

การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการประเมินความปลอดภัยในการออกแบบ
ความเร็ว และระยะมองเห็น สำหรับทางสองช่องทางนอกเมือง



นายธำรงลักษณ์ จงกมลวิวัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-13-1746-8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 8 ก.ย. 2545

I 204 73709

**DEVELOPMENT OF COMPUTER PROGRAM FOR SAFETY EVALUATION ON SPEED
AND SIGHT DISTANCES FOR TWO-LANE RURAL HIGHWAYS**

Mr. Thamrongluck Jongkamolviwat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-13-1746-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการประเมินความปลอดภัยในการ
ออกแบบความเร็ว และระยะมองเห็น สำหรับทางสองช่องทาง
นอกเมือง

โดย

นายธำรงลักษณ์ จงกมลวิวัฒน์

สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อนุภักดิ์ อิศรเสนา ณ อยุธยา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

.....กรรมการ
(นายพินิจ แก้วมาคุณ)

อ้างลักษณะ จงกมลวิวัฒน์ : การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการประเมินความปลอดภัยในการออกแบบความเร็ว และระยะมองเห็น สำหรับทางสองช่องทางนอกเมือง.

(DEVELOPMENT OF COMPUTER PROGRAM FOR SAFETY EVALUATION ON SPEED AND SIGHT DISTANCES FOR TWO-LANE RURAL HIGHWAYS)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สรวิต นฤปิติ จำนวนหน้า 117 หน้า. ISBN 974-13-1746-8.

การวิจัยนี้เป็นการนำเอาหลักการออกแบบแนวเส้นทางของถนนให้มีความปลอดภัยมาพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยประเมินความปลอดภัยในการออกแบบความเร็วและระยะมองเห็นเพื่อกำหนดแนวเส้นทางสำหรับทางหลวงนอกเมืองสองช่องทาง เกณฑ์ประเมินความปลอดภัยพิจารณาจากความสอดคล้องในการออกแบบ ความสอดคล้องของความเร็ว ระยะมองเห็นที่เพียงพอต่อการหยุดรถ และ แชนจ์อย่างปลอดภัย

โปรแกรมที่พัฒนานั้นเขียนโดยใช้ภาษา AutoLISP ซึ่งเป็นโปรแกรมคำสั่งที่ทำงานภายใต้โปรแกรม AutoCAD และใช้โปรแกรม Softdesk เตรียมข้อมูลป้อนเข้าสู่โปรแกรม โปรแกรมที่ได้ทำการพัฒนามี 2 ส่วน คือ

1. โปรแกรมประเมินความเร็วที่เป็นไปได้ : หาความเร็วที่เป็นไปได้ของยานพาหนะที่เคลื่อนที่บนแนวเส้นทางของรถยนต์นั่งและรถบรรทุกโดยใช้วิธีการหาความเร็วจากเกณฑ์การประเมินความปลอดภัยของประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน และ Leisch ตามลำดับ
2. โปรแกรมประเมินระยะมองเห็น : คำนวณระยะมองเห็นโดยใช้วิธี Graphic แบ่งเป็นระยะมองเห็นแนวทางตั้งและแนวทางราบ ตามวิธีการของ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) และทำการประเมินประสิทธิภาพการมองเห็นตาม Highway Capacity Manual (HCM)

วิธีการออกแบบแนวเส้นทางให้มีความปลอดภัยโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาแสดงโดยใช้ข้อมูลโครงการสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย พบว่าวิธีการออกแบบข้างต้นและโปรแกรมที่พัฒนาสามารถช่วยวิศวกรให้ทราบจุดบกพร่องของแนวเส้นทาง ลดระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบ ทำให้ออกแบบแนวเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ แนวเส้นทางมีความปลอดภัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4170343021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: DESIGN ALIGNMENT / SAFETY / SPEED / SIGHT DISTANCE / PROGRAM

THAMRONGLUCK CHONGKAMOLVIWAT : DEVELOPMENT OF COMPUTER PROGRAM FOR SAFETY EVALUATION ON SPEED AND SIGHT DISTANCES FOR TWO-LANE RURAL HIGHWAYS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SORAWIT NARUPITI , Ph.D.,117 pp. ISBN 974-13-1746-8.


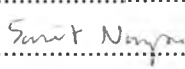
This thesis is the introduction of safety design concept in highway alignment design. A computer program is developed for evaluating potential speed and sight distance of a newly-design two-lane rural highway. The safety criteria for consideration are design consistency, speed consistency, stopping sight distance, and passing sight distance.

The program is written in AutoLISP language under AutoCAD environments. The program requires Softdesk software for the preparation of input data. The program consists of two modules :

1. Potential speed evaluation module: The module evaluates potential speeds of vehicle traveling on the alignment. Passenger car and truck potential speeds are determined using Germany's safety criteria and Leisch method, respectively.
2. Sight distance evaluation module: Using the graphic calculation method, vertical and horizontal sight distances are determined using American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) concept and evaluated using Highway Capacity Manual (HCM) criteria.

The safety design procedure and the developed program are demonstrated on an example project of Khae Noi bridge design project. The application of the safety design procedure and the program assists design engineers to pinpoint potential unsafe alignment, resulting in time saving, more effective design procedure and a safer highway alignment.

Department Civil Engineering
 Field of study Civil Engineering
 Academic year 2001

Student's signature.....
 Advisor's signature.....
 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรวีศ นฤปิติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านเป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการวิจัย ให้สามารถปฏิบัติได้จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ อนุภัสย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา ที่กรุณารับเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ และ คุณ พินิจ แก้วมาคุณ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณอาจารย์ สมพงษ์ ศิริโสภณศิลป์ ที่ให้โอกาส และคำสั่งสอนที่เป็นกำลังใจผลักดันให้ผู้เขียนพยายามศึกษาต่อจนจบปริญญาโท

ขอขอบคุณ คุณก่อเกียรติ วิวัฒน์ที่ปะ ที่เป็นเจ้านายที่ให้โอกาสในการศึกษา และให้ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่นำมาใช้ในงานด้านวิศวกรรม รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ความดีของวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอมอบแต่ บิดา มารดา ที่ได้ให้การอบรม เลี้ยงดู สนับสนุนให้ผู้เขียนได้รับการศึกษาที่ดีเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา และ ครู อาจารย์ ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้เขียนทุกท่าน

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ | ช |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญภาพ | ฎ |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 4 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 5 |
| 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย | 5 |
| 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 6 |
| 1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย | 6 |
| 2 แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... | 7 |
| 2.1 ทฤษฎีและมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบความเร็ว | 7 |
| 2.2 การศึกษาและวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบความเร็ว..... | 8 |
| 2.3 ทฤษฎีและมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระยะมองเห็น..... | 25 |
| 2.3.1 ชนิดของระยะมองเห็น..... | 25 |
| 2.3.2 เกณฑ์ในการหาระยะมองเห็น (Criteria for Measuring Sight Distance)..... | 28 |
| 2.3.3 การหาระยะมองเห็นจากแปลน (Measuring Sight Distance on Plan)..... | 30 |
| 2.3.4 การประเมินประสิทธิภาพการมองเห็น | 31 |
| 2.4 การศึกษาและวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระยะมองเห็น | 32 |
| 2.5 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบถนนทางเรขาคณิตในปัจจุบัน..... | 34 |
| 2.6 สิ่งที่ได้รับจากการศึกษาที่ผ่านมา..... | 35 |
| 2.6.1 ความเร็วที่เป็นไปได้ (Potential Speed) | 35 |
| 2.6.2 ระยะมองเห็น (Sight Distance)..... | 36 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|---------|---|
| 3 | วิธีการและการพัฒนาโปรแกรม..... 37 |
| 3.1 | โปรแกรมที่นำมาใช้ในการพัฒนา..... 37 |
| 3.1.1 | โปรแกรม AutoCAD 37 |
| 3.1.2 | โปรแกรม Softdesk 40 |
| 3.2 | โปรแกรมที่พัฒนา..... 43 |
| 3.3 | แนวคิดและหลักการทำงานของโปรแกรมหาความเร็ว 44 |
| 3.3.1 | ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง 44 |
| 3.3.2 | ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุก 49 |
| 3.4 | แนวคิดและหลักการทำงานของโปรแกรมหาระยะมองเห็น..... 57 |
| 3.4.1 | แนวคิดและหลักการทำงานของโปรแกรมหาระยะมองเห็นในแนวราบ 57 |
| 3.4.2 | แนวคิดและหลักการทำงานของโปรแกรมหาระยะมองเห็นในแนวตั้ง 61 |
| 4 | ผลการวิจัย..... 65 |
| 4.1 | ข้อมูลพื้นฐานของแนวเส้นทางที่นำมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ 65 |
| 4.2 | การวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วจากโปรแกรมที่พัฒนา..... 69 |
| 4.2.1 | ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง 70 |
| 4.2.2 | การวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง..... 74 |
| 4.2.3 | ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน..... 81 |
| 4.2.4 | การวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุก 81 |
| 4.2.5 | สรุปการวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา..... 84 |
| 4.3 | การวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา..... 85 |
| 4.3.1 | ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา 86 |
| 4.3.1.1 | ระยะมองเห็นในแนวราบ 86 |
| 4.3.1.2 | ระยะมองเห็นในแนวตั้ง 87 |
| 4.3.1.3 | ระยะมองเห็นที่เพียงพอต่อหยุดและแซงที่ปลอดภัย 88 |
| 4.3.2 | การวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นจากโปรแกรมที่พัฒนา 88 |
| 4.3.2.1 | การกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณ..... 88 |
| 4.3.2.2 | ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย (Stopping Sight Distance)..... 89 |
| 4.3.2.3 | ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย (Passing Sight Distance)..... 92 |
| 4.3.2.4 | ค่าการประเมินระดับการให้บริการจาก Sight Distance Index และ Percent No Passing Zone..... 94 |
| 4.3.3 | สรุปการวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นจากโปรแกรมที่พัฒนา..... 95 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|---|------|
| สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 96 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 96 |
| 5.1.1 โปรแกรมหาและตรวจสอบความเร็ว..... | 96 |
| 5.1.1.1 ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง | 96 |
| 5.1.1.2 ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุก..... | 97 |
| 5.1.2 โปรแกรมหาและตรวจสอบระยะมองเห็น..... | 98 |
| 5.1.2.1 ระยะมองเห็นในแนวทางราบ..... | 98 |
| 5.1.2.2 ระยะมองเห็นในแนวทางตั้ง..... | 98 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 100 |
| รายการอ้างอิง | 101 |
| ภาคผนวก | 104 |
| ภาคผนวก ก ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม Softdesk | 105 |
| ภาคผนวก ข สัมประสิทธิ์ของสมการความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน | 109 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ | 117 |

สารบัญตาราง

| ตาราง | หน้า |
|--|------|
| 1.1 จำนวนคดีอุบัติเหตุจากการจราจรทางบก จำแนกตามความเสียหาย ระหว่างปี พ.ศ. 2539-2543 | 1 |
| 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Design speed กับ Average running speed | 9 |
| 2.2 ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของรถยนต์นั่ง ตามชนิดของชั้นทาง | 9 |
| 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว กับ รัศมีโค้งของถนน | 13 |
| 2.4 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว V85 กับ CCR ของประเทศต่างๆ..... | 15 |
| 2.5 พารามิเตอร์และเกณฑ์ที่ใช้การประเมิน..... | 16 |
| 2.6 ผลการประเมินความปลอดภัยที่นำเสนอในลักษณะตารางของถนน | 18 |
| 2.7 สมการคำนวณหาระยะทางตรงที่ใช้ในการลดหรือเร่งความเร็วเพื่อเข้าสู่ทางโค้ง | 21 |
| 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีโค้ง กับความเร็วโครงการ ของชนิดถนนต่างๆ | 22 |
| 2.9 การเปรียบเทียบผลการคำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้ หน่วยไมล์ต่อชั่วโมง จากทั้ง 3 วิธี ... | 24 |
| 2.10 ค่าความเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เป็นไปได้ ในตำแหน่งวิกฤตของแนวเส้นทาง..... | 24 |
| 2.11 ระยะมองเห็นเพื่อการตัดสินใจ | 26 |
| 2.12 ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย..... | 28 |
| 2.13 ความสูงของตาผู้ขับขี่และความสูงของวัตถุ ที่ใช้ในการหาระยะมองเห็น เพื่อการหยุดที่ปลอดภัย | 29 |
| 2.14 ความสูงของตาผู้ขับขี่และความสูงของวัตถุ ที่ใช้ในการหาระยะมองเห็น เพื่อการแซงที่ปลอดภัย..... | 30 |
| 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวโค้งทางตั้งที่จำเป็นต่อการมองเห็น กับค่าตัวแปรอิสระต่างๆ..... | 33 |
| 3.1 การพัฒนา AutoLISP ในโปรแกรม AutoCAD เวอร์ชันต่างๆ..... | 39 |
| 3.2 เกณฑ์การประเมินความปลอดภัยของแนวเส้นทาง จากความเร็ว V85 ของรถยนต์นั่ง ตามวิธีการของ Ruediger | 48 |
| 4.1 ข้อมูลแนวทางราบของถนน..... | 67 |
| 4.2 ข้อมูลแนวทางตั้งของถนน..... | 68 |
| 4.3 ข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัยของความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง โดยเลือกแบบจำลองสัมพันธ์ระหว่างค่า CCR กับ V85 ของประเทศสหรัฐอเมริกา..... | 71 |
| 4.4 เกณฑ์ประเมินค่าความเหมาะสมจากค่า CCR และรัศมีโค้งกลม | 75 |
| 4.5 ผลการประเมินความสอดคล้องในการออกแบบ จากแบบจำลองของแต่ละประเทศ..... | 77 |
| 4.6 เวลาที่ใช้ในการคำนวณหาระยะมองเห็นในแนวราบ ของตัวอย่างถนนที่นำมาวิเคราะห์ .. | 89 |
| 4.7 การหาดำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็น (จากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด)..... | 90 |
| 4.8 การหาดำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็น (จากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น)..... | 91 |

สารบัญภาพ

| ภาพประกอบ | หน้า |
|--|------|
| 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดอุบัติเหตุทุกประเภทกับรัศมีความโค้ง..... | 2 |
| 2.1 แผนภูมิแสดงระยะทางที่ต้องใช้ลดความเร็วเพื่อเข้าทางโค้งของรถยนต์นั่ง | 10 |
| 2.2 แผนภูมิคำนวณหาระยะทางที่ต้องใช้เร่งความเร็วเมื่อออกจากทางโค้งของรถยนต์นั่ง | 11 |
| 2.3 แผนภูมิคำนวณระยะทางที่ต้องใช้ลดความเร็วเพื่อเข้าสู่ทางโค้งของรถบรรทุก..... | 12 |
| 2.4 แผนภูมิแสดงระยะทางที่ต้องใช้เร่งความเร็วเมื่อออกจากทางโค้งของรถบรรทุก..... | 12 |
| 2.5 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความเร็วสำหรับรถบรรทุก ที่วิ่งบนทางลาดชัน ที่มีค่า Weight-Power ratio เฉลี่ยเท่ากับ 200 lb/hz | 13 |
| 2.6 องค์ประกอบแนวทางราบของตัวอย่างและผลจากการคำนวณโดยวิธีกราฟฟิก | 17 |
| 2.7 แนวทางราบสำหรับกรณี Dependent Tangent | 19 |
| 2.8 แนวทางราบสำหรับกรณี Independent Tangent ที่ $TL \geq 2TL_L$ | 20 |
| 2.9 แนวทางราบสำหรับกรณี Independent Tangent ที่ $2TL_L > TL \geq TL_S$ | 20 |
| 2.10 ระยะทางที่ต้องการใช้ในการลดหรือเร่งความเร็ว โดยวิธี Swiss | 22 |
| 2.11 แนวทางราบของถนนที่ใช้เป็นตัวอย่างในการเปรียบเทียบผลการคำนวณ | 23 |
| 2.12 ชนิดของระยะทางที่ประกอบเป็นระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย..... | 27 |
| 2.13 การหาระยะมองเห็นด้วยวิธีกราฟฟิก ในลักษณะ 2 มิติ..... | 30 |
| 2.14 กราฟแสดงระยะมองเห็นที่ตำแหน่งต่างๆบนถนน (Sight Distance Profile) | 31 |
| 2.15 แนวเส้นการมองเห็นกับแนวทางตั้ง ตามแนวศูนย์กลางของถนนและแนวทางตั้ง ตามแนวเส้นการมองเห็น | 33 |
| 3.1 แผนผังการใช้โปรแกรม Softdesk ช่วยในการออกแบบถนน..... | 42 |
| 3.2 แผนผังหลักแสดงส่วนประกอบของโปรแกรมที่พัฒนา | 43 |
| 3.3 แผนผังแสดงแนวคิดและหลักการทำงานของโปรแกรม ประเมินความปลอดภัย ในการออกแบบความเร็วของรถยนต์นั่ง | 45 |
| 3.4 สมการสำหรับคำนวณหาค่า CCR ของโค้งทั่วไป | 47 |
| 3.5 แผนผังแสดงแนวคิดและหลักการทำงานของโปรแกรม ประเมินความปลอดภัย ในการออกแบบความเร็วของรถบรรทุก..... | 50 |
| 3.6 การแปลงความสัมพันธ์เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ด้วยฟังก์ชัน Add Trend line โดยเลือกรูปแบบสมการถดถอยเป็นสมการ Polynomial ยกกำลัง 6 | 51 |
| 3.7 แนวคิดในการหาระยะความลาดชันเสมือน โดยวิธีการของ Leisch | 53 |
| 3.8 ตัวอย่างการคำนวณหาความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน..... | 54 |
| 3.9 การแก้สมการโดยใช้วิธีของ Newton Ralpson Method..... | 55 |
| 3.10 ผังแสดงวิธีการแก้สมการด้วยวิธี New Ralpson Method | 56 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพประกอบ | หน้า |
|---|------|
| 3.11 แนวคิดและหลักการทำงานของโปรแกรมหาระยะมองเห็นในแนวราบ | 58 |
| 3.12 แนวคิดและหลักการทำงานของโปรแกรมหาระยะมองเห็นในแนวตั้ง | 62 |
| 4.1 โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย | 66 |
| 4.2 แนวทางราบของโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย | 67 |
| 4.3 แนวทางตั้งของโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย | 68 |
| 4.4 แผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา | 69 |
| 4.5 เส้นผังความเร็วของรถยนต์หนึ่งที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศสหรัฐอเมริกา ... | 72 |
| 4.6 ค่า Curvature Change Rate (CCR) ขององค์ประกอบของถนน ตอนต่างๆ | 74 |
| 4.7 ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์หนึ่งที่ได้จากแบบจำลองของประเทศต่างๆ ในแต่ละตอนขององค์ประกอบบนแนวทางราบ | 76 |
| 4.8 ความเร็วที่ใช้ออกแบบของถนนที่นำมาวิเคราะห์ ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ของประเทศต่างๆ | 76 |
| 4.9 เส้นผังความเร็วของรถยนต์หนึ่งที่คำนวณได้จากแบบจำลองของประเทศ สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และ สหพันธรัฐเยอรมัน | 78 |
| 4.10 เส้นผังความเร็วของรถยนต์หนึ่งที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศ สหรัฐอเมริกา และองค์ประกอบแนวทางราบของถนน | 79 |
| 4.11 เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชันของถนนที่นำมาวิเคราะห์ | 81 |
| 4.12 เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่กำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นแตกต่างกัน | 81 |
| 4.13 เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชันของตัวอย่างถนนที่นำมาวิเคราะห์ ซึ่งกำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นที่วิ่งเข้าสู่ทางโค้งเท่ากับ 50 กม./ชม. | 82 |
| 4.14 เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งขึ้นบนทางลาดชัน และ เส้นผังความเร็ว ของรถยนต์หนึ่ง จากแบบจำลองของสหรัฐอเมริกา | 83 |
| 4.15 เส้นผังความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์หนึ่งของแนวเส้นทางที่ได้ทำการปรับแก้ โดยเลือกแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง CCR กับ V85 ของสหรัฐอเมริกา | 84 |
| 4.16 แผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา ... | 85 |
| 4.17 แนวเส้นบังคับการมองเห็นที่เตรียมจากข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ที่ กม. 0+175 | 87 |
| 4.18 ข้อมูลแนวเส้นตั้งที่มีความสูงตามจริงและตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทางตั้ง | 87 |
| 4.19 เส้นผังระยะมองเห็นในแนวราบกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณ ทุกๆ 1 เมตรและ 10 เมตร | 88 |
| 4.20 เส้นผังระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัยจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด | 89 |
| 4.21 อุปสรรคการมองเห็นในแนวราบช่วงกม.ที่ 0+000 ถึง 0+093 | 90 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพประกอบ | หน้า |
|--|------|
| 4.22 อุปสรรคการมองเห็นในแนวตั้งช่วงกม.ที่ 0+169 ถึง 0+209 | 91 |
| 4.23 เส้นผังระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัยจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น | 91 |
| 4.24 อุปสรรคการมองเห็นในแนวราบช่วงกม.ที่ 0+130 ถึง 0+190 | 92 |
| 4.25 เส้นผังระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัยจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด | 93 |
| 4.26 เส้นผังระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัยจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น | 93 |
| 4.27 เส้นผังระยะมองเห็นสำหรับหาค่า Sight Distance Index และ Percent No Passing Zone | 94 |