M	MD11	4.83	-22.79	12.99	26.23	150.32	-29.70	4.95	-22.79	12.74	26.11	150.78	-29.00	0.12	2.38	0.12	0.48	0.46	0.31	0.70	2.40
B6-L1-M	A30B	4.72	9.73	21.01	23.16	65.15	-14.00	4.74	9.53	21.09	23.14	65.67	-13.00	0.01	0.32	0.01	0.06	0.52	0.80	1.00	7.69
B6-L1-M	A310	4.59	9.79	20.96	23.14	64.97	-14.00	4.62	9.62	21.07	23.16	65.46	-13.00	0.03	0.74	0.02	0.09	0.49	0.75	1.00	7.69
B6-L1-M	A332	4.65	8.23	20.80	22.37	68.42	-10.00	4.69	8.05	20.90	22.39	68.94	-10.00	0.04	0.83	0.02	0.11	0.51	0.74	0.00	0.00
B6-L1-M	A333	4.62	8.20	20.79	22.35	68.47	-10.00	4.65	8.05	20.90	22.39	68.94	-10.00	0.03	0.60	0.04	0.18	0.47	0.68	0.00	0.00
B6-L1-M	A342	4.58	8.21	20.79	22.35	68.44	-10.00	4.64	8.05	20.90	22.39	68.94	-10.00	0.06	1.25	0.04	0.19	0.49	0.71	0.00	0.00
B6-L1-M	A343	4.58	8.21	20.79	22.35	68.44	-10.00	4.64	8.05	20.90	22.39	68.94	-10.00	0.06	1.27	0.04	0.19	0.49	0.71	0.00	0.00
B6-L1-M	A345	4.61	6.49	20.60	21.60	72.53	-6.00	4.67	6.33	20.72	21.66	73.02	-6.00	0.06	1.26	0.06	0.28	0.49	0.67	0.00	0.00
B6-L1-M	A346	4.61	5.70	20.53	21.30	74.49	-4.00	4.67	5.54	20.64	21.37	74.98	-4.00	0.06	1.28	0.07	0.32	0.49	0.65	0.00	0.00
B6-L1-M	B747	4.74	10.40	20.50	22.99	63.09	-22.00	4.99	10.19	20.53	22.92	63.61	-21.00	0.24	4.85	0.06	0.28	0.52	0.81	1.00	4.76
B6-L1-M	B757	4.16	8.32	21.44	23.00	68.78	-14.00	4.23	8.23	21.60	23.11	69.15	-13.00	0.07	1.58	0.12	0.50	0.37	0.54	1.00	7.69
B6-L1-M	B762	4.36	9.77	21.22	23.36	65.28	-15.00	4.49	9.63	21.36	23.43	65.72	-14.00	0.12	2.76	0.07	0.29	0.44	0.67	1.00	7.14
B6-L1-M	B763	4.40	9.77	21.23	23.37	65.28	-15.00	4.51	9.63	21.36	23.43	65.72	-14.00	0.12	2.57	0.06	0.26	0.44	0.68	1.00	7.14
B6-L1-M	B764	4.40	9.77	21.23	23.37	65.28	-15.00	4.51	9.63	21.36	23.43	65.72	-14.00	0.12	2.57	0.06	0.26	0.44	0.68	1.00	7.14
B6-L1-M	B772	4.79	7.70	20.61	22.00	69.53	-10.00	4.88	7.57	20.68	22.03	69.90	-10.00	0.10	1.99	0.02	0.11	0.38	0.54	0.00	0.00
B6-L1-M	B773	4.79	7.66	20.21	21.61	69.25	-10.49	4.88	7.18	20.46	21.68	70.67	-10.00	0.10	1.97	0.07	0.34	1.42	2.01	0.49	4.87

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
B6-L1-M	DC10	4.85	6.29	20.91	21.83	73.25	-3.00	4.93	6.08	20.98	21.85	73.83	-2.00	0.08	1.70	0.01	0.06	0.58	0.79	1.00	50.00
B6-L1-M	L101	4.73	6.19	20.76	21.66	73.40	-4.00	4.76	6.00	20.86	21.70	73.95	-3.00	0.03	0.71	0.04	0.17	0.55	0.75	1.00	33.33
B6-L1-M	MD11	4.85	6.30	21.07	21.99	73.35	-2.00	4.99	6.09	21.14	22.00	73.94	-2.00	0.14	2.71	0.01	0.06	0.58	0.79	0.00	0.00
B6-L1-R	B712	2.90	6.43	30.64	31.31	78.14	-21.00	2.93	7.69	31.34	32.27	76.21	-23.00	0.02	0.75	0.97	3.00	1.93	2.53	2.00	8.70
B6-L1-R	B733	3.21	7.02	30.88	31.66	77.19	-21.00	3.22	8.27	31.57	32.64	75.32	-24.00	0.01	0.28	0.97	2.98	1.87	2.48	3.00	12.50
B6-L1-R	B734	3.20	8.36	31.46	32.55	75.12	-24.00	3.22	8.27	31.57	32.64	75.32	-24.00	0.02	0.68	0.09	0.27	0.20	0.27	0.00	0.00
B6-L1-R	B735	3.21	7.02	30.88	31.66	77.19	-21.00	3.22	8.27	31.57	32.64	75.32	-24.00	0.01	0.28	0.97	2.98	1.87	2.48	3.00	12.50
B6-L1-R	F100	2.82	6.58	30.65	31.35	77.88	-20.00	2.88	7.85	31.37	32.33	75.96	-23.00	0.06	2.12	0.98	3.03	1.92	2.53	3.00	13.04
B6-L2-L	A318	3.88	-11.07	22.44	25.02	116.26	-59.36	3.83	-11.23	22.31	24.98	116.73	-59.00	0.05	1.20	0.04	0.17	0.47	0.41	0.36	0.62
B6-L2-L	A319	3.88	-11.07	22.44	25.02	116.26	-59.36	3.83	-11.23	22.31	24.98	116.73	-59.00	0.05	1.20	0.04	0.17	0.47	0.41	0.36	0.62
B6-L2-L	A320	3.88	-11.07	22.44	25.02	116.26	-59.36	3.83	-11.23	22.31	24.98	116.73	-59.00	0.05	1.20	0.04	0.17	0.47	0.41	0.36	0.62
B6-L2-L	A321	3.88	-11.05	22.44	25.01	116.21	-59.41	3.83	-11.21	22.31	24.97	116.68	-59.00	0.05	1.30	0.04	0.18	0.47	0.40	0.41	0.69
B6-L2-L	B712	2.96	-11.55	24.81	27.36	114.96	-56.32	2.43	-11.78	24.73	27.39	115.48	-56.00	0.53	21.81	0.03	0.10	0.52	0.45	0.32	0.58
B6-L2-L	B721	3.21	-11.25	22.67	25.31	116.41	-55.26	3.28	-11.49	22.60	25.35	116.96	-55.00	0.07	2.19	0.05	0.18	0.56	0.48	0.26	0.47
B6-L2-L	B737	3.18	-11.41	23.24	25.89	116.15	-55.22	3.15	-11.65	23.17	25.93	116.69	-55.00	0.03	0.92	0.04	0.15	0.54	0.47	0.22	0.41
B6-L2-L	F100	2.92	-11.31	22.77	25.42	116.41	-55.24	2.93	-11.56	22.71	25.48	116.98	-55.00	0.00	0.17	0.06	0.24	0.57	0.48	0.24	0.44

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
B6-L2-M	A30B	4.76	-24.86	13.82	28.44	150.93	-29.10	4.79	-24.87	13.58	28.34	151.36	-29.00	0.03	0.67	0.11	0.38	0.43	0.29	0.10	0.33
B6-L2-M	A332	4.72	-24.90	13.41	28.28	151.70	-28.33	4.77	-24.92	13.18	28.19	152.13	-28.00	0.05	0.96	0.09	0.34	0.42	0.28	0.33	1.19
B6-L2-M	A333	4.73	-25.19	16.11	29.90	147.40	-32.62	4.79	-25.20	15.87	29.78	147.80	-32.00	0.06	1.29	0.12	0.41	0.40	0.27	0.62	1.94
B6-L2-M	A342	4.76	-25.20	16.11	29.91	147.40	-32.62	4.82	-25.20	15.87	29.78	147.80	-32.00	0.06	1.22	0.13	0.43	0.40	0.27	0.62	1.94
B6-L2-M	A343	4.75	-25.19	16.11	29.90	147.40	-32.62	4.81	-25.20	15.87	29.78	147.80	-32.00	0.06	1.21	0.13	0.42	0.40	0.27	0.62	1.94
B6-L2-M	A345	4.76	-24.98	14.92	29.10	149.16	-30.87	4.82	-24.99	14.68	28.98	149.57	-30.00	0.06	1.22	0.12	0.41	0.41	0.28	0.87	2.89
B6-L2-M	A346	4.76	-25.37	18.59	31.45	143.77	-36.24	4.82	-25.37	18.34	31.31	144.15	-36.00	0.06	1.22	0.15	0.46	0.37	0.26	0.24	0.66
B6-L2-M	B747	4.83	-24.69	16.06	29.45	146.95	-33.06	5.00	-24.68	15.80	29.31	147.37	-33.00	0.17	3.36	0.14	0.49	0.41	0.28	0.06	0.18
B6-L2-M	B757	4.14	-25.63	13.67	29.05	151.93	-28.17	4.18	-25.73	13.52	29.06	152.28	-28.00	0.04	1.01	0.01	0.05	0.35	0.23	0.17	0.61
B6-L2-M	B772	4.90	-24.65	14.30	28.50	149.88	-30.13	4.83	-24.06	14.21	27.95	149.43	-31.00	0.08	1.62	0.55	1.96	0.45	0.30	0.87	2.81
B6-L2-M	B773	4.90	-24.65	14.30	28.50	149.88	-30.13	4.97	-24.63	14.04	28.35	150.32	-30.00	0.07	1.43	0.15	0.52	0.44	0.29	0.13	0.43
B6-L2-M	DC10	4.79	-24.44	11.65	27.07	154.51	-25.52	4.87	-24.47	11.72	27.13	154.42	-26.00	0.08	1.66	0.06	0.22	0.09	0.06	0.48	1.84
B6-L2-M	L101	4.71	-24.93	16.13	29.69	147.10	-32.92	4.73	-24.94	15.89	29.57	147.49	-33.00	0.02	0.49	0.12	0.40	0.39	0.27	0.08	0.24
B6-L2-M	MD11	4.83	-24.47	11.96	27.24	153.96	-26.07	4.95	-24.47	11.72	27.13	154.42	-26.00	0.12	2.40	0.11	0.40	0.46	0.30	0.07	0.26
C3-L1-M	A30B	4.72	12.05	18.91	22.43	57.49	-21.00	4.73	11.84	18.98	22.37	58.04	-21.00	0.01	0.27	0.05	0.24	0.54	0.94	0.00	0.00
C3-L1-M	A310	4.58	12.11	18.87	22.42	57.30	-22.00	4.61	11.93	18.96	22.40	57.82	-21.00	0.03	0.65	0.02	0.07	0.52	0.90	1.00	4.76

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
C3-L1-M	A332	4.65	8.21	18.36	20.11	65.91	-13.00	4.69	8.04	18.45	20.13	66.47	-12.00	0.04	0.77	0.02	0.08	0.56	0.84	1.00	8.33
C3-L1-M	A333	4.62	8.19	18.35	20.09	65.95	-13.00	4.58	7.13	18.77	20.08	69.20	-12.00	0.04	0.87	0.01	0.05	3.24	4.68	1.00	8.33
C3-L1-M	A342	4.58	8.19	18.34	20.09	65.93	-13.00	4.64	8.04	18.45	20.13	66.47	-12.00	0.05	1.19	0.04	0.19	0.54	0.81	1.00	8.33
C3-L1-M	A343	4.59	8.20	18.34	20.09	65.93	-13.00	4.64	8.04	18.45	20.13	66.47	-12.00	0.06	1.21	0.04	0.18	0.54	0.81	1.00	8.33
C3-L1-M	A345	4.61	6.37	18.12	19.21	70.62	-8.00	4.67	6.23	18.23	19.27	71.14	-8.00	0.06	1.22	0.06	0.31	0.52	0.74	0.00	0.00
C3-L1-M	A346	4.62	3.68	17.85	18.22	78.36	-1.00	4.68	3.50	17.97	18.31	78.99	0.00	0.06	1.24	0.09	0.47	0.64	0.81	1.00	100.00
C3-L1-M	A388	5.04	7.78	18.12	19.72	66.77	-11.00	4.69	7.52	18.12	19.62	67.47	-11.00	0.35	7.55	0.10	0.53	0.71	1.05	0.00	0.00
C3-L1-M	B747	4.74	10.39	18.09	20.86	60.13	-25.00	4.98	10.18	18.13	20.79	60.69	-24.00	0.24	4.78	0.08	0.37	0.55	0.91	1.00	4.17
C3-L1-M	B74S	4.82	14.44	18.68	23.61	52.29	-33.00	4.89	14.20	18.69	23.47	52.79	-32.00	0.07	1.47	0.14	0.61	0.50	0.94	1.00	3.13
C3-L1-M	B757	4.17	8.31	18.98	20.72	66.36	-16.00	4.24	8.22	19.15	20.84	66.77	-15.00	0.06	1.49	0.12	0.58	0.41	0.61	1.00	6.67
C3-L1-M	B762	4.35	13.76	19.34	23.74	54.57	-25.00	4.47	13.61	19.47	23.76	55.04	-25.00	0.12	2.67	0.02	0.07	0.48	0.86	0.00	0.00
C3-L1-M	B763	4.40	9.76	18.80	21.18	62.56	-17.00	4.51	9.63	18.93	21.24	63.05	-17.00	0.11	2.50	0.06	0.28	0.49	0.78	0.00	0.00
C3-L1-M	B764	4.41	7.81	18.54	20.11	67.16	-13.00	4.52	7.69	18.68	20.20	67.62	-12.00	0.11	2.52	0.09	0.45	0.46	0.68	1.00	8.33
C3-L1-M	B772	4.78	7.58	18.15	19.67	67.33	-12.00	4.88	7.46	18.22	19.69	67.73	-12.00	0.09	1.95	0.02	0.11	0.39	0.58	0.00	0.00
C3-L1-M	B773	4.79	7.54	17.75	19.28	66.99	-13.00	4.88	15.90	18.99	24.77	50.07	-12.00	0.09	1.93	5.48	22.13	16.92	33.79	1.00	8.33
C3-L1-M	DC10	4.84	6.29	18.43	19.48	71.16	-5.00	4.93	6.08	18.50	19.48	71.81	-4.00	0.08	1.66	0.00	0.00	0.65	0.90	1.00	25.00

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
C3-L1-M	L101	4.73	6.18	18.29	19.30	71.33	-6.00	4.76	5.99	18.38	19.33	71.94	-5.00	0.03	0.67	0.03	0.15	0.61	0.85	1.00	20.00
C3-L1-M	MD11	4.85	6.30	18.59	19.63	71.29	-4.00	4.98	6.09	18.66	19.63	71.94	-4.00	0.13	2.63	0.00	0.00	0.65	0.90	0.00	0.00
C3-L1-R	BA146	2.65	9.67	29.50	31.04	71.85	-27.00	2.63	9.59	29.67	31.18	72.08	-27.00	0.02	0.80	0.14	0.45	0.23	0.32	0.00	0.00
C3-L1-R	B462	2.64	9.68	29.50	31.05	71.83	-27.00	2.62	9.61	29.68	31.19	72.06	-27.00	0.02	0.72	0.14	0.46	0.23	0.32	0.00	0.00
C3-L1-R	B463	2.64	9.68	29.50	31.05	71.83	-27.00	2.63	9.61	29.68	31.19	72.06	-27.00	0.02	0.57	0.14	0.46	0.23	0.32	0.00	0.00
C3-L1-R	B712	2.88	9.67	29.54	31.08	71.88	-27.00	2.91	9.59	29.67	31.18	72.08	-27.00	0.03	0.93	0.10	0.32	0.20	0.28	0.00	0.00
C3-L1-R	B733	3.20	9.68	29.53	31.08	71.85	-27.00	3.21	9.57	29.63	31.14	72.11	-27.00	0.02	0.50	0.06	0.21	0.26	0.36	0.00	0.00
C3-L1-R	B734	3.20	9.68	29.53	31.08	71.85	-27.00	3.21	9.57	29.63	31.14	72.11	-27.00	0.02	0.50	0.06	0.21	0.26	0.36	0.00	0.00
C3-L1-R	B735	3.20	9.68	29.53	31.08	71.85	-27.00	3.21	9.57	29.63	31.14	72.11	-27.00	0.02	0.50	0.06	0.21	0.26	0.36	0.00	0.00
C3-L1-R	F100	2.80	9.23	29.30	30.72	72.51	-26.00	2.87	9.14	29.43	30.81	72.75	-27.00	0.07	2.37	0.09	0.30	0.24	0.33	1.00	3.70
C3-L2-L	A318	3.95	-8.38	22.01	23.55	110.84	-64.68	3.89	-8.58	21.91	23.52	111.38	-64.00	0.06	1.49	0.03	0.12	0.54	0.49	0.67	1.05
C3-L2-L	A319	3.95	-8.38	22.01	23.55	110.84	-64.68	3.89	-8.58	21.91	23.52	111.38	-64.00	0.06	1.49	0.03	0.12	0.54	0.49	0.67	1.05
C3-L2-L	A320	3.95	-8.38	22.01	23.55	110.84	-64.68	3.89	-8.58	21.91	23.52	111.38	-64.00	0.06	1.49	0.03	0.12	0.54	0.49	0.67	1.05
C3-L2-L	A321	3.96	-8.36	22.02	23.55	110.79	-64.72	3.90	-8.56	21.91	23.52	111.33	-64.00	0.06	1.57	0.03	0.12	0.54	0.49	0.72	1.13
C3-L2-L	B712	3.04	-8.82	24.60	26.14	109.73	-65.74	3.00	-9.09	24.36	26.00	110.47	-61.00	0.04	1.37	0.13	0.51	0.74	0.67	4.74	7.77
C3-L2-L	B721	3.30	-8.55	22.24	23.82	111.04	-60.51	3.35	-8.83	22.19	23.88	111.69	-60.00	0.06	1.64	0.06	0.25	0.65	0.58	0.51	0.84

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
C3-L2-L	B722	3.30	-8.55	22.24	23.82	111.04	-60.51	3.53	-8.22	26.39	27.64	107.31	-55.00	0.23	6.62	3.82	13.82	3.73	3.48	5.51	10.01
C3-L2-L	B737	3.26	-8.70	22.82	24.42	110.87	-60.38	3.22	-8.97	22.77	24.48	111.50	-60.00	0.04	1.40	0.05	0.22	0.63	0.57	0.38	0.64
C3-L2-L	B739	3.36	-8.74	23.49	25.06	110.41	-60.86	3.31	-9.00	23.43	25.10	111.01	-61.00	0.05	1.45	0.03	0.14	0.60	0.54	0.14	0.22
C3-L2-M	A30B	4.81	-22.21	15.99	27.36	144.25	-35.78	4.83	-22.23	15.76	27.25	144.66	-35.00	0.03	0.54	0.11	0.40	0.41	0.28	0.78	2.22
C3-L2-M	A332	4.78	-21.94	13.14	25.57	149.09	-30.97	4.82	-21.98	12.94	25.50	149.52	-30.00	0.04	0.81	0.07	0.28	0.43	0.29	0.97	3.22
C3-L2-M	A333	4.78	-22.27	15.83	27.32	144.60	-35.43	4.71	-21.61	15.61	26.66	144.15	-37.00	0.08	1.68	0.66	2.47	0.45	0.31	1.57	4.24
C3-L2-M	A342	4.81	-22.27	15.83	27.33	144.60	-35.43	4.87	-22.30	15.61	27.22	145.00	-35.00	0.05	1.07	0.11	0.39	0.41	0.28	0.43	1.23
C3-L2-M	A343	4.80	-22.27	15.83	27.32	144.60	-35.43	4.85	-22.30	15.61	27.22	145.00	-35.00	0.05	1.07	0.10	0.38	0.41	0.28	0.43	1.23
C3-L2-M	A345	4.82	-22.03	14.53	26.39	146.60	-33.44	4.87	-22.06	14.32	26.30	147.01	-33.00	0.05	1.07	0.09	0.34	0.41	0.28	0.44	1.33
C3-L2-M	A346	4.81	-22.20	15.92	27.32	144.35	-35.68	4.87	-22.22	15.66	27.18	144.83	-35.00	0.05	1.07	0.14	0.51	0.48	0.33	0.68	1.94
C3-L2-M	A388	5.12	-21.29	13.94	25.45	146.79	-33.22	4.72	-21.26	13.68	25.28	147.24	-33.00	0.40	8.44	0.17	0.66	0.46	0.31	0.22	0.66
C3-L2-M	B747	4.88	-21.77	15.77	26.88	144.08	-35.94	5.04	-21.79	15.54	26.76	144.50	-35.00	0.16	3.14	0.12	0.47	0.42	0.29	0.94	2.68
C3-L2-M	B757	4.21	-22.66	13.41	26.33	149.39	-30.73	4.24	-22.78	13.29	26.37	149.74	-30.00	0.03	0.80	0.05	0.17	0.36	0.24	0.73	2.42
C3-L2-M	B772	4.95	-21.69	13.91	25.77	147.33	-32.70	4.84	-21.14	13.56	25.12	147.32	-32.00	0.11	2.33	0.65	2.58	0.01	0.01	0.70	2.17
C3-L2-M	B773	4.95	-21.69	13.91	25.77	147.33	-32.70	5.02	-21.70	13.68	25.65	147.76	-32.00	0.06	1.26	0.12	0.47	0.43	0.29	0.70	2.17
C3-L2-M	DC10	4.85	-21.45	11.39	24.28	152.03	-28.03	4.92	-21.51	11.48	24.38	151.90	-28.00	0.07	1.48	0.10	0.41	0.12	0.08	0.03	0.11

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

		ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ										
Gate	Type	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%			
C3-L2-M	L101	4.76	-22.01	15.84	27.12	144.26	-35.77	4.78	-22.04	15.63	27.02	144.66	-35.00	0.02	0.33	0.10	0.36	0.40	0.27	0.77	2.20			
C3-L2-M	MD11	4.89	-21.49	11.70	24.46	151.44	-28.61	5.00	-21.51	11.48	24.38	151.90	-28.00	0.11	2.22	0.09	0.35	0.47	0.31	0.61	2.18			
C3-L3-M	A388	7.43	-28.68	7.69	29.69	164.99	-14.51	7.61	-28.30	7.06	29.17	165.99	-14.00	0.17	2.27	0.52	1.79	1.00	0.60	0.51	3.61			
													Total	10.58 m	249.66	36.02 m	141.29	93.30	212.08	103.55	945.18			
													Average	7.20 cm	1.70	24.5 cm	0.96	0.68	1.44	0.70	6.43			

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าจริงเมื่อมีเครื่องบินเข้ามาจอด

ตารางผนวกที่ ค1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการคำนวณจากงานวิจัยกับค่าจริงเมื่อมีเครื่องบินเข้ามาจอด

Gate	Type	ค่าการคำนวณจากงานวิจัย						ค่าที่ใช้งาน						ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ							
		Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	X	Y	Distance	Angle	CAB°	Height	%	Distance	%	Angle	%	CAB°	%
A6-L2-L	B712	2.98	-10.38	24.50	26.60	112.96	-58.00	2.80	-10.26	24.76	26.80	112.51	-70.00	0.18	6.44	0.19	0.72	0.44	0.39	12.00	17.14
A6-L2-R	B733	3.27	-26.57	5.79	27.20	167.70	-20.17	3.26	-26.40	6.35	27.15	166.48	-22.00	0.01	0.37	0.05	0.19	1.22	0.73	1.83	8.32
B6-L1-M	B772	4.79	7.70	20.61	22.00	69.53	-10.21	4.76	8.55	20.31	22.03	67.16	-16.00	0.02	0.48	0.03	0.15	2.37	3.53	5.80	36.22
B6-L2-M	B772	4.90	-24.65	14.30	28.50	149.88	-30.13	4.86	-24.36	14.75	28.48	148.80	-30.00	0.05	0.99	0.02	0.07	1.08	0.73	0.13	0.43
B6-L2-L	B712	2.96	-11.55	24.81	27.36	114.96	-56.32	2.83	-11.17	25.18	27.55	113.92	-65.00	0.13	4.59	0.18	0.66	1.04	0.91	8.68	13.35
B6-L1-M	B773	4.79	7.66	20.21	21.61	69.25	-10.49	4.75	8.45	20.40	22.08	67.51	-17.00	0.04	0.78	0.47	2.15	1.74	2.58	6.51	38.31
B6-L2-M	B773	4.90	-24.65	14.30	28.50	149.88	-30.00	4.81	-24.12	15.37	28.60	147.50	-30.00	0.10	2.04	0.10	0.35	2.38	1.61	0.00	0.00
C3-L1-M	B747	4.74	10.39	18.09	20.86	60.13	-24.81	4.90	9.18	18.66	20.80	63.82	-21.00	0.16	3.22	0.07	0.33	3.68	5.77	3.81	18.14
C3-L1-R	B734	3.20	9.68	29.53	31.08	71.85	-26.77	3.16	9.13	29.78	31.15	72.96	-29.00	0.03	1.11	0.07	0.23	1.11	1.52	2.23	7.70
B6-L1-M	B773	4.79	7.66	20.21	21.61	69.25	-10.49	4.76	8.28	19.99	21.63	67.51	-15.00	0.03	0.67	0.02	0.11	1.74	2.58	4.51	30.09
B6-L2-M	B773	4.90	-24.65	14.30	28.50	149.88	-30.13	4.85	-23.28	15.55	28.00	146.27	-28.00	0.06	1.20	0.50	1.78	3.61	2.47	2.13	7.61
C3-L1-M	B773	4.79	7.54	17.75	19.28	66.99	-13.00	4.72	6.25	18.36	19.40	71.20	-9.00	0.07	1.38	0.11	0.58	4.21	5.91	4.00	44.44
A6-L1-M	B773	4.81	-15.37	4.67	16.06	163.08	-7.00	4.82	-15.68	5.12	16.50	161.91	-6.00	0.01	0.23	0.43	2.63	1.17	0.72	1.00	16.67
A6-L2-M	B773	4.90	-22.84	13.96	26.77	148.56	-31.45	4.77	-22.43	14.10	26.50	147.85	-31.00	0.14	2.90	0.27	1.02	0.71	0.48	0.45	1.45
													Total	1.03m	26.40	2.53m	10.97	26.51	45.04	53.08	239.88
													Average	7.32cm	1.89	18.10cm	0.78	1.89	3.22	3.79	17.13

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแสดงการคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสาร

ตัวอย่างแสดงการคำนวณเส้นทางการเทียบท่าแบบอัตโนมัติของสะพานเทียบผู้โดยสาร

ตัวอย่างที่ 1

Gate B6 Stand Right ตำแหน่ง L1 ข้อมูลเครื่องบินรุ่น B712 จัดอยู่กลุ่มที่ 2

$$\begin{aligned}
 \text{สูตรหาค่า } C_X &= ASR - R_{ASR} + D1_N * \cos(A_R^0) + D1_C * \sin(A_R^0) + C_B * \sin(A_R^0 - D1^0) \\
 \text{แทนค่า} &= 10.6 - 4.7 + 1.615 * \cos(17.5) + 1.5574 * \sin(17.5) + 2.51 * \sin(17.5 - 8.444) \\
 &= 8.303 \text{ เมตร} \\
 \\
 \text{สูตรหาค่า } C_Y &= S_R + (ASR - R_{ASR}) * \tan(A_R^0) + D1_N * \sin(A_R^0) - D1_C * \cos(A_R^0) - C_B * \cos(A_R^0 - D1^0) \\
 \text{แทนค่า} &= 40.229 + (10.6 - 4.7) * \tan(17.5) + 1.615 * \sin(17.5) - 1.5574 * \cos(17.5) - \\
 &\quad 2.51 * \cos(17.5 - 8.444) \\
 &= 38.613 \text{ เมตร} \\
 \\
 \text{สูตรหาค่า } R^0 &= \tan^{-1}(C_Y / C_X) \\
 \text{แทนค่า} &= \tan^{-1}(38.613 / 8.303) \\
 &= 77.8644^0 \\
 \\
 \text{สูตรหาค่า } C^0 &= R^0 - D1^0 - 90^0 \\
 \text{แทนค่า} &= 77.8644^0 - 8.444 - 90^0 \\
 &= 20.5796^0 \\
 \\
 \text{สูตรหาค่า } D_P &= (C_X^2 + C_Y^2)^{1/2} + C_B \\
 \text{แทนค่า} &= (8.303^2 + 38.613^2)^{1/2} + 2.51 \\
 &= 42.005 \text{ เมตร} \\
 \\
 \text{สูตรหาค่า } S^0 &= \tan^{-1}(R_H - D1_H - H_T * (N - 1) / (D_P - D_{HI})) \\
 \text{แทนค่า} &= \tan^{-1}(5.304 - 2.2 - 0.172 * (3 - 1) / (42.005 - 1.372)) \\
 &= 3.8858^0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{สูตรหาค่า } D_K &= D_p / \cos(S^{\circ}) \\ \text{แทนค่า} &= 42.005 / \cos(3.8858) \\ &= 42.1 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{สูตรหาค่า } D_H &= D1_H + (C_B + D_C) * \sin(S^{\circ}) \\ \text{แทนค่า} &= 2.2 + (2.51 + 7.956) * \sin(3.8858^{\circ}) \\ &= 2.90927 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{สูตรหาค่า } D_X &= (D_p - C_B - D_C) * \cos(R^{\circ}) - D_H * \sin(S^{\circ}) \\ \text{แทนค่า} &= (42.005 - 2.51 - 7.956) * \cos(77.8644) - 2.90927 * \sin(3.8858) \\ &= 6.426 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{สูตรหาค่า } D_Y &= (D_p - C_B - D_C) * \sin(R^{\circ}) - D_H * \sin(S^{\circ}) \\ \text{แทนค่า} &= (42.005 - 2.51 - 7.956) * \sin(77.8644) - 2.90927 * \sin(3.8858) \\ &= 30.637 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2

Gate A6 Stand Right ตำแหน่ง L1 ข้อมูลเครื่องบินรุ่น B733 จัดอยู่กลุ่มที่ 4

$$\begin{aligned}\text{สูตรหาค่า } C_x &= S_R - (ASR - R_{ASR}) * \tan(A_R^{\circ}) - D1_N * \sin(A_R^{\circ}) + D1_C * \cos(A_R^{\circ}) + C_B * \cos(A_R^{\circ} - D1^{\circ}) \\ \text{แทนค่า} &= -36.14 - (13.82 - 8.2) * \tan(17.5) - 0.647 * \sin(17.5) + 1.58 * \cos(17.5) + 2.51 * \cos(17.5 - 8.4) \\ &= -34.159 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{สูตรหาค่า } C_y &= ASR - R_{ASR} + D1_N * \cos(A_R^{\circ}) + D1_C * \sin(A_R^{\circ}) + C_B * \sin(A_R^{\circ} - D1^{\circ}) \\ \text{แทนค่า} &= 13.82 - 8.2 + 0.647 * \cos(17.5) + 1.58 * \sin(17.5) + 2.51 * \sin(17.5 - 8.4) \\ &= 7.1089 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{สูตรหาค่า } R^{\circ} &= \tan^{-1}(C_y / C_x) + 180 \\ \text{แทนค่า} &= \tan^{-1}(7.1089 / -34.159) + 180 \\ &= 168.24^{\circ}\end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } C^0 = R^0 - D1^0 - 180$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= 168.24 - 8.4 - 180 \\ &= -20.156^0 \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } D_p = (C_x^2 + C_y^2)^{1/2} + C_B$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= (-34.159^2 + 7.1089^2)^{1/2} + 2.51 \\ &= 37.40 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } S^0 = \tan^{-1}(R_H - D1_H - H_T * (N - 1) / (D_p - D_{H1}))$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= \tan^{-1}(5.298 - 2.62 - 0.172 * (3 - 1) / (37.40 - 1.372)) \\ &= 3.706^0 \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } D_k = D_p / \cos(S^0)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= 37.40 / \cos(3.706^0) \\ &= 37.478 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } D_H = D1_H + (C_B + D_C) * \sin(S^0)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= 2.62 + (2.51 + 7.493) * \sin(3.706^0) \\ &= 3.2666 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } D_x = (D_p - C_B - D_C) * \cos(R^0) + D_H * \sin(S^0)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= (37.40 - 2.51 - 7.493) * \cos(168.24) + 3.2666 * \sin(3.706) \\ &= -26.61 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } D_y = (D_p - C_B - D_C) * \sin(R^0) - D_H * \sin(S^0)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= (37.40 - 2.51 - 7.493) * \sin(168.24) - 3.2666 * \sin(3.706) \\ &= 5.37 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 3

Gate C3 Stand Main ตำแหน่ง L1 ข้อมูลเครื่องบินรุ่น B747 จัดอยู่กลุ่มที่ 1

$$\text{สูตรหาค่า } C_x = ASR - R_{ASR} + D1_N - C_B * \sin(D1^0)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= 17.87 - 4.7 + 1.223 - 2.51 * \sin(5.1) \\ &= 14.17 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } C_y = S_M - D1_C - C_B * \cos(D1^0)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= 30.25 - 3.118 - 2.51 * \cos(5.1) \\ &= 24.632 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } R^0 = \tan^{-1}(C_y / C_x)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= \tan^{-1}(24.632 / 14.17) \\ &= 60.089^0 \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } C^0 = R^0 + D1^0 - 90$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= 60.089 + 5.1 - 90 \\ &= -24.81^0 \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } D_p = (C_x^2 + C_y^2)^{1/2} + C_B$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= (14.17^2 + 24.632^2)^{1/2} + 2.51 \\ &= 30.927 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } S^0 = \tan^{-1}(R_H - D1_H - H_T * (N - 1) / (D_p - D_{H1}))$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= \tan^{-1}(5.265 - 4.65 - 0.172 * (3 - 1) / (30.927 - 1.372)) \\ &= 0.525^0 \end{aligned}$$

$$\text{สูตรหาค่า } D_K = D_p / \cos(S^0)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= 30.927 / \cos(0.525) \\ &= 30.928 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สูตรหาค่า } D_H &= D1_H + (C_B + D_C) * \sin(S^0) \\ \text{แทนค่า} &= 4.65 + (2.51 + 7.493) * \sin(0.525) \\ &= 4.742 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สูตรหาค่า } D_x &= (D_P - C_B - D_C) * \cos(R^0) - D_H * \sin(S^0) \\ \text{แทนค่า} &= (30.927 - 2.51 - 7.493) * \cos(60.089) - 4.742 * \sin(0.525) \\ &= 10.39 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สูตรหาค่า } D_y &= (D_P - C_B - D_C) * \sin(R^0) - D_H * \sin(S^0) \\ \text{แทนค่า} &= (30.927 - 2.51 - 7.493) * \sin(60.089) - 4.742 * \sin(0.525) \\ &= 18.0935 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นาย พิสิษฐ์ เล็กสวัสดิ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	11 พฤศจิกายน 2514
สถานที่เกิด	อำเภอพระโขนง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ไฟฟ้าอุตสาหกรรม) สถาบันราชภัฏพระนคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ช่างเทคนิคอาวุโส 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ทำอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน)
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	