การพัฒนาโปรแกรมการคำนวณโค้งดิ่งโดยโปรแกรม VBA บน Microsoft Excel

DEVELOPMENTOF PROGRAM CALCULATION VERTICAL CURVE BYVISUAL BASIC FOR APPLICATIONS ON MICROSOFT EXCEL

นายอำนวย อินสว่าง รหัส 51360660

นายฉัตรชัย น้ำแก้ว รหัส 51384369

นายฤทธิชัย ไข่ทา รหัส 51384468

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 23 พ.ค. 2555
เลขทะเบียน 16070229
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 01819

2554

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อโครงงานวิจัย	การพัฒนาโปรแกรมการคำนวณโค้งดิ่งโดยโปรแกรม VBA on Microsoft Excel	
ผู้ดำเนินงานวิจัย	นายอำนวย อินสว่าง	รหัสนิสิต 51360660
	นายฉัตรชัย น้ำแก้ว	รหัสนิสิต 51384369
	นายฤทธิชัย ไข่ทา	รหัสนิสิต 51384468
ที่ปรึกษางานวิจัย	อาจารย์ บุญพล มีไชโย	
สาขา	วิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	
ปีการศึกษา	2554	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์บุญพล มีไชโย)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ภัคพงศ์ หอมเนียม)

หัวขอโครงงานวิจัย	การพัฒนาโปรแกรมการคำนวณโค้งดิ่งโดยโปรแกรม VBA บน Microsoft Excel	
ผู้ดำเนินงานวิจัย	นายอำนวย อินสว่าง	รหัสนิสิต 51360660
	นายฉัตรชัย น้ำแก้ว	รหัสนิสิต 51384369
	นายฤทธิชัย ไข่ทา	รหัสนิสิต 51384468
ที่ปรึกษางานวิจัย	อาจารย์ บุญพล มีไชโย	
สาขา	วิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	
ปีการศึกษา	2554	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาโปรแกรมการคำนวณโค้งดิ่งด้วย VBA บน Microsoft Excel นี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโปรแกรม VBA ในการพัฒนาโปรแกรม บน Microsoft Excel เพื่อให้ได้โปรแกรมที่สามารถคำนวณออกแบบโค้งดิ่ง และเพื่อช่วยให้การคำนวณออกแบบสะดวกและรวดเร็วขึ้น จึงได้นำหลักทฤษฎีและสูตรมาพัฒนาในโปรแกรม โดยมีข้อกำหนดของการใช้โปรแกรมต้องเป็นโค้งดิ่งและเป็นความยาวโค้งสมมาตร ในการคำนวณต้องกรอกข้อมูลค่า PI.Sta, Elev.Sta , G1 ,G2 , L และค่า X

ผลที่ได้จากการใช้โปรแกรม ทำให้ทราบค่าข้อมูลจากการคำนวณแสดงเป็นตารางและกราฟ ช่วยให้การทำงานง่ายขึ้นและมีความถูกต้อง มีความสะดวกและความรวดเร็วยิ่งขึ้น

Project title	Developmentof ProgramCalculation Curved Vertical Using VBA on Microsoft Excel.	
Name	Mr. AmnuayInsawang	ID.51360660
	Ms. Chatchai Namkeaw	ID.51384369
	Ms. RittichaiKaita	ID.51384468
Project advisor	Mr. Boonphol Meechaiyo	
Major	Civil Engineering	
Department	Civil Engineering	
Academic year	2011	

Abstract

This project is the development of the Vertical curve with a Microsoft Excel VBA for the purpose of this research program to develop applications on Microsoft Excel VBA todesign a program that can calculate the vertical curve. To help make the design faster and easier. Have theories and formulas used to development in the program. The requirements of the use of must be straight curved and the long curved symmetric The data required to calculate the value PI.Sta , Elev.Sta , G1, G2, L and X.

The results obtained from the program. The data from calculations show that tables and graphs. Make operation easier and accurately. Are convenient and faster.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์บุญพล มีไชโย อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำและช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่นๆ และพนักงานภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความร่วมมือตลอดระยะเวลาที่ดำเนินโครงงาน

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอ กราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	2
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 โค้งทางดิ่งหรือโค้งทางตั้ง (Vertical curve)	4
2.2 ข้อพิจารณาทั่วๆไปเกี่ยวกับการวางแนวทางตั้ง	6
2.3 ข้อพิจารณาเพิ่มเติมบางประการเกี่ยวกับการวางแนวทางตั้ง	8
2.4 การกำหนดความยาวโค้งตั้งให้สอดคล้องกับระยะมองเห็น	9
2.5 การกำหนดความยาวโค้งให้สอดคล้องความต้องการระบายน้ำ	13
2.6 ระยะการมองไกลโดยปลอดภัยของโค้งหงาย (Sag vertical curve)	14
2.7 ระยะมองไกลของโค้งคว่ำ (Sight distance over crest)	16
2.8 ระยะมองไกลเมื่อมองลอดใต้โครงสร้าง	22
2.9 การเรียกใช้งาน VBA ใน Excel	24

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินงาน	26
3.1 ศึกษารูปแบบการทำโครงงานและรูปเล่มโครงงานเพื่อที่จะวางแผนการทำงาน	26
3.2 ศึกษาเนื้อหา หลักการและทฤษฎีของการออกแบบคำนวณโค้งดิ่ง	26
3.3 ศึกษาหลักการและทฤษฎี ของการให้โปรแกรม VBA on Microsoft Excel	26
3.4 ทำการออกแบบหน้ากากโปรแกรม เขียนโปรแกรม ทำการทดสอบ	27
การทำงานของโปรแกรม และทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม	
3.5 จัดทำรายงาน	27
บทที่ 4 ผลการศึกษา	28
4.1 การเขียนโปรแกรม	28
4.2 ภาพรวมของโปรแกรม	29
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลของโครงงาน	
5.1 วิเคราะห์ผล	36
5.2 สรุปผลของโครงงาน	36
5.3 ข้อจำกัดและแนวทางการพัฒนาโปรแกรม	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก ก.	38
ภาคผนวก ข.	42
ภาคผนวก ค.	50

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	2
2.1 ค่า K สำหรับมาตรฐานของกรมทางหลวง	14
2.2 Summary of Sight Distances on Bituminous or Concrete Pavements	21
ข1 ผลการตรวจสอบโปรแกรม	43
ข2 ผลการตรวจสอบโปรแกรม	45
ข3 ผลการตรวจสอบโปรแกรม	47
ข4 ผลการตรวจสอบโปรแกรม	49

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของโค้งคว่ำและโค้งหงาย	4
2.2 โค้งสมมาตร (Symmetrical curve	5
2.3 การวางแนวทางให้มีช่วงหลังทางลาดชันน้อยลงระหว่างหลังทางลาดชัน	7
2.4 แสดงการกำหนดระดับหลังทาง	7
2.5 รถคัน ก. มองไม่เห็นรถคัน ข. ซึ่งอยู่ในส่วนต่ำของโปรไฟล์กำลังวิ่งสวนมา รถคัน ก. อาจจะแซงรถคันอื่นโดยที่คิดว่าถนนในช่วง ค. ง. จ. ไม่มีสวนมา	7
2.6 กราฟความเร็วระยะทางสำหรับรถบรรทุกหนักทั่วๆไป	9
2.7 ระยะมองเห็นบนโค้งตั้งเมื่อ S<L	9
2.8 ระยะมองเห็นบนโค้งตั้งเมื่อ S<L	11
2.9 ระยะมองเห็นในโค้งตั้งหงายในเวลากลางคืน	12
2.10 เกณฑ์ออกแบบสำหรับโค้งตั้งคว่ำเพื่อให้สอดคล้องกับ Desirable SSD	12
2.11 เกณฑ์ออกแบบสำหรับโค้งตั้งหงายเพื่อให้สอดคล้องกับ Desirable SSD	13
2.12 Design controls for vertical curve	15
2.13 ความยาวของโค้งหงายตามมาตรฐานของ NAASRA	15
2.14 ความยาวน้อยสุดของโค้งดิ่งคว่ำที่ให้ระยะมองไกลเพื่อหยุดที่ปลอดภัย	16
2.15 ระยะมองไกลเพื่อการแซง	18
2.16 ระยะแซงโดยปลอดภัยในทางโค้งขึ้นเนินเมื่อ $h_1 = h_2 = 1.15$ เมตร	19
2.17 ระยะมองไกลเพื่อหยุด	20
2.18 ระยะมองไกลเพื่อการแซง	20
2.19 ระยะมองไกลมากกว่าความยาวโค้ง	22
2.20 ระยะมองไกลน้อยกว่าความยาวโค้ง	23
2.21 การตั้งค่าเรียกใช้ Developer	24
2.22 หน้าต่างของการเรียกใช้ VBA	25
4.1 Flow Chart โปรแกรมการออกแบบโค้งถนนในแนวดิ่ง	29
4.2 หน้าแรกโปรแกรม	33
4.3 หน้าหลักของโปรแกรม	33
4.4 แสดงผลหน้าหลักโปรแกรม	34
4.5 ผลการแสดงตารางคำนวณของโปรแกรม	34
4.6 ผลการแสดงกราฟเส้นโค้งแนวตั้ง	35

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 การสรุปผลข้อมูล เพื่อการบันทึกและนำไปแสดงผลยังเครื่อง Printer	35
ก1 เริ่มเข้าสู่โปรแกรม	38
ก2 กรอกชื่อผู้ทำการออกแบบ	38
ก3 การคำนวณ	39
ก4 การแสดงผลตารางการคำนวณ	40
ก5 การแสดงผลการแสดงกราฟ	40
ก6 ผลรวมการคำนวณจากโปรแกรม	41
ข1 โค้งคว่ำที่ได้จากการคำนวณ	43
ข2 โค้งหงายที่ได้จากการคำนวณ	44
ข3 โค้งคว่ำที่ได้จากการคำนวณ	46
ข4 โค้งหงายที่ได้จากการคำนวณ	48

สารบัญสัญลักษณ์

y_m (หรือ e หรือ M.O.)	=	ระยะห่างจากจุดตัดของเส้นสัมผัสมายังจุดยอดโค้ง
A	=	ความแตกต่างทางพีชคณิตของลาดชัน
G_1, G_2	=	เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน
L	=	ความยาวโค้งวัดตามระยะฉายทางราบ
y	=	ระยะห่างทางดิ่งจากจุดต่างๆของเส้นสัมผัสมายังโค้ง และห่างจากจุดตั้งต้นโค้งหรือปลายโค้งเท่ากับ X
K	=	ความยาวที่ต้องการสำหรับการเปลี่ยนแปลง ความลาดเอียง 1 เปอร์เซ็นต์, เมตร
L	=	ความยาวโค้งดิ่ง, เมตร
A	=	ความแตกต่างทางพีชคณิตของความลาด; เปอร์เซ็นต์
S	=	ระยะมองไกล
L	=	ความยาวของโค้งในแนวดิ่ง
e	=	ระยะบดบังสายตา
h_1	=	ความสูงของแนวสายตาของผู้ขับรถ
h_2	=	ความสูงของแนวสายตาของวัตถุ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในการคำนวณการออกแบบโค้งดิ่งโดยการคำนวณด้วยมือซึ่งทำให้เกิดข้อผิดพลาดมากมายและทำให้เกิดความล่าช้าในการคำนวณ ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในงานวิศวกรรม เพื่อช่วยในการคำนวณหาผลลัพธ์ต่างๆ เนื่องจากคอมพิวเตอร์เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูง มีความแม่นยำและรวดเร็ว การนำความสามารถนั้นมาใช้จำเป็นต้องมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพและความเหมาะสมกับงานที่จะต้องวิเคราะห์คำนวณ โดยได้ศึกษาการเขียนโปรแกรมการคำนวณออกแบบโค้งดิ่ง มาช่วยคำนวณ

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมการออกแบบการคำนวณโค้งดิ่งโดยใช้ VBA เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ออกแบบโค้งถนน ซึ่งมีหลายทางเลือก และจากการได้ทำการศึกษา VBA จึงเกิดความสนใจในการพัฒนาโปรแกรม VBA ซึ่งจะนำมาประยุกต์ใช้บน Microsoft Excel เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกแก่ผู้ที่สนใจ การพัฒนาโปรแกรมนี้จะใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณการออกแบบโค้งดิ่ง ซึ่งจะทำให้การคำนวณสะดวกและรวดเร็วขึ้น และยังลดข้อผิดพลาดในการคำนวณ อีกทั้งยังช่วยประหยัดเวลาในการคำนวณ สามารถนำไปใช้งานได้จริง ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษา และเขียนโปรแกรมการคำนวณออกแบบโค้งดิ่ง โดยใช้ VBA บน Microsoft Excel มาช่วยในการคำนวณออกแบบ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาโปรแกรม VBA ในการพัฒนาโปรแกรม บน Microsoft Excel
2. เพื่อให้ได้โปรแกรมที่สามารถคำนวณออกแบบโค้งดิ่งได้
3. เพื่อช่วยให้การคำนวณออกแบบโค้งดิ่งสะดวกและรวดเร็วขึ้น

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ software ที่ใช้ในการคำนวณออกแบบโค้งดิ่ง
2. สามารถนำโปรแกรมคำนวณการออกแบบโค้งดิ่งไปใช้ในการออกแบบจริงได้
3. มีความรู้และความเข้าใจในการออกแบบโค้งถนนมากยิ่งขึ้น

1.4 ขอบเขตการทำงาน

1. ศึกษาการใช้งานของ VBA บน Microsoft Excel เพื่อเขียนโปรแกรมการคำนวณออกแบบโค้งดิ่ง
2. ศึกษาทฤษฎี และสูตรในการใช้คำนวณออกแบบโค้งดิ่ง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล ทำความเข้าใจหลักการและทฤษฎีการคำนวณออกแบบโค้งดิ่ง
2. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล และทำความเข้าใจหลักการและทฤษฎีของการเขียนโปรแกรม VBA บน Microsoft Excel
3. วางแผนและออกแบบการเขียนโปรแกรม
4. เขียนโปรแกรมการคำนวณออกแบบโค้งดิ่งโดยใช้ VBA บน Microsoft Excel
5. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม
6. รวบรวมผลการทำงาน วิเคราะห์ สรุป จัดทำรูปเล่ม
7. นำเสนอโครงงาน

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

เดือน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
กิจกรรม	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
1.ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	—				
2.ศึกษาการออกแบบโค้งในทางดิ่ง	—				
3.ศึกษาการใช้โปรแกรม Visual Basic	—	—			
4.วางแผนและออกแบบการเขียนโปรแกรม		—	—		
5.ทดสอบการทำงานของโปรแกรม			—	—	
6. รวบรวมผลการทำงาน วิเคราะห์ สรุป จัดทำรูปเล่ม				—	—
7.นำเสนอโครงงาน				—	—

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. ค่าวัสดุสำนักงาน	1,000	บาท
2. ค่าถ่ายเอกสาร	1,000	บาท
3. ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	1,000	บาท
รวมเป็นเงิน	3,000	บาท (สามพันบาทถ้วน)

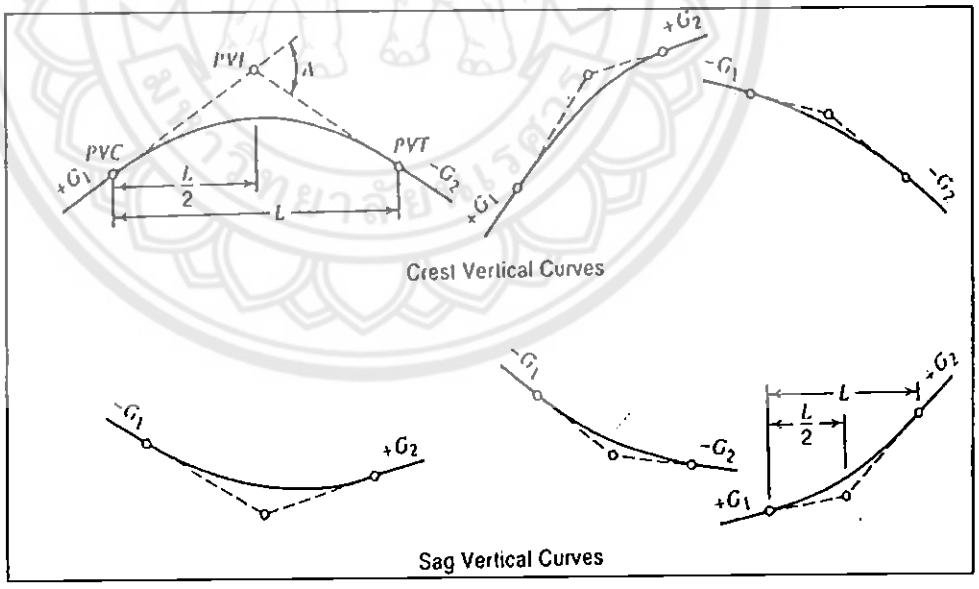
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

สำหรับหลักการและทฤษฎีการนำโปรแกรม VBA on Microsoft Excel เพื่อช่วยในการคำนวณโค้งดิ่ง ทฤษฎีพื้นฐานของการออกแบบโค้งดิ่งถนน และโปรแกรม VBA ที่นำมาประยุกต์ใช้ ในการคำนวณโค้งดิ่งถนน ซึ่งได้แสดงทฤษฎีพอสังเขปดังนี้

2.1 โค้งทางดิ่งหรือโค้งทางตั้ง (Vertical curve)

โค้งทางดิ่งคือโค้งพาราโบล่าที่ใช้เชื่อมเส้นความลาดชัน (grade line) สองเส้นเข้าด้วยกันทำให้การระบายน้ำเป็นไปอย่างสมบูรณ์ รวมทั้งปลอดภัยในการขับขี่ โค้งทางดิ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ โค้งหงาย (sag vertical curve) และ โค้งคว่ำ (crest vertical curve)

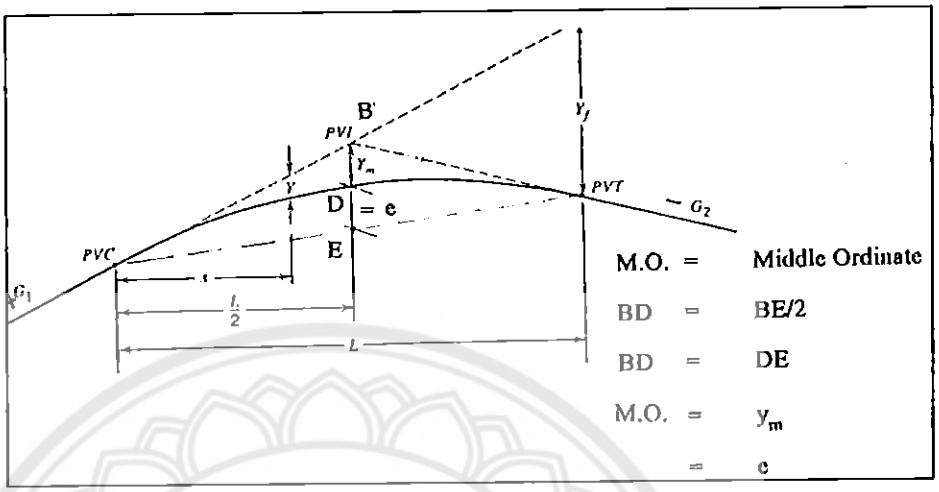
การวัดระยะทางหรือวัด STA. ในโค้งทางดิ่งนั้นเพื่อความสะดวกให้วัดไปตามระยะฉายทาบราบ (horizontal projection) ดังนั้นความยาวจริงๆตามเส้นโค้งก็จะมากกว่าระยะตาม STA. ในการออกแบบโค้งทางดิ่งหากผลรวมในพีชคณิต (algebraic sum) ของความลาดชันไม่เกิน 0.3% ก็ไม่จำเป็นต้องออกแบบโค้งทางดิ่ง รูปที่2.1 แสดงลักษณะของโค้งคว่ำและโค้งหงาย



รูปที่ 2.1 ลักษณะของโค้งคว่ำและโค้งหงาย

(ณรงค์ กุหลาบ Ph.D)

2.1.1 โค้งสมมาตร (Symmetrical curve) คือความยาวแต่ละข้างของจุดตัด (PVI) ของเส้นลาดชันยาวเท่ากัน รูปที่ 2.2 แสดงรูปแบบของโค้งสมมาตร



รูปที่ 2.2 โค้งสมมาตร (Symmetrical curve)

(ณรงค์ กุหลาบ Ph.D)

สูตรที่ใช้สำหรับโค้งสมมาตร :

$$y_m \text{ (หรือ e หรือ M.O.)} = \frac{AL^*}{800} \qquad (2.1)$$

$$y = \left[\frac{X}{L/2}\right]^2 \cdot y_m \qquad (2.2)$$

เมื่อ

y_m (หรือ e หรือ M.O.) = ระยะห่างจากจุดตัดของเส้นสัมผัสมายังจุดยอดโค้ง

A = ความแตกต่างทางพีชคณิตของลาดชัน

$= G_2 - G_1$

G_1, G_2 = เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (เช่น 2% , 3.5%)

สำหรับทางขึ้นเนิน G มีเครื่องหมานบวก (+) ทางลงเนิน G มีเครื่องหมายลบ (-)

L = ความยาวโค้งวัดตามระยะฉายทางราบ (horizontal projection)

y = ระยะห่างทางดิ่งจากจุดต่างๆของเส้นสัมผัสมายังโค้งและห่างจากจุดตั้งต้นโค้งหรือปลายโค้งเท่ากับ X

* สูตรที่ (2.1) ถ้าเป็น A เป็น $\frac{G_2}{100} - \frac{G_1}{100}$ สูตรที่ (2.2) จะเป็น $y_m = \left(\frac{G_2}{100} - \frac{G_1}{100}\right)\frac{L}{8}$

2.2 ข้อพิจารณาทั่วๆไปเกี่ยวกับการวางแนวทางตั้ง

การออกแบบแนวทางตั้งเป็นการกำหนดระดับของหลังทาง ตามแนวโปรไฟล์ (Profile) ทั้งในช่วงที่มีความลาดชันหรือเกรด (grade) คงที่เช่นทางราบเกรดศูนย์ ขึ้นเนิน ลงเนิน และช่วงที่เปลี่ยนเกรดเป็นช่วงโค้งตั้ง ในการออกแบบให้รถวิ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย ประหยัด และได้แนวทางสอดคล้องกับภูมิประเทศก็ควนจะได้พิจารณาในสิ่งต่อไปนี้

2.2.1 ทางในที่ราบควรกำหนดระดับหลังทางให้สูงกว่าระดับน้ำท่วมข้างทางไม่น้อยกว่า 0.45 เมตร อย่างไรก็ตาม การกำหนดระดับทางต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อเนื่องต่อชุมชนและต่อพื้นที่สองข้างทางด้วย

2.2.2 พิจารณากำหนดระดับหลังทางให้มีความลาดชันน้อยที่สุดเพื่อให้ความเร็วของรถไม่ลดลงมากถ้าระยะที่ต้องไต่ทางลาดชันยาว (Long grade) ควรเอาทางช่วงที่ชันที่สุดไว้ระดับล่าง และช่วงลาดชันน้อยๆ อยู่ช่วงบนแทนที่จะใช้ทางลาดชันคงที่ตลอดจากรูป 2.3 เมื่อรถวิ่งขึ้นเขาบนทางลาดชันเป็นระยะยาว ความเร็วของรถจะช้าลงๆ โดยลำดับ สภาวะเช่นนี้นอกจากจะทำให้การจราจรไม่สะดวกและยังอาจเกิดอุบัติเหตุได้ง่ายจึงต้องแก้ไขให้ทางชันน้อยลง เช่น (1) ไป (2) เมื่อความเร็วของรถช้าลงมาก (ตามปกติไม่ควรต่ำกว่า 30 กม./ชม.) ให้วางแนวช่วงต่อไปให้หลังทางชันน้อยลงทั้งนี้เพื่อให้รถสามารถเร่งความเร็วสูงขึ้นที่จะวิ่งขึ้นทางลาดชันต่อไปได้จากรูป 2.3 ช่วง (2) ถึง (3) ให้มีหลังทางราบจะเป็นผลดีที่สุด และหลังทางช่วง (2) ถึง (3) ต้องให้ยาวพอที่รถจะเร่งความเร็วสูงขึ้นมีแรงพอที่จะปีนลาด (3) ถึง (4)

2.2.3 พยายามวางเส้นระดับหลังทาง (Trade line) ให้ปริมาณดินตัด (Cut) ใกล้เคียงกับปริมาณดินถม (Fill) ทั้งนี้เพื่อลดปัญหานำดินส่วนเกินไปทิ้งหรือนำดินจากที่อื่นมาถมเป็นการช่วยลดค่าก่อสร้างทาง จากรูป 2.4 การกำหนดระยะหลังทางในที่เนินภูเขา ความลาดชัน G_1 และ G_2 ได้เป็นไปตามมาตรฐานทางและลักษณะทางภูมิประเทศ และพยายามดินตัด (1) ใกล้เคียงกับปริมาณดินถม (2)

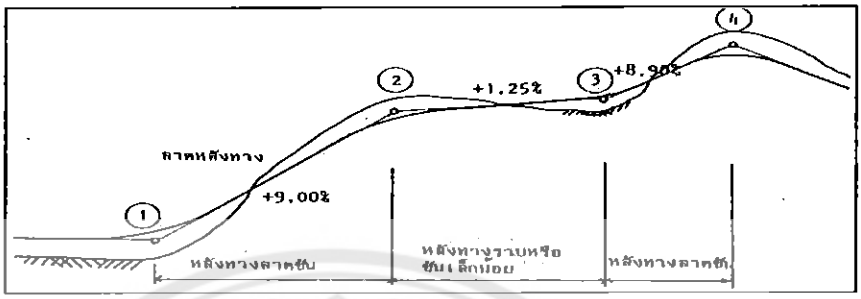
2.2.4 ให้พยายามหลีกเลี่ยงโปรไฟล์แบบลูกคลื่นซึ่งเกิดจากทางลาดชันสั้นๆ จำนวนมากแล้วเชื่อมด้วยโครง แนวทางลักษณะนี้นอกจากจะไม่สวยงามแล้วยังไม่เป็นการปลอดภัยอีกด้วย (ดูรูปที่2.5) สภาวะอย่างนี้ควรจะแก้ไขโดยใช้โค้งตั้งที่ความยาวโค้งยาวๆแทนที่

2.2.5 ควรพยายามหลีเลี่ยงการใช้โค้งตั้งหงายที่สั้นมากๆเชื่อมระหว่างลาดที่ยาวมากๆ เพราะนอกจากจะทำให้ผู้ใช้ถนนไม่สะดวกสบายแล้วยังอันตรายในระหว่างการแซงของรถด้วย

2.2.6 หลีกเลี่ยงการออกแบบที่ไม่สอดคล้องกับภูมิประเทศ เช่น ในโค้งตั้งคว่ำในช่วงดินถมหรือใช้โค้งตั้งหงายในช่วงดินตัด ใช้โค้งหลังหัก (Broken-back bertical curves)

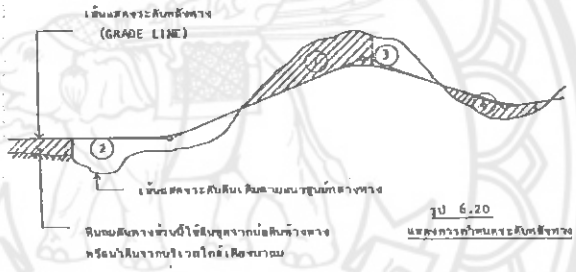
2.2.7 เมื่อมีทางแยกที่ระดับเดียวกัน (At-grade intersection) ในช่วงที่มีความลาดชันปานกลางหรือชันก็ควรจะลดความลาดชันลงในช่วงทางแยก ทางลาดจะช่วยให้เลี้ยวรถสะดวกยิ่งขึ้นและช่วยลดอุบัติเหตุ

2.2.8 จะต้องสอดคล้องกับแนวทางราบ



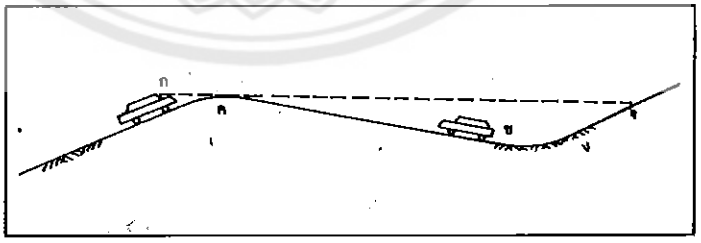
รูปที่ 2.3 การวางแนวทางให้มีช่วงหลังทางลาดชันน้อยลงระหว่างหลังทางลาดชัน

(จิระพันธ์ นนทะกา 2553)



รูปที่ 2.4 แสดงการกำหนดระดับหลังท

(จิระพันธ์ นนทะกา 2553)



รูปที่ 2.5 รถคัน ก. มองไม่เห็นรถคัน ข. ซึ่งอยู่ในส่วนต่ำของโปรไฟล์กำลังวิ่งสวนมา รถคัน ก. อาจจะแซงรถคันอื่นโดยที่คิดว่าถนนในช่วง ค. ง. จ. ไม่มีสวนมา

(จิระพันธ์ นนทะกา 2553)

2.3 ข้อพิจารณาเพิ่มเติมบางประการเกี่ยวกับการวางแนวทางตั้ง

ในหัวข้อนี้จะได้พูดถึงรายละเอียดที่จำเป็นบางประการในการวางแนวทางตั้งอันได้แก่ ความลาดชันสูงสุด ความยาววิกฤตของหลังทางหรือเกรด และหาความยาวโค้งตั้งให้สอดคล้องกับระยะมองเห็น

2.3.1 ความลาดชันสูงสุด (Maximum gradient) ความลาดชันสูงสุดสำหรับทางหลวงประเภทต่างๆ ความลาดชันอาจชันกว่าที่กำหนดไว้ให้ก็ได้โดยเฉพาะในกรณีที่การลดความลาดชันจะทำให้ก่อสร้างยากและแพงมาก การเพิ่มความลาดชันให้ชันขึ้นบนถนนช่วงใดช่วงนั้น

ก. ไม่ควรยาวเกิน 1,000 เมตร

ข. เป็นแนวตรงหรืออยู่ในโค้งที่รัศมีไม่น้อยกว่า 300 เมตร

อย่างไรก็ตาม ถ้าถนนมีรถบรรทุกหนักอยู่ด้วย ก็ไม่ควรใช้ความลาดชันเกิน 6% ในทางตรงข้ามถนนในช่วงดินตัดก็ไม่ควรใช้ความลาดชัน 0% ซึ่งในกรณีนี้ควรให้ระดับหลังทางมีความลาดชันโดยทั่วไปอย่างน้อย 0.5% ทั้งนี้เพื่อช่วยในการระบายน้ำ

2.3.2 ความยาววิกฤตของหลังทาง Critical length of grade) คำว่าความยาววิกฤตของหลังทางหมายถึงความยาวสูงสุดของทางที่มีความลาดชันอันหนึ่งซึ่งรถบรรทุกสามารถวิ่งได้โดยความเร็วไม่ลดลงมาก สำหรับหลังทางที่มีความลาดชันอันหนึ่งเมื่อความยาวหลังทางน้อยกว่าค่าวิกฤตจะทำให้ลักษณะการ

เพื่อหาค่าความยาววิกฤตสำหรับการออกแบบซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการไต่ลาดหลังทางของรถบรรทุกต้องการสมมติฐานเกี่ยวกับ

ก. ขนาดและกำลังของรถบรรทุกที่เป็นตัวแทนในการออกแบบ

ข. ความสามารถในการไต่ลาดหลังทางของรถ

ค. ความความเร็วเมื่อเริ่มเข้าสู่ลาดหลังทาง

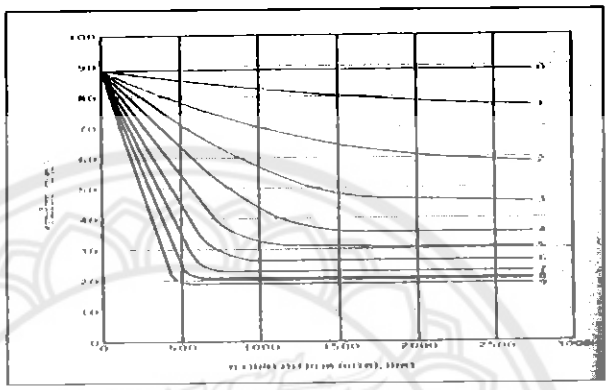
ง. ความเร็วน้อยที่สุดบนลาดหลังทาง ความเร็วช้ากว่านั้นจะมีการขัดแย้งหรือกีดขวางกับรถที่ตามมา

2.2.3 การกำหลดความยาวของโค้งตั้ง โค้งที่เชื่อมระหว่างลาดหรือเกรดที่มีความลาดชัน G_1% กับ G_2% ควรเป็นโค้งที่คำนวณและกำหนดระดับในสนามได้ง่าย ได้โค้งที่ปลอดภัยและสะดวกสบายในการขับขี่และภาพทางที่ดูดีและสามารถระบายน้ำออกจากบริเวณโค้งได้ดี

โค้งที่ง่ายในการทำงาน คือโค้งพาราโบลา แบบสมการ (Symmetry) แม้ว่างโค้งที่ไม่สมมาตร (Unsymetry) ก็สามารถใช้ได้ถ้าสถานที่บังคับ ความสะดวกสบายขณะวิ่งในโค้งโดยเฉพาะโค้งตั้งหงาย สามารถควบคุมได้โดยออกแบบไม่ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงเกรดเกินค่าที่ยอมรับได้ (Tolerabla limits) ภาพของทางจะดูดีเมื่อใช้โค้งที่ยาว อย่างไรก็ตามพบว่าการออกแบบความยาวโค้งให้มองเห็นได้ไกล้พอ เช่น สามารถหยุดได้โดยปลอดภัย นอกจากเป็นการปลอดภัย

0.5% เพราะฉะนั้นโดยสรุปในขั้นนี้ถือว่า เกณฑ์หลักในการออกแบบความยาวโค้งตั้งคือระยะมองเห็นในโค้งและการระบายน้ำ

แล้วยังทำให้สะดวกสบายและภาพทางดูดีด้วย ส่วนเพื่อช่วยการระบายนำโดยเฉพาะในโค้งตังหงายที่มีขอบทางนั้นก็ควรใส่โค้งที่ยังทำให้ได้เกรดทางไม่ต่ำกว่า

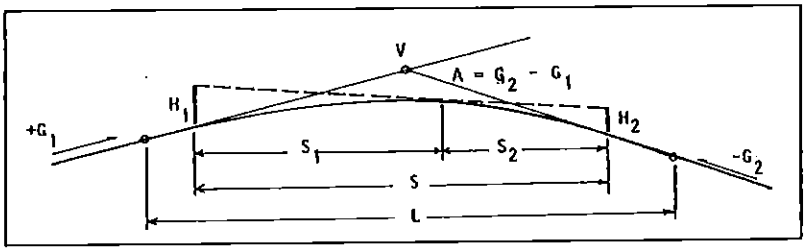


รูปที่ 2.6 ความเร็วระยะทางสำหรับรถบรรทุกหนักทั่วๆไป (180 กิโลกรัม/กิโลวัตต์) ความเร็วลดลงขณะวิ่งขึ้นทางลาดชัน ความเร็วเริ่มต้นเข้าทางลาดชันประมาณ 90 กม./ชม. (AASHTO (1995))

2.4 การกำหนดความยาวโค้งตั้งให้สอดคล้องกับระยะมองเห็น

2.4.1 โค้งตั้งคว่ำ ในการพิจารณาเกี่ยวกับระยะมองเห็นในโค้งตั้งเราจะกำหนดให้ระดับตาของคนขับอยู่สูงจากผิวจากผิวจารจรเท่ากับ H_1 ความสูงของวัตถุอื่น เช่นสิ่งกีดขวางทางวิ่งหรือความสูงของรถสวนเท่ากับ H_2 กรณีทั่วไป H_1 ไม่เท่ากับ H_2 และเส้นสายตาไม่ขนานกับคอร์ดที่เชื่อมสองปลายของโค้งระยะมองเห็น เท่ากับ S และความยาวของโค้งตั้งเท่ากับ L (รูปที่ 2.7) ในการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

2.4.1.1 เมื่อระยะมองเห็นสั้นกว่าความยาวโค้ง (S<L)



รูปที่ 2.7 ระยะมองเห็นบนโค้งตั้งเมื่อ S<L

(เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี)

ในรูปที่ 2.7 จากกฎของระยะ Offset จะได้ว่า $\frac{\frac{H_1}{AL}}{800} = \frac{S_1^2}{(\frac{L}{2})^2}$; A เป็นค่าบวกของ G_2-G_1

$S_1 = \sqrt{\frac{200LH_1}{A}}$ ในทำนองเดียวกัน $S_2 = \sqrt{\frac{200LH_2}{A}}$

ระยะมองเห็นทั้งหมด S = $S_1 + S_2 = \sqrt{\frac{200LH_1}{A}} + \sqrt{\frac{200LH_2}{A}}$

แก้สมการหาค่าความยาวโค้ง L จะได้ $L = \frac{AS^2}{200(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})^2}$

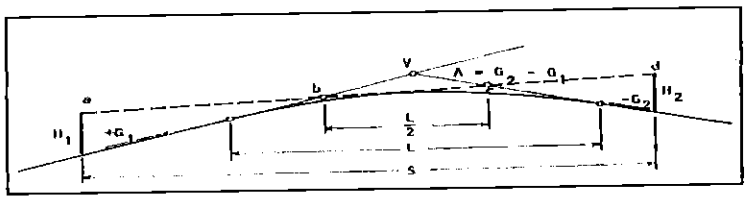
ก. เมื่อต้องการออกแบบให้สามารถหยุดได้โดยปลอดภัยหรือระยะมองเห็น S $\geq$ SSD. AASHTO แนะนำให้ใช่ค่าความสูงสายตาคนขับ H_1 เท่ากับ 1070 มม.และความสูงวัตถุ H_2 เท่ากับ 150 มม.

$$L \geq \frac{A(SSD)^2}{404}; \text{(SSD<L) และมีหน่วยเป็นเมตร} \qquad (2.3)$$

ข. เมื่อต้องการออกแบบแซงได้โดยปลอดภัยในโค้งระยะมองเห็น S$\geq$PSD AASHO แนะนำให้ใช่ค่าความสูงของรถสวน H_2 เท่ากับ 1300 มม.

$$L \geq \frac{A(SPD)^2}{946}; \text{(PSD<L) และมีหน่วยเป็นเมตร} \qquad (2.4)$$

2.4.1.2 เมื่อระยะมองเห็นยาวกว่าความยาวโค้ง (S<L)



รูปที่ 2.8 ระยะมองเห็นบนโค้งตั้งเมื่อ S<L

(เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี)

ในรูป 2.8 แสดงสภาวะเมื่อ S<L ในกรณีทั่วไป $H_1 \neq H_2$ และเส้นสายตา ad ไม่ขนานกับคอร์ดที่เชื่อมสองปลายของพาราโบลา

ในขั้นแรกจะต้องหาความลาดของเส้นสายตาซึ่งจะทำให้ระยะ ad น้อยสุด ถ้าให้ g เป็นผลต่างระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเอียงลาดของเส้นสายตากับลาด G_1 จะเท่ากับ A-g จากคุณสมบัติของพาราโบลา ถ้าเราลากเส้นสัมผัสพาราโบลาและให้อยู่เส้นสัมผัสหลัก Horizontal projection ของเส้นสัมผัสใหม่ส่วนที่อยู่ระหว่างเส้นสัมผัสหลักจะยาวเป็นครึ่งหนึ่งของ Horizontal projection จากคอร์ดยาวของพาราโบลาหรือ Horizontal projection ของ bc เท่ากับ $\frac{L}{2}$

$\therefore$ S = ผลบวกของ Horizontal projection ของระยะ ab,bc และ cd

$$S = \frac{100H_1}{g} + \frac{L}{2} + \frac{100H_2}{A-g} \qquad \text{(a)}$$

ระยะมองเห็นจะสั้นที่สุดเมื่อ $\frac{ds}{dg} = 0$ $\qquad \frac{ds}{dg} = -\frac{100H_1}{g^2} + \frac{100H_2}{(A-g)^2}$

$$g = \frac{AH_1H_2}{H_2 - H_1} \qquad \text{(b)}$$

แทนค่า g จากสมการ (b) ลงในสมการ (a) และแก้สมการหาค่า L จะได้

$$L = 2s - \frac{200(\sqrt{H_1}+\sqrt{H_2})^2}{A}$$

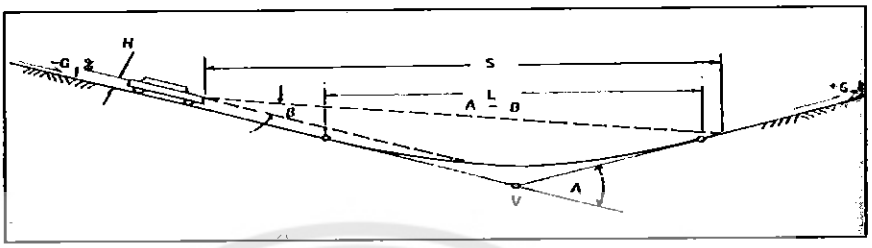
ในทำนองเดียวกันกับกรณีที่1 ถ้าต้องการออกแบบให้เพียงสามารถหยุดได้โดยปลอดภัย

$$L \geq 2(SSD) - \frac{400}{A} \qquad (2.5)$$

ถ้าต้องการออกแบบให้สามารถแซงได้โดยปลอดภัย

$$L \geq 2(SSD) - \frac{946}{A} \qquad (2.6)$$

2.4.2 โค้งตั้งหงาย ในโค้งชนิดนี้ระยะมองเห็นในตอนกลางวันไม่เป็นปัญหาแต่ประการใด แต่ในเวลากลางคืนระยะที่คนขับมองเห็นจะจำกัดอยู่เฉพาะช่วงที่แสงไฟหน้ารถส่องถึงผิวจราจร ในรูปที่2.9 รถกำลังวิ่งในช่วงโค้งเวลากลางคืน ไฟหน้ารถอยู่สูงจากผิวจารจรเท่ากับH ลำแสงกระจายออกไปทำให้มองเห็นถึงเส้น A-B ซึ่งทำมุม ß กับแนวที่ขนานตัวรถ ระยะมองเห็นเท่ากับ S



รูปที่ 2.9 ระยะมองเห็นในโค้งตั้งหงายในเวลา

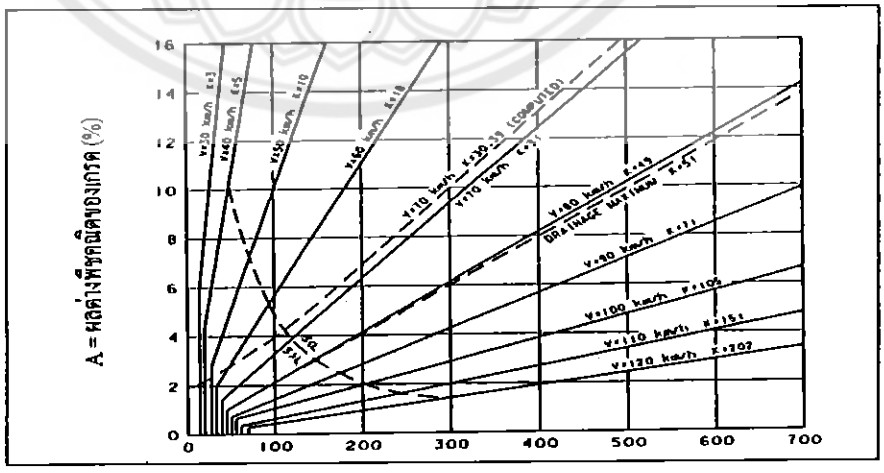
(เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี)

กรณีที่ **1** : เมื่อ S<L ; $L=\frac{AS^2}{200(H+S.\tan\beta)}$ (2.7)

กรณีที่ **2** : เมื่อ S<L ; $L=2S-\frac{200(H+S.\tan\beta)}{A}$ (2.8)

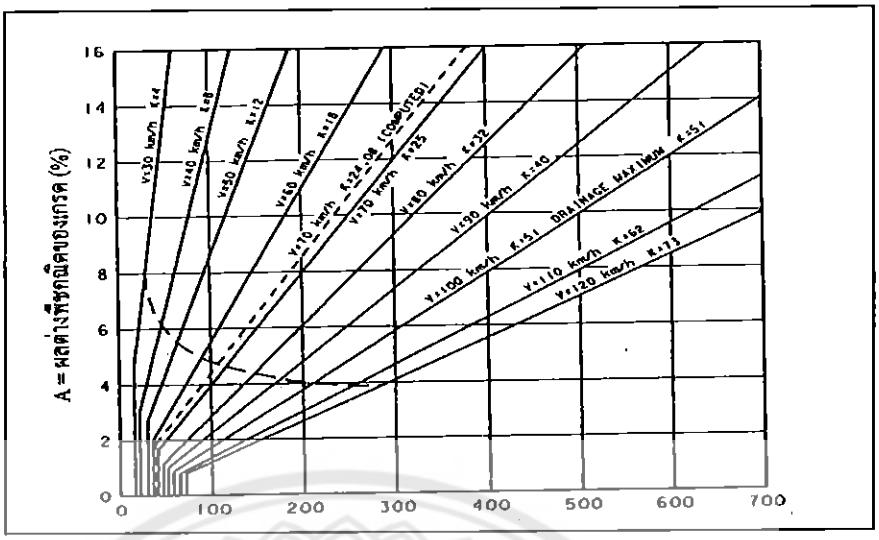
ในการออกแบบอาจใช้ค่า H=0.60 m., ß°= 1

หมายเหตุ : การหาความยาวโค้งให้สอดคล้องกับระยะมองเห็นในหัวข้อ **นอกจากจะใช้วิธี** คำนวณดังกล่าวมาแล้วก็อาจใช้กราฟรูป 2.10 และ 2.11 ช่วยได้



รูปที่ 2.10 เกณฑ์ออกแบบสำหรับโค้งตั้งคว่ำเพื่อให้สอดคล้องกับ Desirable SSD

(AASHTO (1995))



รูปที่ 2.11 เกณฑ์ออกแบบสำหรับโค้งตั้งหงายเพื่อให้สอดคล้องกับ Desirable SSD (AASHTO (1995))

การหาความยาวโค้งให้สอดคล้องกับระยะมองเห็นสามารถใช้กราฟรูปที่ 2.10 และ 2.11 แทนได้ จากสมการ (8.5) และ (8.9) สามารถเขียนได้ว่า L=K.A เมื่อ K = ความยาวของโค้งตั้งต่อการเปลี่ยนแปลงของเกรด A 1% สำหรับความเร็วออกแบบใดๆ จะมีค่า K ซึ่งเป็นตัวเลขบวก(และมักจะปรับเป็นตัวเลขเต็ม) เป็นค่าบ่งบอกว่าโค้งตั้งจะโค้งมากหรือน้อยเพียงใด ในรูปที่ 2.10 และ 2.11 จะปรากฏค่า K ซึ่งเป็นตัวเลขที่คำนวณได้จริงกับ K ที่ปรับเป็นตัวเลขเต็มบวก เช่นที่ความเร็ว 70 กิโลเมตร/ชั่วโมง โค้งตั้งคว่ำมีการเปลี่ยนแปลงของเกรด A 10% ความยาวโค้งสอดคล้องระยะหยุดปลอดภัย (SSD = 110.80 ม.) อย่างน้อยเท่ากับ 30.39 A หรือ 303.90 ม. ถ้าใช้ K เป็นตัวเลขเต็มบวก (31) จะได้ความยาวโค้ง 310 ม.

ข้อสังเกต : AASHTO เสนอแนะความยาวโค้งต่ำสุดไว้ที่ L = 0.6V เมื่อความยาวโค้งเป็นเมตร และ V เป็นความเร็วออกแบบเป็น กม./ชม.

2.5 การกำหนดความยาวโค้งให้สอดคล้องความต้องการระบายน้ำ

ในโค้งตั้งจะมีช่วงที่ระดับหลังทางค่อยข้างราบ ซึ่งอาจมีปัญหาในการระบายน้ำโดยเฉพาะถ้าเป็นทางที่มีขอบถนน อย่างไรก็ตามถ้าสามารถรักษาให้ ณ จุดห่างจากยอดโค้ง 15 เมตร มีความลาดชันอย่างน้อย 0.30% จะทำให้ระบายน้ำได้ไม่ยาก ซึ่งสอดคล้องกับ K=51 ดังนั้นในรูปที่ 2.10 และ รูป 2.11 จะมีเส้นประสำหรับหาค่าความยาวโค้งสูงสุดที่ค่า K ไม่เกิน 51

2.6 ระยะการมองไกลโดยปลอดภัยของโค้งหงาย (Sag vertical curve)

ระยะหยุดโดยปลอดภัย (stopping sight distance) ของโค้งหงายหรือโค้งก้นกระทะจะกำหนัดให้เท่ากับระยะมองไกลของแสงไฟหน้ารถ (head light sight distance) ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจได้ว่า พื้นผิวถนนจะต้องสว่างเห็นได้ชัดในการขับขี่เวลาค่ำคืน ในการกำหนดระยะมองไกลโดยแสงไฟหน้ารถมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

2.6.1 หลอดไฟจะต้องสูงจากผิดถนน 2ฟุต 6 นิ้ว

2.6.2 ลำแสงไฟประสิทธิผลจะต้องมีมุมเงย 1 ° จากความลาดชันถนน

2.6.3 ความสูงของวัตถุเป็นศูนย์

ความยาวของโค้งดิ่งที่จะให้ระยะมองไกลโดยไฟหน้าระจะมากกว่าสองเท่าของความยาวที่ต้องการสำหรับ การขับขี่ที่ราบเรียบ ก่อนที่จะปรับความยาวของโค้งหงายให้สอดคล้องกับความต้องการสำหรับรถความเร็วสูง จะต้องจำไว้ว่าแสงไฟหน้ารถอาจจะไม่เพียงพอแบ่งแยกวัตถุที่ไกลออกไปถึง 1000 ฟุต (ทั้งนี้มิได้หมายถึงรถที่ติด spotlight ซึ่งเป็นการผิดความมุ่งหมายของระยะมองไกลโดยแสงไฟหน้ารถ) หากโค้งหงายใช้ประกอบกับกับโค้งราบแสงไฟหน้ารถจะเป็นเส้นสัมผัสโค้งและส่องออกไปนอกถนน ในกรณีนี้หากเพิ่มความยาวของโค้งหงายเพื่อให้เพียงบรรลุความประสงค์ได้ ความยาวของโค้งหงายที่จะให้ระยะมองไกลโดยแสงไฟหน้ารถและความยาวของโค้งคว่ำเพิ่งหยุดที่ปลอดภัยแสดงไว้ในรูปที่ 2.12

โดยที่ K = ความยาวที่ต้องการสำหรับการเปลี่ยนแปลงความลาดเอียง 1 เปอร์เซ็นต์, เมตร

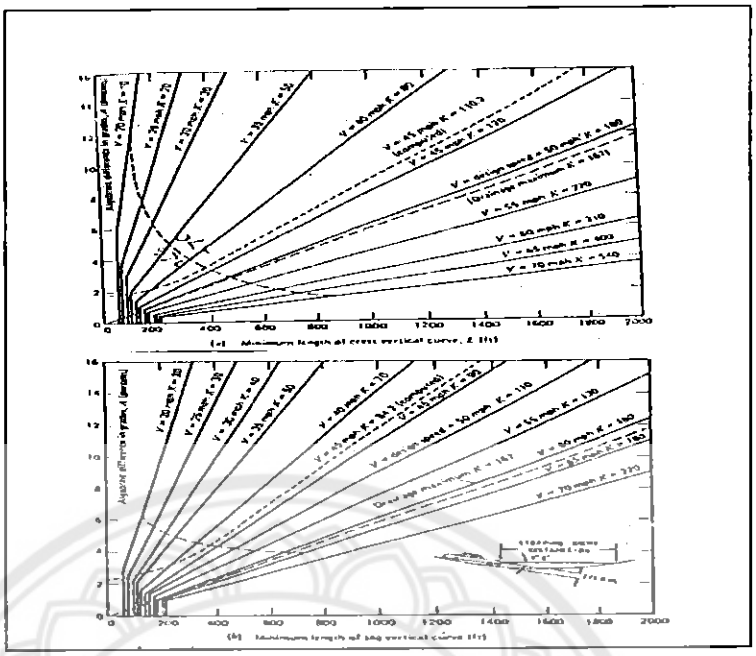
L = ความยาวโค้งดิ่ง, เมตร

A = ความแตกต่างทางพีชคณิตของความลาด; เปอร์เซ็นต์

กรมทางหลวงได้กำหนดมาตรฐานของค่า K ไว้แสดงในตารางที่ 2.1 และรูป ที่ 2.13 แสดงกราฟหาความยาวโค้งหงายตามมาตรฐาน ของ NAASRA

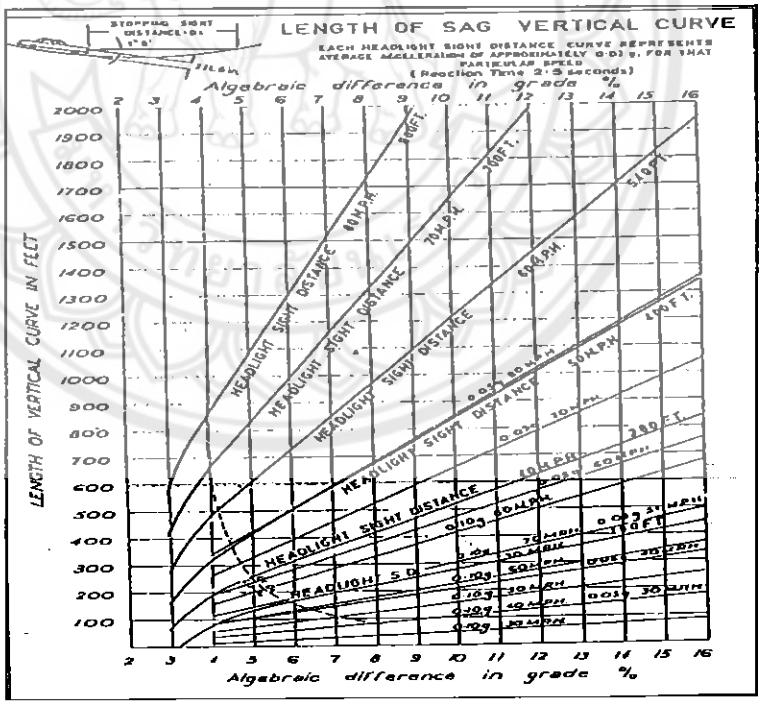
ตารางที่ 2.1 ค่า K สำหรับมาตรฐานของกรมทางหลวง

ภูมิประเทศ	ความเร็วออกแบบ (กม./ ชม.)	K	
		โค้งคว่ำ	โค้งหงาย
ทางราบ	80	32	26
ทางเนิน	60	12	14
ทางภูเขา	40	5	8



รูปที่ 2.12 Design controls for vertical curves.

(AASHTO (1995))



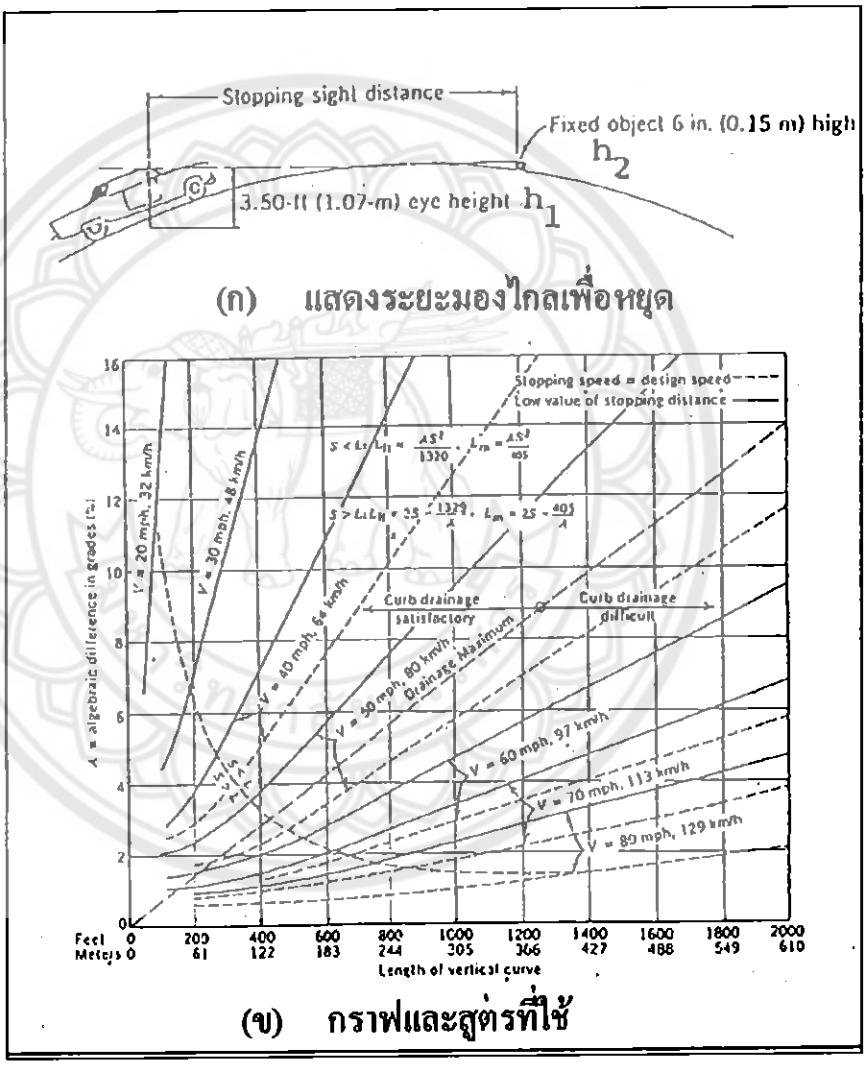
รูปที่ 2.13 ความยาวของโค้งหงายตามมาตรฐานของ NAASRA

(AASHTO (1995))

2.7 ระยะมองไกลของโค้งคว่ำ (Sight distance over crest)

ระยะมองไกลของโค้งคว่ำแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ

2.7.1 ระยะมองไกลเพื่อหยุด คือ ระยะไกลสุดซึ่งผู้ขับขี่ที่มีแนวสายตาสูง 3.50 ฟุต (1.07ม.) จากผิวถนน สามารถมองเห็นส่วนบนสุดของวัตถุบนถนนสูง 6นิ้ว (0.15ม.)ได้(มาตรฐานของ AASHTO สำหรับมาตรฐาน ของ NAASRA ให้ระดับสายตาสูง 3 ฟุต 9 นิ้ว และวัตถุบนถนนสูง 9 นิ้ว) รูปที่ 2.14 แสดงวิธีวัดระยะมองไกลเพื่อหยุด และกราฟที่ใช้คำนวณ (อาจใช้รูป 2.12 a ได้)



รูปที่ 2.14 ความยาวน้อยสุดของโค้งดิ่งคว่ำที่ให้ระยะมองไกลเพื่อหยุดที่ปลอดภัย (ณรงค์ กุหลาบ , 2543)

ระยะมองไกลเพื่อหยุดของโค้ง มี 2 กรณี คือ

ก. ระยะมองไกลเพื่อหยุดโดยปลอดภัยสั้นกว่าความยาวโค้ง (S < L)

สูตรที่ใช้ : $L = \dfrac{AS^2}{200\left(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}\right)^2}$

*ถ้า A เป็น $\dfrac{G_2}{100}-\dfrac{G_1}{100}$ สูตร $\dfrac{AS^2}{2\left(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}\right)^2}$

จากรูป 2.14 h_1 = 1.07 ม. , h_2 = 0.15 ม. แทนใน (2.10) จะได้

$$L = \frac{AS^2}{200\left(\sqrt{1.07}+\sqrt{0.15}\right)^2}$$

$$= \frac{AS^2}{405} \text{ เมตร} \qquad (2.11)$$

และถ้า h_1 = 3.50 ฟุต , h_2 = 0.5 ฟุต จะได้

$$L = \frac{AS^2}{1329} \text{ ฟุต} \qquad (2.12)$$

ข. ระยะมองไกลเพื่อหยุดโดยปลอดภัยยาวกว่าความยาวโค้ง (S > L)

สูตรที่ใช้ : $L = 2S - 200\dfrac{\left(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}\right)^2}{A}$ (2.13)

ถ้า h_1 = 3.50 ฟุต , h_2 = 0.50 ฟุต จะได้

$$L = 2S - \frac{1329}{A} \text{ ฟุต} \qquad (2.14)$$

และถ้า h_1 = 1.07 ม. , h_2 = 0.15 ม. จะได้

$$L = 2S - \frac{405}{A} \qquad (2.15)$$

การเลือกใช้สมการ S<L หรือ S>L

เนื่องจากโค้งดิ่งที่ใช่คำนวณเป็นเส้นโค้งสมมาตร ฉะนั้น

M.O. = e = $\frac{AL}{800}$ หรือ $\frac{(G2+G1)L}{800}$

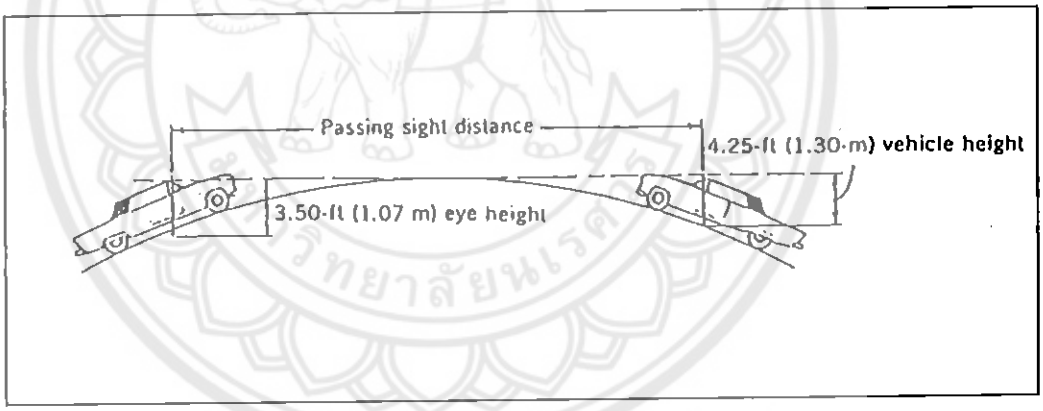
ฉะนั้น ถ้ารู้ค่า L คำนวณ e จาก $\frac{AL}{800}$

ถ้ารู้ค่า S คำนวณ e จาก $\frac{AL}{800}$

ฉะนั้น ถ้าได้ e > h_1 ให้ใช้สมการ S < L

e < h_1 ให้ใช้สมการ S > L

2.7.2 ระยะมองไกลเพื่อการแซง ทางขึ้นเนินบางครั้งก็ต้องออกแบบให้มีการแซงได้บ้าง ระยะมองไกลเพื่อการแซงคือระนะไกลสุด ซึ่งผู้ขับขี่ที่มีแนวสายตาสูง 3.50 ฟุต (1.07ม.)จากผิวถนนสามารถมองเห็นส่วนบนสุดของยวดยานที่สวนมาข้างหน้า ซึ่งมีส่วนสูง4.25 ฟุต (1.30 ม.) จากผิวถนน (มาตรฐาน AASHTO) รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของการมองไกลเพื่อการแซง



รูปที่ 2.15 ระยะมองไกลเพื่อการแซง

(ณรงค์ กุหลาบ , Ph.D)

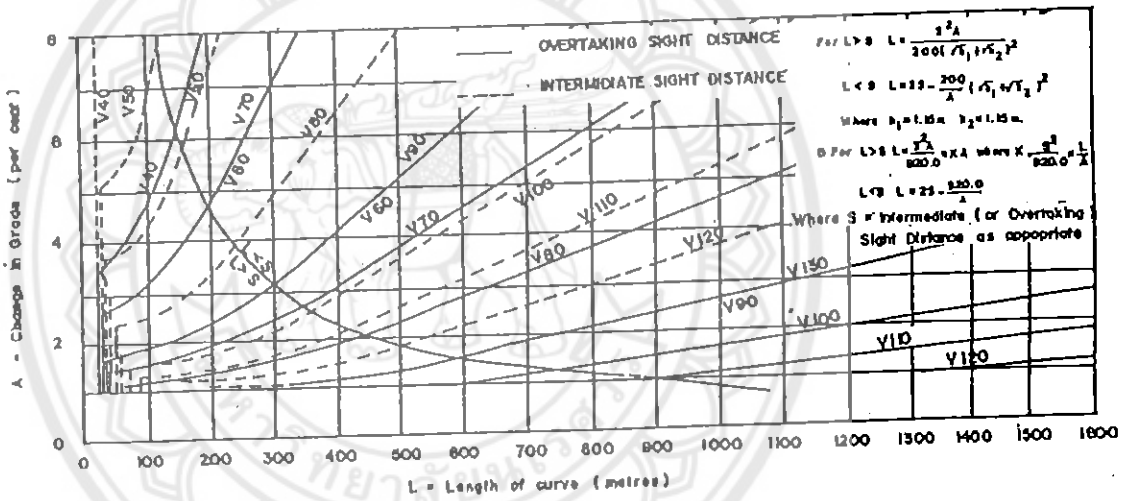
สำหรับระยะ h_1, h_2 นี้บางมาตรฐานก็ใช้ 1.15 เมตร เท่ากัน มาตรฐานของ NAASRA ก็ใช้ 3 ฟุต 9 นิ้ว เท่ากัน

สูตรความยาวโค้งเพื่อการแซงที่ปลอดภัยก็มี 2 กรณีเช่นกัน คือ

กรณี S<L : $$L = \frac{AS^2}{200\left(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}\right)^2} \quad (2.16)$$

กรณี S>L : $$L = 2S - \frac{200}{A}\left(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}\right)^2 \quad (2.17)$$

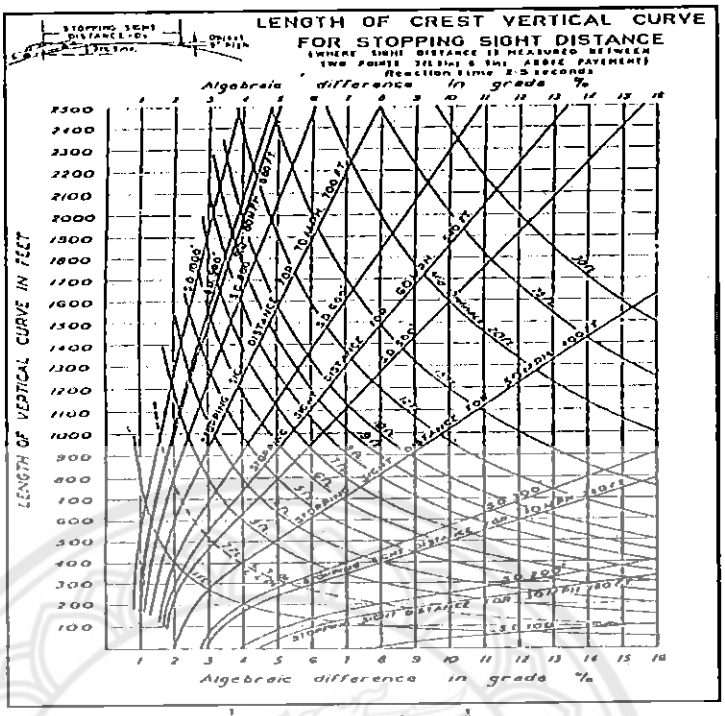
กราฟรูปที่ 2.16 แสดงสัมพันธ์ของการแซงที่ปลอดภัยบนทางโค้งดิ่งคว่ำ และกราฟรูปที่ 2.17, 2.18 แสดงความยาวโค้งสำหรับระยะมองไกลเพื่อหยุด และแซงที่ปลอดภัยตามมาตรฐานของ NAASRA



รูปที่ 2.16 ระยะแซงโดยปลอดภัยในทางโค้งขึ้นเนินเมื่อ $h_1 = h_2 = 1.15$ เมตร

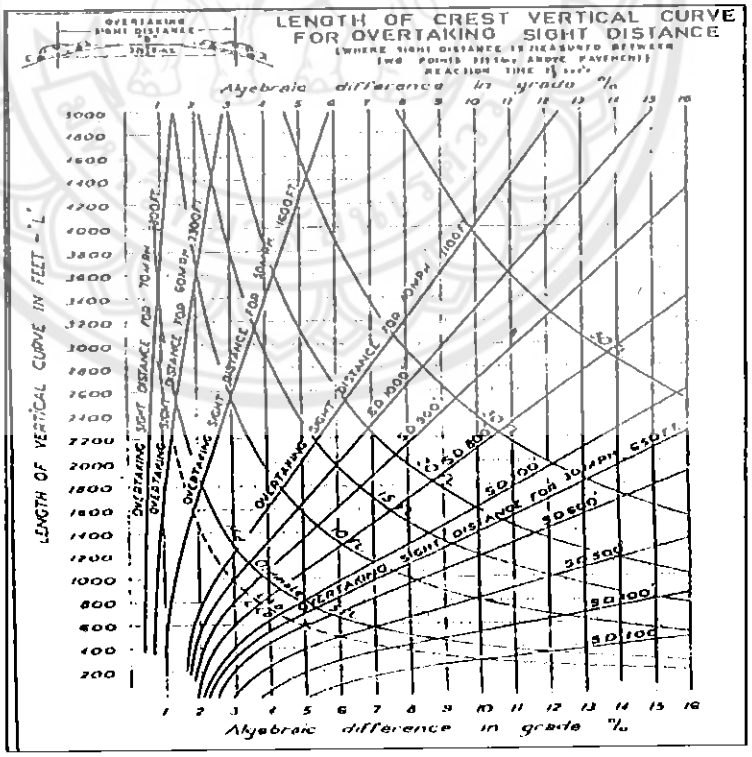
(AASHTO (1995))

2.7.3 Intermediate sight distance ระยะ Intermediate sight distance มีไว้เพื่อให้ความมั่นใจว่ามีระยะทาง 2เท่า ของระยะหยุดเพื่อปลอดภัยไว้ให้แก่ผู้ขับขี่ เป็นระยะทางระหว่างจุดสองจุดซึ่งมีความสูง 3 ฟุต 9 นิ้วเท่ากันเหนือผิวถนน ระยะทางสองเท่าของระยะหยุดปลอดภัยนี้ต้องการสำหรับรถสองคันวิ่งสวนกันด้วยความเร็วออกแบบและหยุดได้พอดีเมื่อหน้ารถจรดกัน



รูปที่ 2.17 ระยะมองไกลเพื่อหยุด

(AASHTO (1995))



รูปที่ 2.18 ระยะมองไกลเพื่อการแซง

(AASHTO (1995))

ระยะ Intermediate sight distance จะให้โอกาสการแซงที่สมเหตุสมผล สำหรับทางโค้งคว่ำเพื่อจะทำให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นวัตถุสูง3 ฟุต 9 นิ้วได้ในระยะสองเท่าของระยะหยุดที่ปลอดภัย (2 Ds) และสำหรับวัตถุสูง 9 นิ้ว ก็จะเห็นได้ในระยะ 1.4 เท่าของระยะ หยุดที่ปลอดภัย (1.4 Ds) กรมทางหลวงของรัฐนิวเซ้าท์เวลส์และรัฐวิคตอเรียในประเทศออสเตรเลียได ทำการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการแซงรถในสถานที่ซึ่งมีระยะมองไกลที่มีให้ต่ำกว่าระยะมองไกลเพื่อการแซง และถ้ามีระยะมองไกลปานกลางหรือ Intermediate sight distance ให้แล้ว การแซงก็จะเป็นไปอย่างปลอดภัยขึ้น ตารางที่ 2.2 แสดงค่าระยะมองไกลของทั้ง 3ประเภทที่ความเร็วและความสูงของระดับตาและวัตถุต่างๆ กัน (มาตรฐาน NAASRA) ค่าความยาวของโค้งคว่ำสำหรับหยุดและแซงที่ปลอดภัยในที่แสดงในตารางดังเกลาวอาจจะอ่านได้จากกราฟ รูป ที่ 2.17 และ 2.18 เช่นกัน

ตารางที่2.2 Summary of Sight Distances on Bituminous or Concrete Pavements

Design speed Mph	Stopping Sight Distance Ds feet	Intermediate Sight Distance-feet		Overtaking Sight Distance Feet
		2Ds	1.4Ds	
20	100	200	140	350
30	180	360	250	650
40	280	560	390	1100
50	400	800	560	1600
60	540	1080	760	2300
70	700	1400	980	3300
80	880	1760	1230	
Height of eye	3 ft 9 in	3 ft 9 in	3 ft 9 in	3 ft 9 in

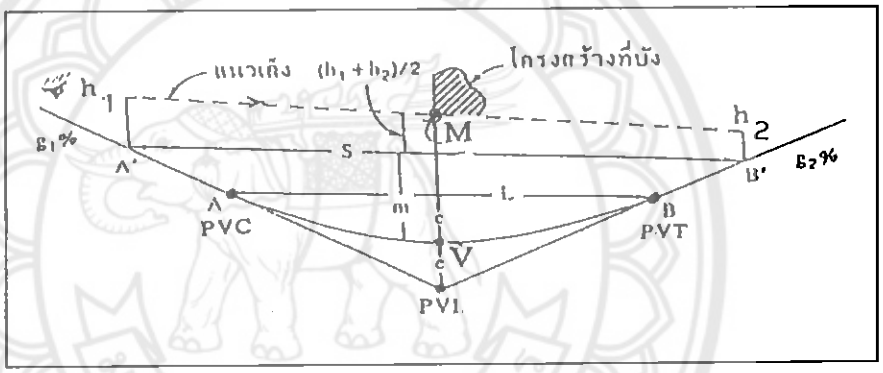
Height of object	9 in	3 ft 9 in	9 in	3 ft 9 in

2.8 ระยะมองไกลเมื่อมองลอดใต้โครงสร้าง

ในบางครั้งแนวโค้งทางดิ่งทางหงายต้องลอดผ่านใต้โครงสร้างขวางหน้า เช่น กรณีลอดใต้สะพาน (underpass) หรือลอดอุโมงค์ การกำหนดระยะหรือจุดบดบังสายตาหากออกแบบไม่ดีอาจทำให้ผู้ขับขี่ไม่สามารถมองเห็นระยะมองไกลที่ปลอดภัยของโค้งดิ่งหงายได้ ระยะมองไกลเมื่อมองลอดใต้โครงสร้างก็จะแบ่งเป็น 2 กรณี เช่นกันคือ

2.8.1 ระยะมองไกลยาวกว่าความยาวโค้ง (S>L)

แสดงลักษณะการมองลอดโครงสร้างบังสายตา กรณี S>L



รูปที่ 2.19 ระยะมองไกลมากกว่าความยาวโค้ง

(เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี)

จากรูปที่ 2.19 กำหนดให้

S = ระยะมองไกล

L = ความยาวของโค้งในแนวดิ่ง

e = ระยะจากโครงสร้างถึงผิวจราจร

= ระยะบดบังสายตา

h_1 = ความสูงของแนวสายตาของผู้ขับรถ

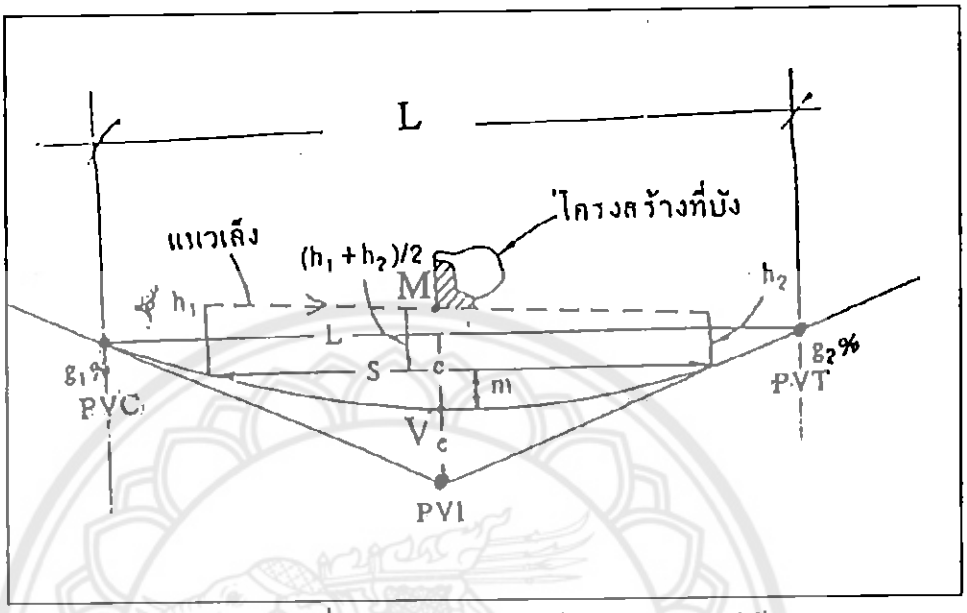
h_2 = ความสูงของแนวสายตาของวัตถุ

A = $g_2 - g_1 /100$

สูตรที่ใช้ : $L = 2S - \frac{8\left(C - \frac{\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}}{2}\right)}{A}$

2.8.2 ระยะมองไกลน้อยกว่าความยาวโค้ง (S<L)

แสดงลักษณะ การมองลอดโครงสร้างบังสายตากรณี S<L



รูปที่ 2.20 ระยะมองไกลน้อยกว่าความยาวโค้ง

(เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี)

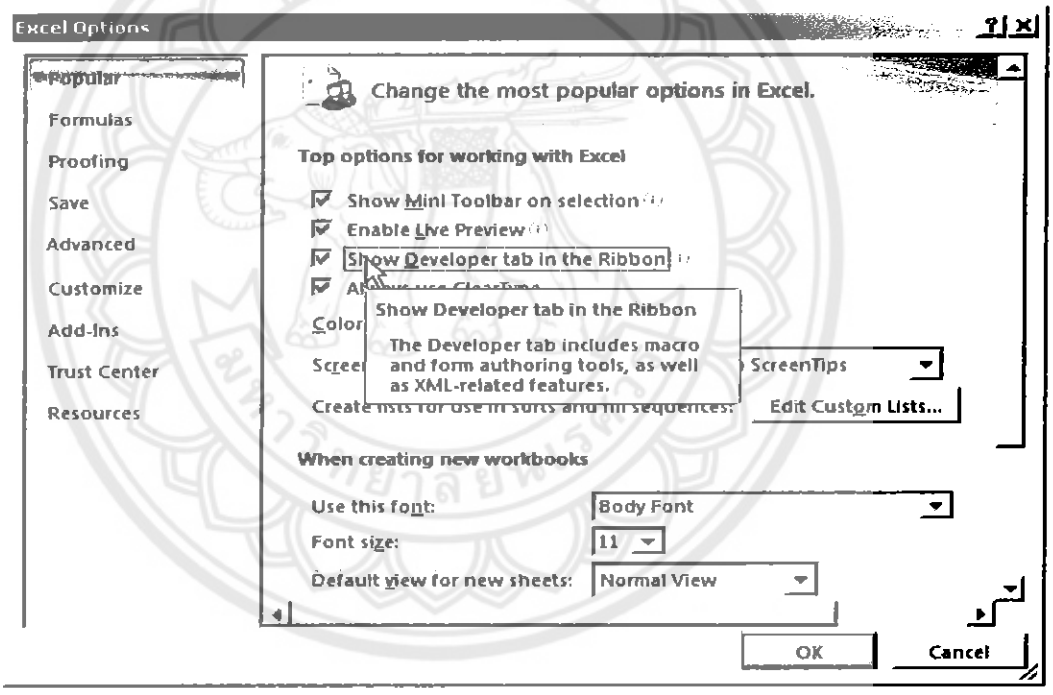
สูตรที่ใช้ : $L = \dfrac{S^2 A}{8\left(C - \dfrac{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}}{2}\right)}$

2.9 การเรียกใช้งาน VBA ใน Excel

ในการจัดการแผนงานใน Excel บางครั้งผู้ออกแบบแผนงานไม่ต้องการให้ผู้ใช้เลื่อนแถบเซลล์ไปได้ทุกเซลล์แต่ต้องให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลเพียงอย่างเดียว สำหรับในบางเซลล์ที่เป็นเซลล์สำคัญ ผู้ใช้สามารถเลื่อนแถบเข้าไปได้ การควบคุมแถบเลื่อนเซลล์ให้เลื่อนไปได้เฉพาะในช่องเซลล์ที่ไม่ป้องกันลักษณะนี้ จะช่วยให้แผนงานมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้นและผู้ใช้ก็สามารถใช้แผ่นงานนี้ได้สะดวก เราสามรถตั้งค่าคุณสมบัติของแผ่นงานนี้ได้โดยใช้

เริ่มต้น Microsoft Visual Basic

1. เริ่มต้นโปรแกรม Microsoft Excel
2. คลิกที่ปุ่ม Office และคลิกตัวเลือกของ Excel
3. ในกล่องโต้ตอบให้คลิกที่แท็บนักพัฒนาแสดงในริบบิ้นกล่องกาเครื่องหมาย :

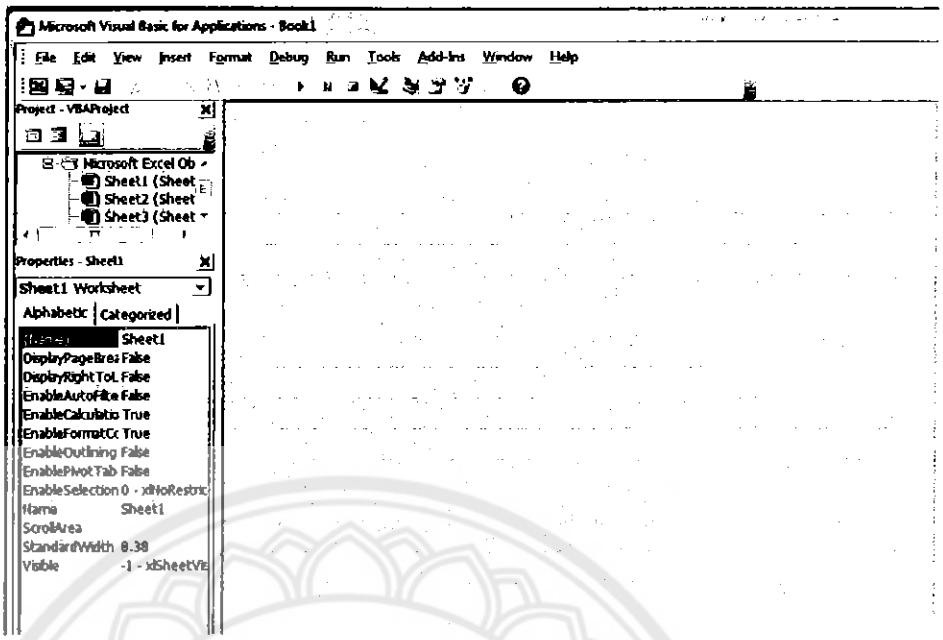


รูปที่ 2.21 การตั้งค่าเรียกใช้ Developer

4. คลิกที่ OK

5.ในส่วนของรหัสของแท็บนักพัฒนาของ Ribbon เพื่อเปิด Microsoft Visual Basic คลิก Visual Basic

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 2.22 หน้าต่างของการเรียกใช้ VBA

อินเตอร์เฟซ Microsoft Visual Basic

การแนะนำ

เมื่อเปิดโปรแกรมใด ๆ เช่นใน Windows ปกติ, Microsoft Visual Basic จะแสดงแถบชื่อเรื่องในส่วนด้านบน ภายใต้แถบชื่อเรื่องของโปรแกรมจะแสดงเมนูตามด้วยแถบเครื่องมือมาตรฐาน เพื่อช่วยให้คุณกับการพัฒนาของคุณ Microsoft Visual Basic สามารถแสดงหน้าต่างต่างๆ

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณโค้งดิ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาโปรแกรม VBA ในการพัฒนาโปรแกรม Microsoft Excel ให้ได้โปรแกรมที่สามารถช่วยคำนวณออกแบบโค้งดิ่ง ได้สะดวกรวดเร็วขึ้น โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษารูปแบบการทำโครงงานและรูปเล่มโครงงานเพื่อที่จะวางแผนการทำงาน

1. ทำการศึกษาค้นคว้าวิธีการทำโครงงาน
2. ทำการวางแผนและกำหนดเวลาในการทำโครงงาน
3. ขอคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษาเกี่ยวกับการทำโครงงานและค้าคว้าเพิ่มเติมข้อมูลในการทำรูปเล่มและทำการดำเนินการการทำโครงงาน

3.2 ศึกษาเนื้อหา หลักการและทฤษฎีของการออกแบบคำนวณโค้งดิ่ง

1. ทำการศึกษาทฤษฎีโค้งคว่ำและโค้งหงายและทฤษฎีโค้งสมมาตร
2. ทำการศึกษาเกี่ยวกับข้อพิจารณาทั่วๆไปเกี่ยวกับการวางแนวทางตั้ง การกำหนดความยาวโค้งตั้งให้สอดคล้องกับระยะมองเห็น การกำหนดความยาวโค้งให้สอดคล้องความต้องการระบายน้ำ ระยะการมองไกลโดยปลอดภัยของโค้งหงาย ระยะมองไกลของโค้งคว่ำ และระยะมองไกลเมื่อมองลอดใต้โครงสร้าง
3. ทำการศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจในสมการที่ใช้คำนวณในการออกแบบโค้งถนน
4. ทำการศึกษาตัวแปรและลักษณะโค้งของการออกแบบโค้งถนน

3.3 ศึกษาหลักการและทฤษฎี ของการให้โปรแกรม VBA on Microsoft Excel

1. ทำการศึกษาการเรียกใช้โปรแกรม VBA on Microsoft Excel
2. ทำการศึกษาการออกแบบ Form บน VBA on Excel
3. ทำการศึกษาการนำเข้าของข้อมูลที่จะใช้ในการกรอกบน Form ของโปรแกรม

3.4 ทำการออกแบบหน้ากากโปรแกรม เขียนโปรแกรม ทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม และทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

1. ทำการศึกษาการออกแบบรูปแบบ Form ที่จะใช้ป้อนข้อมูลและแสดงผล
2. ทำการศึกษา code ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม
3. ทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมโดยการ run หลังจากการเขียน code
4. ทำการทำสอบความถูกต้องของผลการแสดงผลลัพท์จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม
5. ทำการบันทึกโปรแกรมที่สมบูรณ์เพื่อพร้อมในการใช้งาน

3.5 จัดทำรายงาน

1. ทำการรวบรวมผลการทำงาน
2. วิเคราะห์ผลจากการเขียนโปรแกรม
3. สรุปผลของโครงงาน
4. จัดทำรูปเล่มโครงงาน

บทที่ 4
ผลการศึกษา

จากการศึกษาโปรแกรม Visual Basic For Application จึงสามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์โค้งสมมาตร ของการออกแบบโค้งดิ่ง บนท้องถนนได้ ซึ่งสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบถนนได้

4.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

4.1.1 เริ่มเข้าสู่โปรแกรม

4.1.2 กรอกชื่อโครงการ ชื่อผู้ที่ทำการออกแบบ และวันที่ทำการออกแบบ

4.1.3 ทำการกรอกข้อมูล จากนั้นระบบจะรับข้อมูล หากกรอกข้อมูลไม่ครบระบบจะไม่ทำการประมวลผล

4.1.4 เมื่อกรอกข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณครบแล้ว ระบบจะทำการประมวลผล และแสดงผลออกมา

4.1.5 จากผลการออกแบบสามารถบันทึกข้อมูล สิ่งพิมพ์เอกสารได้

4.1.6 เมื่อต้องการย้อนกลับระบบจะส่งไปยังหน้ากรอกชื่อโครงการใหม่

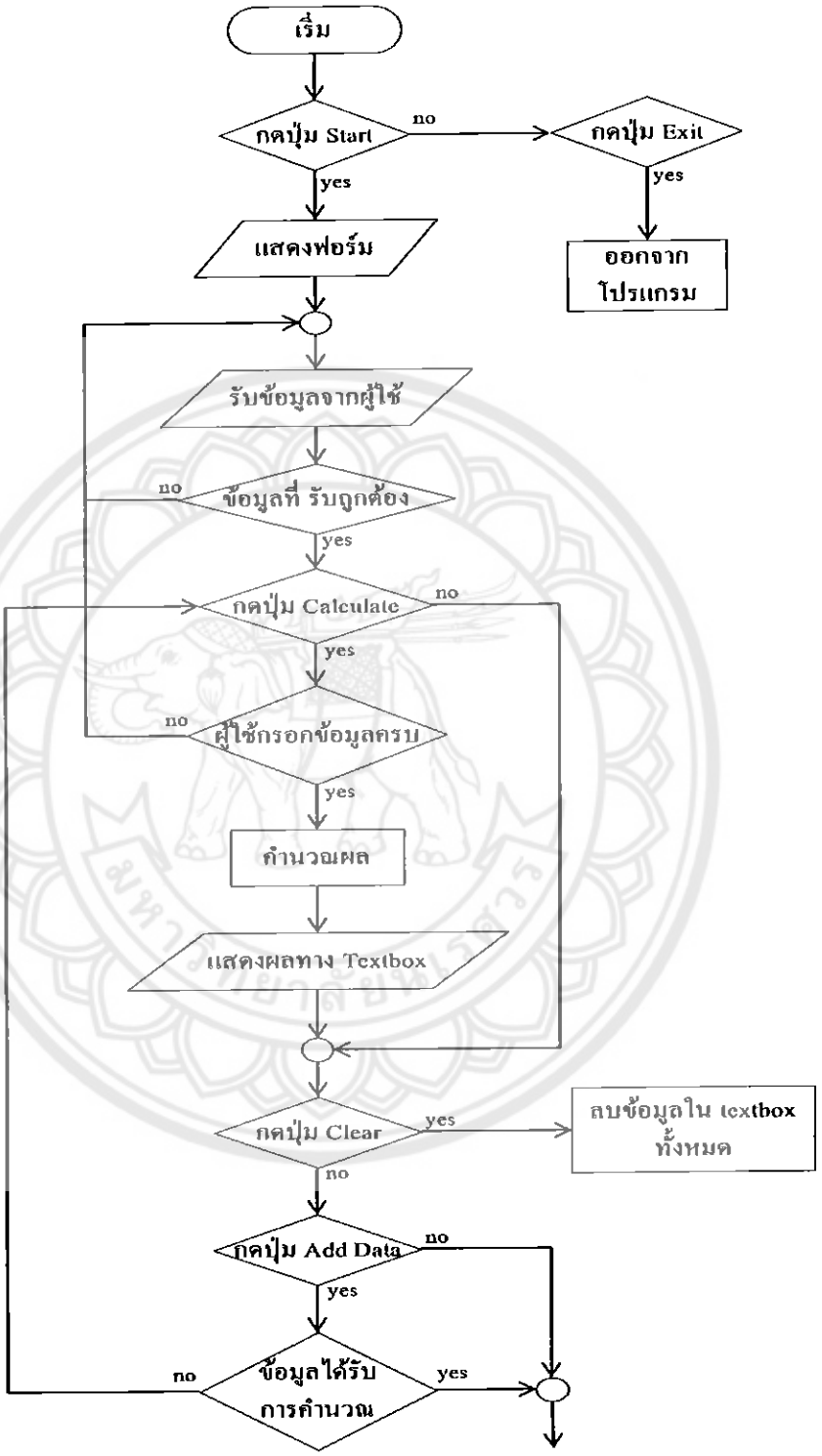
4.1.7 หากทำการออกแบบเสร็จสามารถออกจากโปรแกรมได้เลย

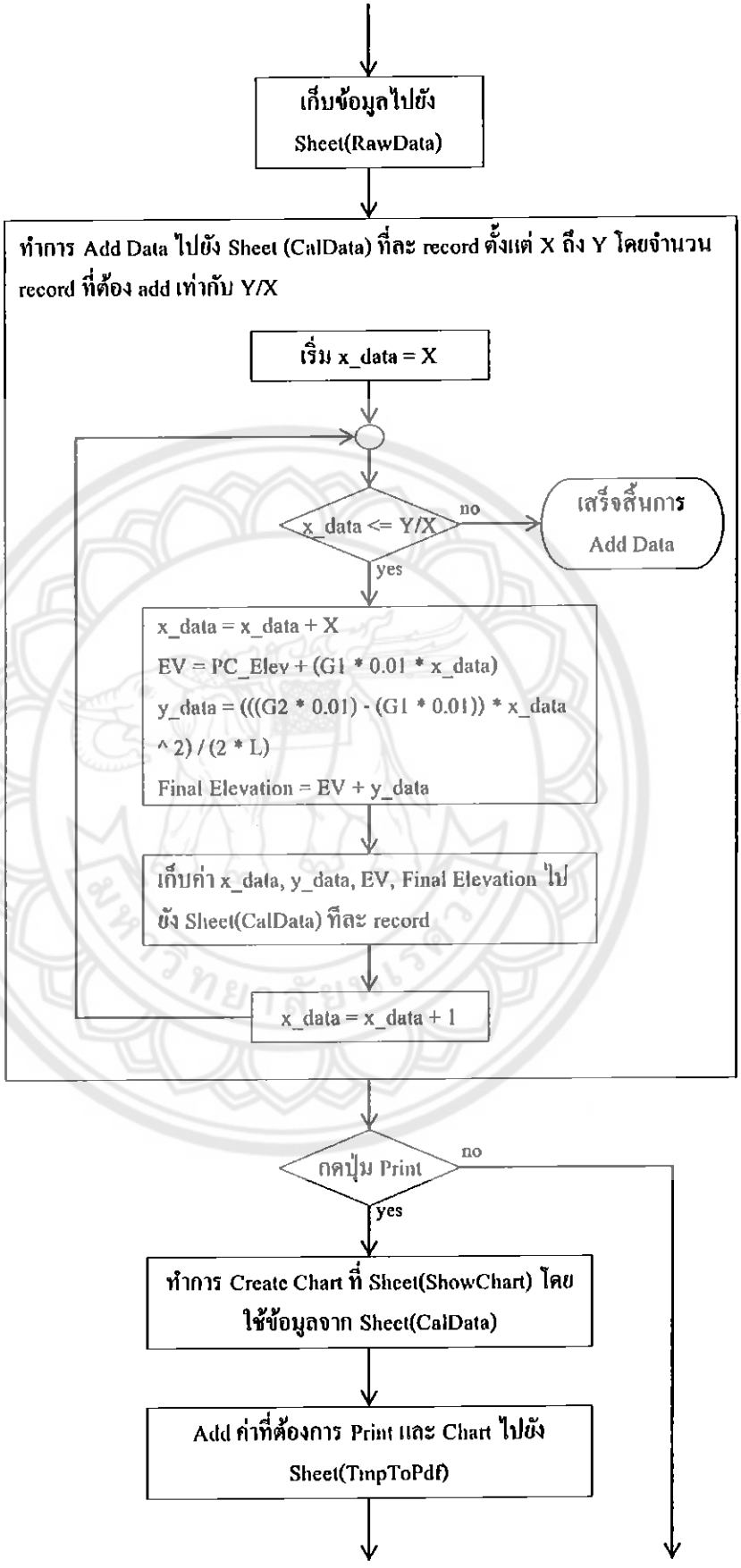
การรับค่าเพื่อวิเคราะห์โค้งทางดิ่งโดยการคำนวณ โดยค่าต่างๆที่ได้ทำการรับข้อมูล Input เข้าไปมีดังนี้

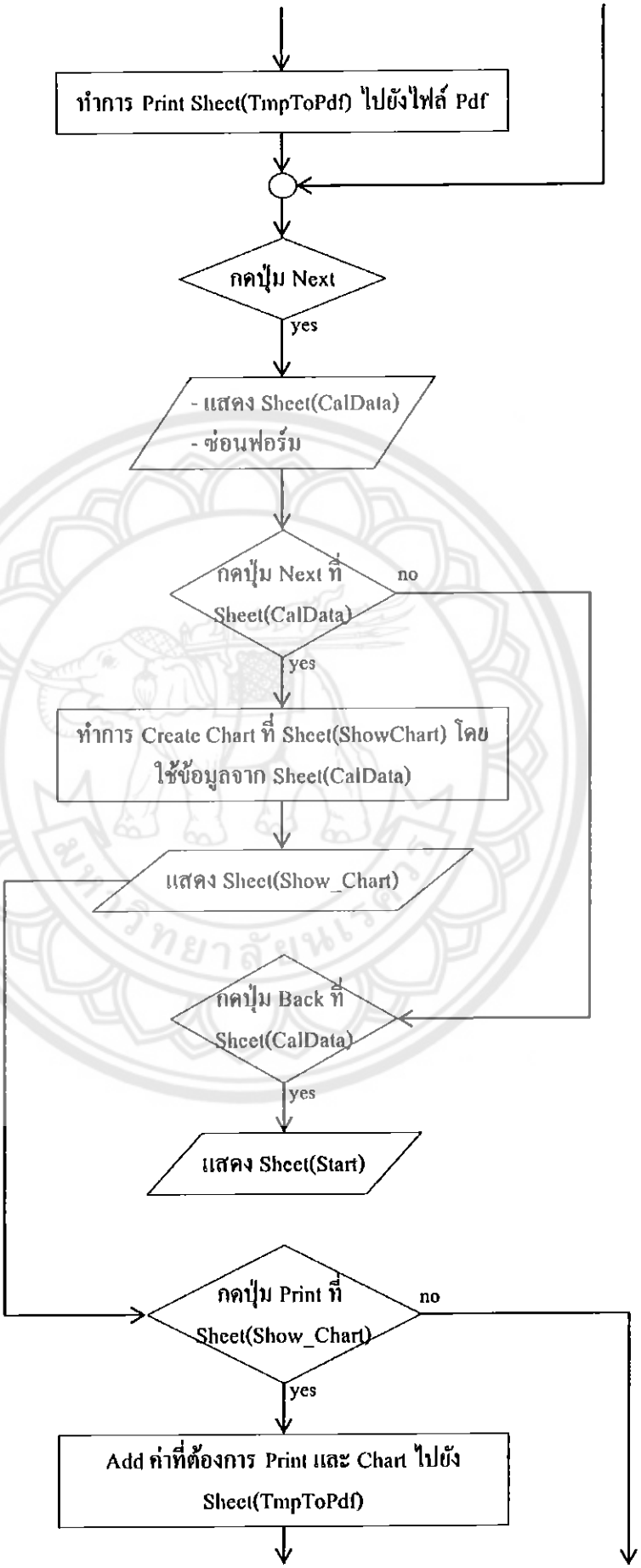
- ค่า Point of Intersection Station
- ค่า Point of Intersection Elevation
- ค่า Grade of initial tangent
- ค่า Grade of final tangent
- Length of Vertical curve
- Horizontal distance to point one curve

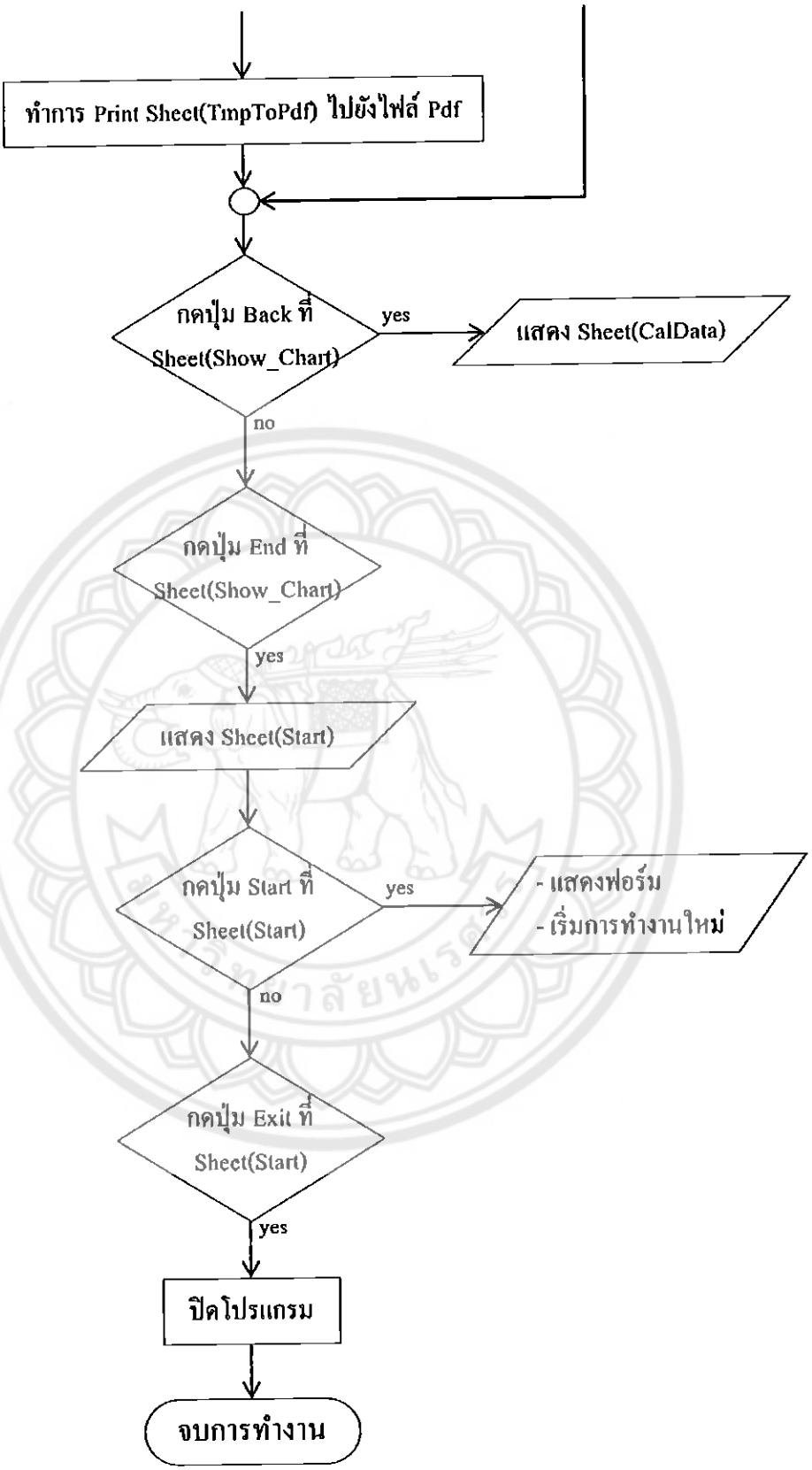
ลงในช่องที่โปรแกรมต้องการให้กรอกข้อมูล หากมีการกรอกข้อมูลไม่ครบถ้วนโปรแกรมจะไม่สามารถคำนวณค่าได้

4.2 ภาพรวมของโปรแกรม

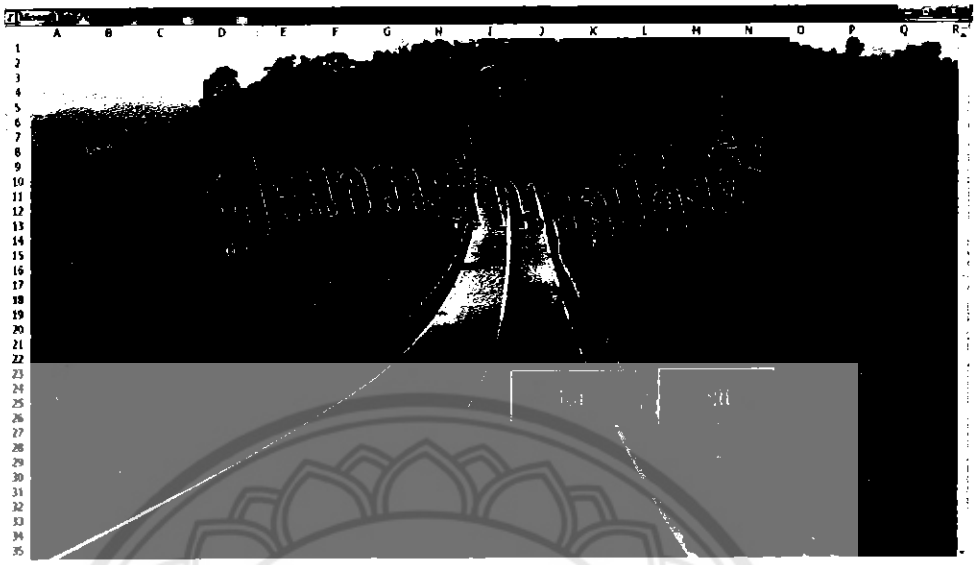



เก็บข้อมูลไปยัง Sheet(RawData)
ทำการ Add Data ไปยัง Sheet (CalData) ที่ละ record ตั้งแต่ X ถึง Y โดยจำนวน record ที่ต้อง add เท่ากับ Y/X
เริ่ม x_data = X
x_data <= Y/X
no
เสร็จสิ้นการ Add Data
yes
x_data = x_data + X
EV = PC_Elev + (G1 * 0.01 * x_data)
y_data = (((G2 * 0.01) - (G1 * 0.01)) * x_data ^ 2) / (2 * L)
Final Elevation = EV + y_data
เก็บค่า x_data, y_data, EV, Final Elevation ไปยัง Sheet(CalData) ทีละ record
x_data = x_data + 1
กดปุ่ม Print
no
yes
ทำการ Create Chart ที่ Sheet(ShowChart) โดยใช้ข้อมูลจาก Sheet(CalData)
Add ค่าที่ต้องการ Print และ Chart ไปยัง Sheet(TmpToPdf)


ทำการ Print Sheet(TmpToPdf) ไปยังไฟล์ Pdf
กดปุ่ม Next
yes
- แสดง Sheet(CalData)
- ซ่อนฟอร์ม
กดปุ่ม Next ที่ Sheet(CalData)
no
yes
ทำการ Create Chart ที่ Sheet(ShowChart) โดยใช้ข้อมูลจาก Sheet(CalData)
แสดง Sheet(Show_Chart)
กดปุ่ม Back ที่ Sheet(CalData)
yes
แสดง Sheet(Start)
กดปุ่ม Print ที่ Sheet(Show_Chart)
no
yes
Add ค่าที่ต้องการ Print และ Chart ไปยัง Sheet(TmpToPdf)

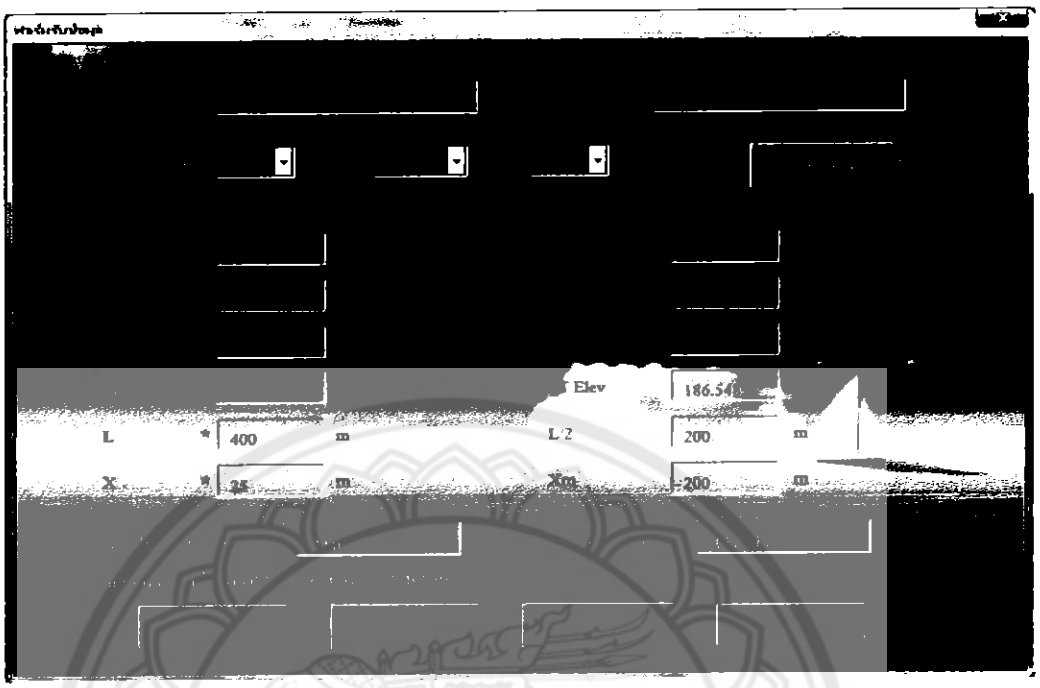


รูปที่ 4.1 Flow Chart โปรแกรมการออกแบบโค้งถนนในแนวดิ่ง



รูปที่ 4.2 หน้าแรกโปรแกรม

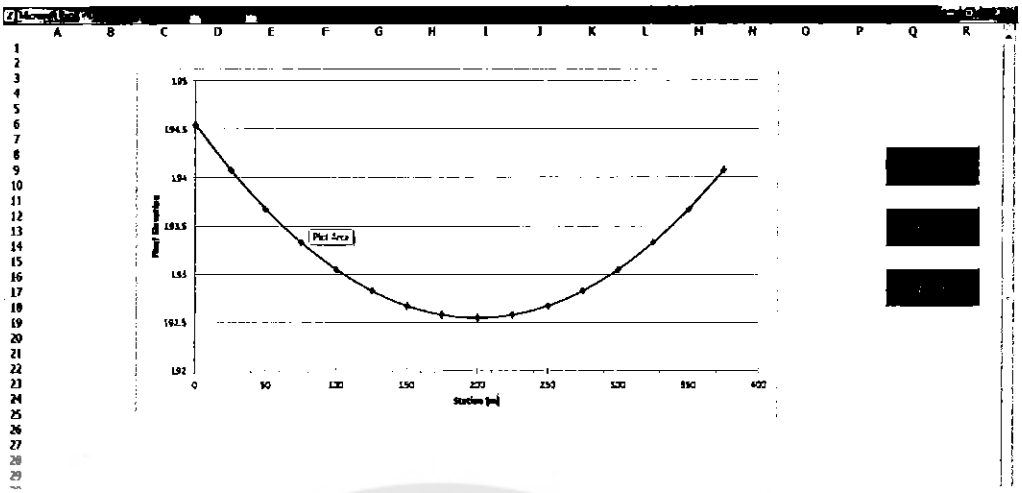
รูปที่ 4.3 หน้าหลักของโปรแกรม



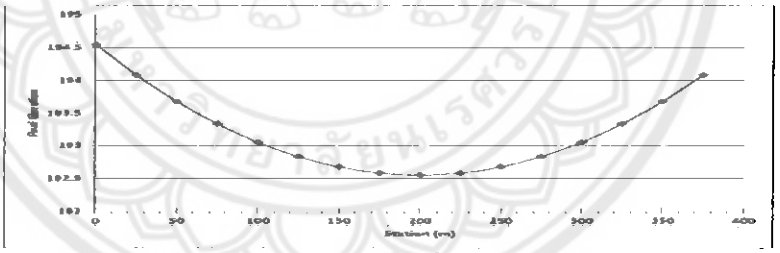
รูปที่ 4.4 แสดงผลหน้าหลักโปรแกรม

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	L	400	m					
2	X	25	m					
3								
4	Station	x	Elevation on initial tangent	y	Curve			
5	4250	0	194.548	0	194.548			
6	4275	25	194.048	0.03125	194.07925			
7	4300	50	193.548	0.125	193.673			
8	4325	75	193.048	0.28125	193.32925			
9	4350	100	192.548	0.5	193.048			
10	4375	125	192.048	0.78125	192.82925			
11	4400	150	191.548	1.125	192.673			
12	4425	175	191.048	1.53125	192.57925			
13	4450	200	190.548	2	192.548			
14	4475	225	190.048	2.53125	192.57925			
15	4500	250	189.548	3.125	192.673			
16	4525	275	189.048	3.78125	192.82925			
17	4550	300	188.548	4.5	193.048			
18	4575	325	188.048	5.28125	193.32925			
19	4600	350	187.548	6.125	193.673			
20	4625	375	187.048	7.03125	194.07925			
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								

รูปที่ 4.5 ผลการแสดงตารางคำนวณของโปรแกรม



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟเส้นโค้งแนวตั้ง



Station (m)	X	Elevation on initial tangent	Y	Final Elevation
4250	0	194.548	0.000	194.548
4275	25	194.048	0.031	194.079
4300	50	193.548	0.125	193.673
4325	75	193.048	0.281	193.329
4350	100	192.548	0.500	193.048
4375	125	192.048	0.781	192.829
4400	150	191.548	1.125	192.673
4425	175	191.048	1.531	192.579
4450	200	190.548	2.000	192.548
4475	225	190.048	2.531	192.579
4500	250	189.548	3.125	192.673
4525	275	189.048	3.781	192.829
4550	300	188.548	4.500	193.048
4575	325	188.048	5.281	193.329
4600	350	187.548	6.125	193.673
4625	375	187.048	7.031	194.079
4650	400	186.548	8.000	194.548

รูปที่ 4.7 การสรุปผลข้อมูล เพื่อการบันทึกและนำไปแสดงผลยังเครื่อง Printer

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผล

5.1 วิเคราะห์ผล

ข้อดีของโปรแกรมออกแบบโค้งถนนแนวดิ่ง มีดังนี้

1. เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณทางทฤษฎีกับผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมพบว่ามีความถูกต้อง

2.โปรแกรมออกแบบโค้งถนน สามารถสั่งพิมพ์รายงานผลการคำนวณเป็น**ตัวเลข ทำให้ผู้ใช้**สามารถนำผลการคำนวณไปเป็นเอกสารประกอบโครงการที่ทำการออกแบบได้

3. โปรแกรมออกแบบโค้งถนน สามารถแสดงตารางการคำนวณการวาง**แนวตั้งและแสดง**กราฟเส้นโค้งแนวตั้ง ทำให้ผู้ใช้สามารถนำเอกสารไปประกอบในการออกแบบได้

5.2 สรุปผลของโครงงาน

โปรแกรมที่พัฒนาออกแบบขึ้นมานี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงได้ อีกทั้งช่วย**ประหยัดเวลาในการ**คำนวณออกแบบ ซึ่งการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้จะมีความเร็วในการ**คำนวณออกแบบ**มากกว่าการไม่ใช้โปรแกรมช่วยในการคำนวณออกแบบ และมีความแม่นยำมาก**กว่าการที่ไม่ใช้**โปรแกรมช่วยในการออกแบบเป็นอย่างมาก

5.3 ข้อจำกัดและแนวทางการพัฒนาโปรแกรม

1.โปรแกรมยังไม่สามารถคำนวณโค้งทางดิ่งที่ไม่สมมาตรได้จึงควรพัฒนาโปรแกรมให้สามารถออกแบบโค้งที่ไม่สมมาตรได้

2.โปรแกรมคำนวณโค้งทางดิ่งใช้ได้กับ Microsoft Excel 2007 ขึ้นไป

เอกสารอ้างอิง

วิศัลย์ พัวรุ่งโรจน์.เจาะลึก Excel เทคนิคการเขียน VBA กับการประยุกต์ใช้งาน, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2554.

จีรพัฒน์ โชติกไกร. วิศวกรรมการทาง , ภาควิชาวิศวกรรมโยธา , คณะวิศวกรรมศาสตร์ ,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ กุหลาบ . วิศวกรรมการทาง , กรุงเทพฯ , มหาวิทยาลัยรังสิต, 2543.

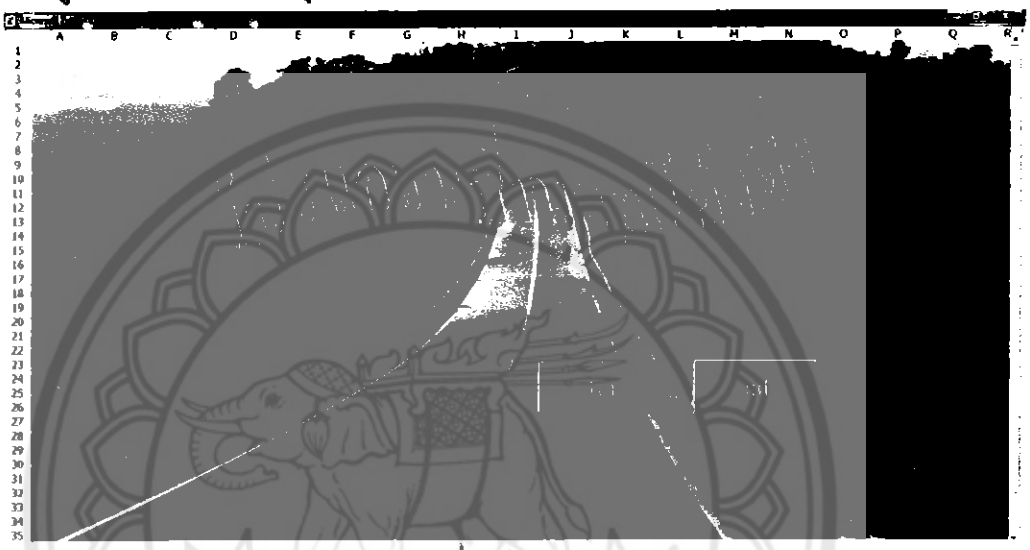
ภาคผนวก ก

การใช้โปรแกรมออกแบบโค้งถนน

1. เริ่มเข้าสู่โปรแกรม

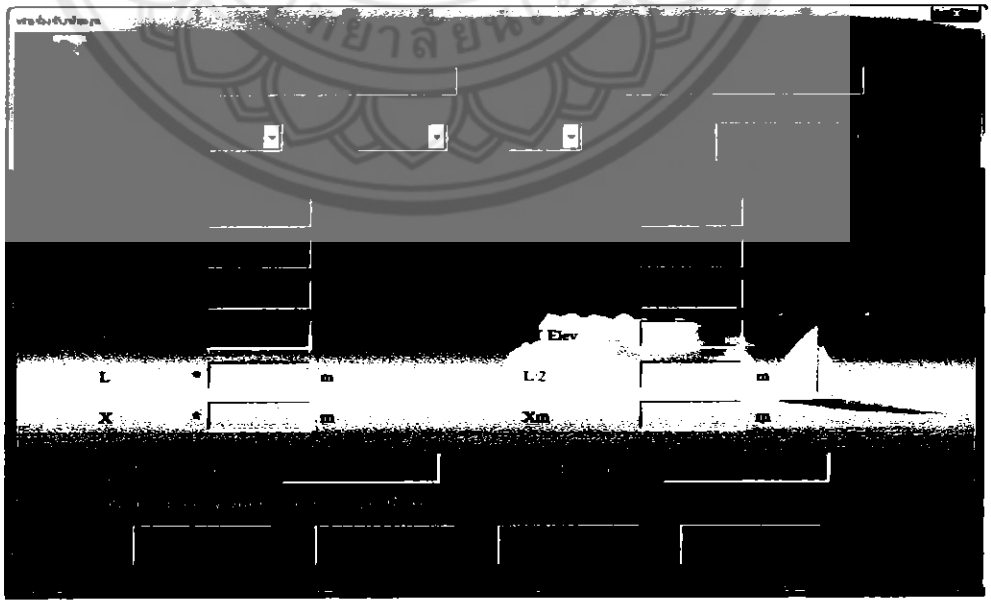
1.1 เปิดโปรแกรมการออกแบบโค้งถนนทางราบ

เริ่มเข้าสู่โปรแกรมโดยคลิกที่ปุ่ม Start



รูปก1 เริ่มเข้าสู่โปรแกรม

1.2 กรอกชื่อผู้ทำการออกแบบและกรอกค่าที่ใช้ในการคำนวณในช่องที่มี (*)



รูปที่ ก2 กรอกชื่อผู้ทำการออกแบบ

1.3 การคำนวณ

จากขั้นตอนการกรอกชื่อผู้ทำการออกแบบดังที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 1.2 โปรแกรมจะแสดงผลเป็นชื่อที่กรอกไว้ในหน้าการคำนวณต่อไปนี้ ดังรูปที่ ก3

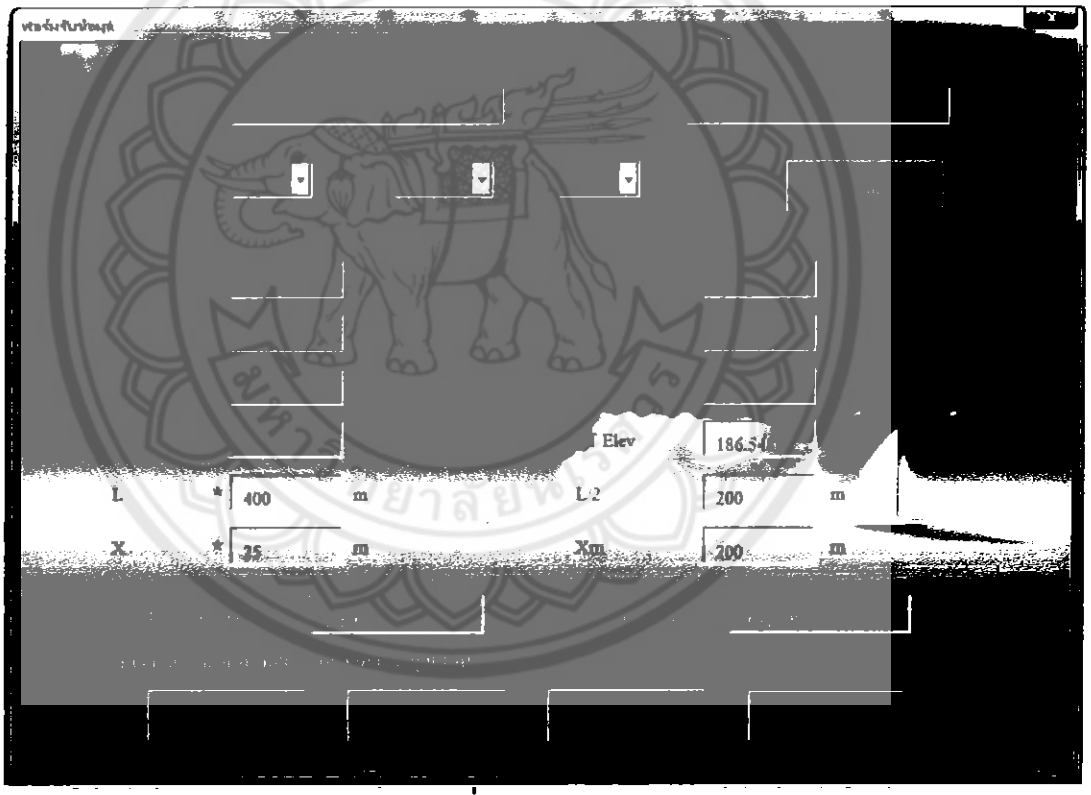
1) กรอกค่าที่ต้องใช้ในการคำนวณให้ครบทุกช่อง หากกรอกไม่ครบโปรแกรมจะไม่คำนวณ

2) เมื่อกรอกค่าที่ใช้ในการคำนวณครบหมดแล้ว ให้กดที่ปุ่ม Calculate

3) เมื่อกดปุ่ม Calculate เพื่อคำนวณแล้วก็จะได้คำตอบจากการออกแบบออกมา แล้วกดปุ่ม Add data เพื่อบันทึกข้อมูล โปรแกรมจะเตือนว่า Add data เรียบร้อยแล้ว กด OK

4) หากต้องการกรอกข้อมูลใหม่ทั้งหมด ให้กดปุ่ม Clear

5) กดปุ่ม Next เพื่อแสดงตารางการคำนวณที่ใช้ในออกแบบโค้งในแนวดิ่ง



รูปที่ ก3 การคำนวณ

1.4 การแสดงผล

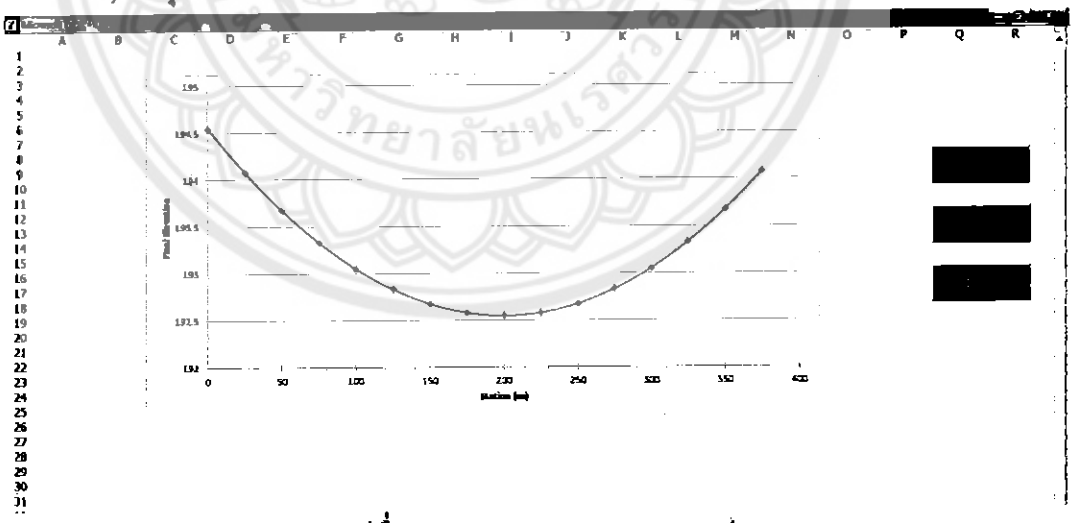
เมื่อโปรแกรมได้คำนวณผลแล้วก็จะแสดงผลของค่าตัวแปรต่างๆที่กรอกเข้าไปในโปรแกรม ค่าที่ได้การคำนวณต่างๆ

1) กดปุ่ม Next เพื่อแสดงผลตารางการคำนวณ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	L	400	m						
2	X	25	m						
3									
4	Station	x	Elevation on initial tangent	y	Curve				
5	4250	0	194.548	0	194.548				
6	4275	25	194.048	0.03125	194.07925				
7	4300	50	193.548	0.125	193.673				
8	4325	75	193.048	0.28125	193.32925				
9	4350	100	192.548	0.5	193.048				
10	4375	125	192.048	0.78125	192.82925				
11	4400	150	191.548	1.125	192.673				
12	4425	175	191.048	1.53125	192.57925				
13	4450	200	190.548	2	192.548				
14	4475	225	190.048	2.53125	192.57925				
15	4500	250	189.548	3.125	192.673				
16	4525	275	189.048	3.78125	192.82925				
17	4550	300	188.548	4.5	193.048				
18	4575	325	188.048	5.28125	193.32925				
19	4600	350	187.548	6.125	193.673				
20	4625	375	187.048	7.03125	194.07925				
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									

รูปที่ ก4 การแสดงผลตารางการคำนวณ

2) กดปุ่ม Next เพื่อแสดงการฟพล๊อตกราฟ



รูปที่ ก5 การแสดงผลการแสดงกราฟ

3) หากต้องการกลับไปดูการกรอกข้อมูลใหม่เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ให้กดที่ปุ่ม End

4) เมื่อทำการคำนวณเสร็จแล้ว หากต้องการออกจากโปรแกรมให้กดปุ่ม Exit

1.6 ผลรวมการคำนวณจากโปรแกรม

หน้าต่างนี้จะแสดงผลทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณ

ปุ่ม Print (จากรูป ก3 การคำนวณ)ใช้สำหรับปริ้นและบันทึกข้อมูลการออกแบบ ซึ่งจะบันทึกเป็นไฟล์ PDF

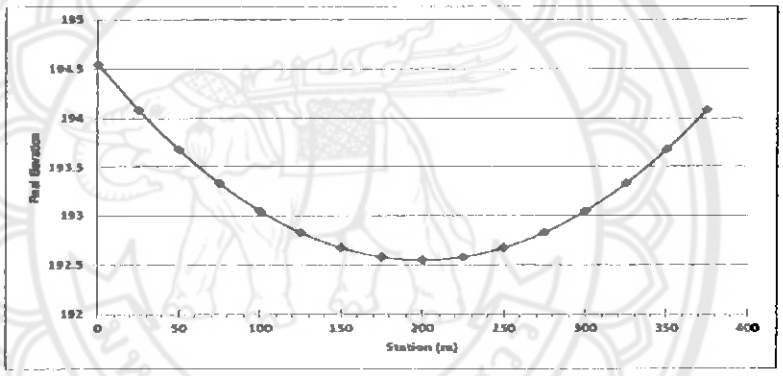
ชื่อโครงการ	road
ผู้ป้อนข้อมูล	aeng
วันที่	1 มกราคม 2555

ผลการคำนวณ

PI_Sta	4450.000	m	PC_Sta	4250.000	m
Elev_Sta	190.548	m	PC_Elev	194.548	m
G1	-2.000	%	PT_Sta	4650.000	m
G2	2.000	%	PT_Elev	186.548	m
L	400.000	m	L/2	200.000	m
X	25.000	m	Xm	200.000	m

Sta. High Low Point 4450.000

Elev. High Low 192.548



กราฟแสดงผลการคำนวณ

ตารางแสดงผลการคำนวณ

Station (m)	x	Elevation on initial tangent	y	Final Elevation
4250	0	194.548	0.000	194.548
4275	25	194.048	0.031	194.079
4300	50	193.548	0.125	193.673
4325	75	193.048	0.281	193.329
4350	100	192.548	0.500	193.048
4375	125	192.048	0.781	192.829
4400	150	191.548	1.125	192.673
4425	175	191.048	1.531	192.579
4450	200	190.548	2.000	192.548
4475	225	190.048	2.531	192.579
4500	250	189.548	3.125	192.673
4525	275	189.048	3.781	192.829
4550	300	188.548	4.500	193.048
4575	325	188.048	5.281	193.329
4600	350	187.548	6.125	193.673
4625	375	187.048	7.031	194.079
4650	400	186.548	8.000	194.548

รูปที่ ก6 ผลรวมการคำนวณจากโปรแกรม

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ตัวอย่างการทดสอบที่1

เส้นลาดเอียง +3.0% ตัดกับเส้นลาดเอียง -2% ที่ Sta. 4+350 เมตร และ Elev 190.500 เมตร และความยาว L = 250 เมตร จงหา Sta. และ Elev ที่จุด PT และ PC

<u>วิธีทำ</u>

$g_1 = +3.0\ \%$ $G_1 = +0.03$ m per m

$g_2 = -2.0\%$ $G_2 = -0.02$ m per m

L = 250 m L/2 = 125 m

คำนวณหา Sta. ของจุด PC และ PT

PC Sta. = PI Sta. – L/2 = 4+350 – 125 = 4225 m

PT Sta. = PI Sta. + L/2 = 4+350 + 125 = 4475 m

คำนวณหา Evle ของจุด PC และ PTm

$E_{PC} = E_{PI} - G_1(L/2) = 190.500 - 0.03(125) = 186.750$ m

$E_{PT} = E_{PI} - G_2(L/2) = 190.500 + 0.02(125) = 193.000$ m

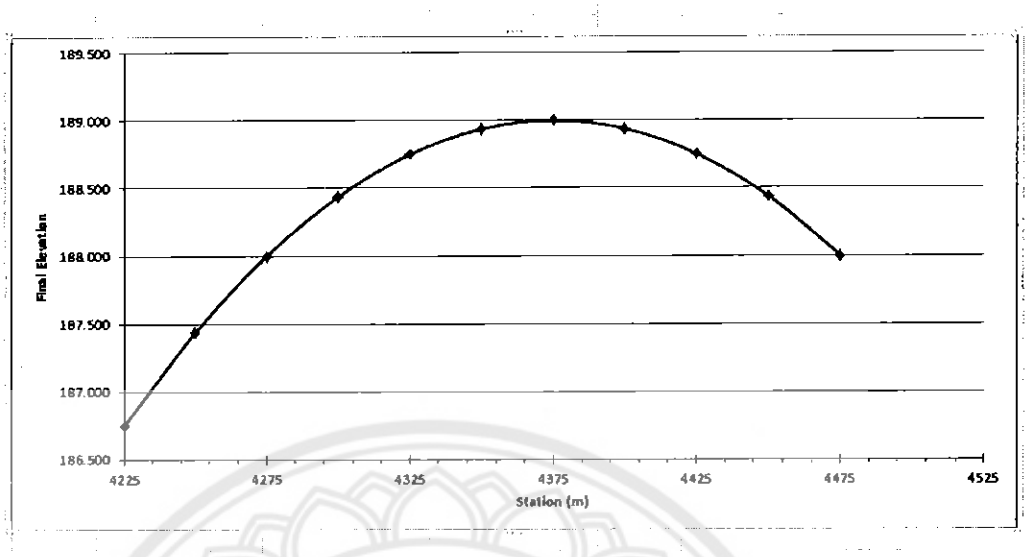
$$x_m = \frac{g_1 L}{g_2 - g_1} = \frac{3(250)}{5.0} = 150 \text{ m}$$

High point Sta. = PC Sta + 150 m = 4225+150 = 4375

$$E_x = E_{PC} + G_1 x_m + \frac{(G_2 - G_1)x_m^2}{2L}$$

$$E_x = 186.750 + 0.03(150) + \frac{(-0.05)150^2}{2(250)} = 189.000 \text{ m}$$

จากการคำนวณลักษณะโค้งที่ได้คือโค้งคว่ำ



รูปที่ ข1 โค้งคว่ำที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ ข1 ผลการตรวจสอบโปรแกรม

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี	ค่าที่ได้จากโปรแกรม	%ความคลาดเคลื่อน
PC Sta.	4225	4225	0
PT Sta.	4475	4475	0
E_{PC}	186.75	186.75	0
E_{PT}	193	193	0
L/2	125	125	0
x_m	150	150	0
Sta High /Low point	4375	4375	0
Elev High /Low	189	189	0
ลักษณะโค้ง	โค้งคว่ำ	โค้งคว่ำ	

จากตารางที่ ข1 จะเห็นได้ว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงถึงได้ว่าโปรแกรมของการคำนวณโค้งทางราบสำหรับกรณีนี้มีความถูกต้อง

ตัวอย่างการทดสอบที่2

เส้นลาดเอียง -3.0% ตัดกับเส้นลาดเอียง+4.0% ที่ Sta. 3+450 เมตร และ Elev 165.000 เมตร และ ความยาว L = 175 เมตร จงหา Sta. และ Elev ที่จุด PT และ PC

<u>วิธีทำ</u>

g_1 = -3.0 % G_1 = -0.03 m per m

g_2 = +4.0% G_2 = +0.04 m per m

L = 175 m L/2 = 87.5 m

คำนวณหา Sta. ของจุด PC และ PT

PC Sta. = PI Sta. – L/2 = 3+450 – 87.5 = 3362.5 m

PT Sta. = PI Sta. + L/2 = 3+450 + 87.5 = 3537.5 m

คำนวณหา Evle ของจุด PC และ PTm

$E_{PC} = E_{PI} - G_1(L/2) = 165.000 + 0.03(87.5) = 167.625$ m

$E_{PT} = E_{PI} - G_2(L/2) = 165.000 - 0.04(87.5) = 161.500$ m

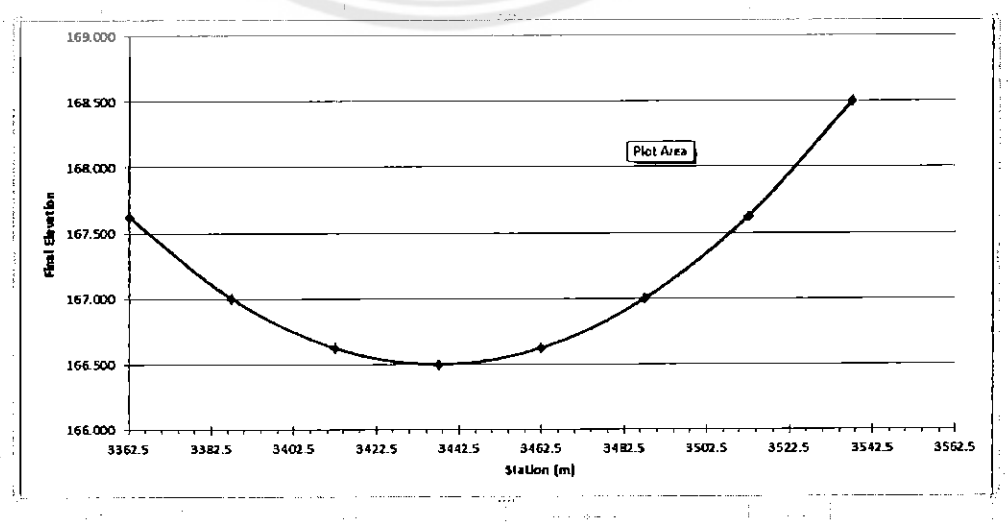
$$x_m = \frac{g_1 L}{g_2 - g_1} = \frac{3(175)}{7.0} = 75 \text{ m}$$

High point Sta. = PC Sta + 75 m = 3362.5+75 = 3437.5

$$E_x = E_{PC} + G_1 x_m + \frac{(G_2 - G_1)x_m^2}{2L}$$

$$E_x = 167.625 - 0.03(75) + \frac{(0.07)75^2}{2(175)} = 166.500 \text{ m}$$

จากการคำนวณลักษณะโค้งที่ได้คือโค้งหงาย



รูปที่ ข2 โค้งหงายที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ ข2 ผลการตรวจสอบโปรแกรม

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี	ค่าที่ได้จากโปรแกรม	%ความคลาดเคลื่อน
PC Sta.	3362.5	3362.5	0
PT Sta.	3337.5	3337.5	0
E_{PC}	167.625	167.625	0
E_{PT}	161.5	161.5	0
L/2	87.5	87.5	0
x_m	75	75	0
Sta High /Low point	3437.5	3437.5	0
Elev High /Low	166.5	166.5	0
ลักษณะโค้ง	โค้งหงาย	โค้งหงาย	

จากตารางที่ ข2 จะเห็นได้ว่า ค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงถึงได้ว่าโปรแกรมของการคำนวณโค้งทางราบสำหรับกรณีนี้มีความถูกต้อง

ตัวอย่างการทดสอบที่3

เส้นลาดเอียง +3.0% ตัดกับเส้นลาดเอียง+4.5% ที่ Sta. 4+450 เมตร และ Elev 188.000 เมตร และความยาว L = 220 เมตร จงหา Sta. และ Elev ที่จุด PT และ PC

วิธีทำ

g_1 = +3.0 % G_1 = +0.03 m per m

g_2 = +4.5% G_2 = +0.045 m per m

L = 220 m L/2 = 110 m

คำนวณหา Sta. ของจุด PC และ PT

PC Sta. = PI Sta. – L/2 = 4+450 – 110 = 4340 m

PT Sta. = PI Sta. + L/2 = 4+450 + 110 = 4560 m

คำนวณหา Evle ของจุด PC และ PTm

$E_{PC} = E_{PI} - G_1(L/2) = 188.000 - 0.03(110) = 184.7$ m

$E_{PT} = E_{PI} - G_2(L/2) = 188.000 + 0.045(110) = 183.05$ m

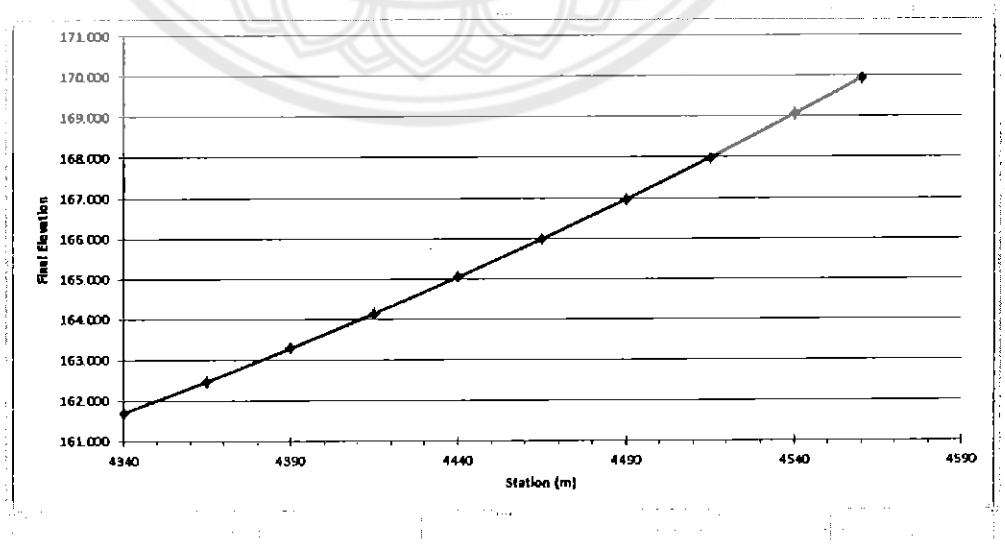
$$x_m = \frac{g_1 L}{g_2 - g_1} = \frac{3(220)}{1.5} = -440 \text{ m}$$

High point Sta. = PC Sta -440 m = 4340-440 = 3900

$$E_x = E_{PC} + G_1 x_m + \frac{(G_2 - G_1)x_m^2}{2L}$$

$$E_x = 184.7 - 0.03(440) + \frac{(0.015)440^2}{2(220)} = 178.100 \text{ m}$$

จากการคำนวณลักษณะโค้งที่ได้คือโค้งหาย



รูปที่ ข3 โค้งคว่ำที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ ข3 ผลการตรวจสอบโปรแกรม

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี	ค่าที่ได้จากโปรแกรม	%ความคลาดเคลื่อน
PC Sta.	4340	4340	0
PT Sta.	4560	4560	0
E_{PC}	184.7	184.7	0
E_{PT}	183.05	183.05	0
L/2	110	110	0
x_m	-440	-440	0
Sta High /Low point	3900	3900	0
Elev High /Low	178.1	178.1	0
ลักษณะโค้ง	โค้งคว่ำ	โค้งคว่ำ	

จากตารางที่ ข3 จะเห็นได้ว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงถึงได้ว่าโปรแกรมของการคำนวณโค้งทางราบสำหรับกรณีนี้มีความถูกต้อง

ตัวอย่างการทดสอบที่3

เส้นลาดเอียง -4.5% ตัดกับเส้นลาดเอียง-3.0% ที่ Sta. 3+350 เมตร และ Elev 167.000 เมตร และความยาว L = 150 เมตร จงหา Sta. และ Elev ที่จุด PT และ PC

<u>วิธีทำ</u>

g_1 = -4.5% G_1 = -0.045 m per m

g_2 = -3.0% G_2 = -0.03 m per m

L = 150 m L/2 = 75 m

คำนวณหา Sta. ของจุด PC และ PT

PC Sta. = PI Sta. – L/2 = 3+350 – 75 = 3275 m

PT Sta. = PI Sta. + L/2 = 3+350 +75 = 3425 m

คำนวณหา Evle ของจุด PC และ PTm

$E_{PC} = E_{PI} - G_1(L/2) = 167.000 + 0.045(75) = 170.375$ m

$E_{PT} = E_{PI} - G_2(L/2) = 167.000 - 0.03(75) = 169.25$m

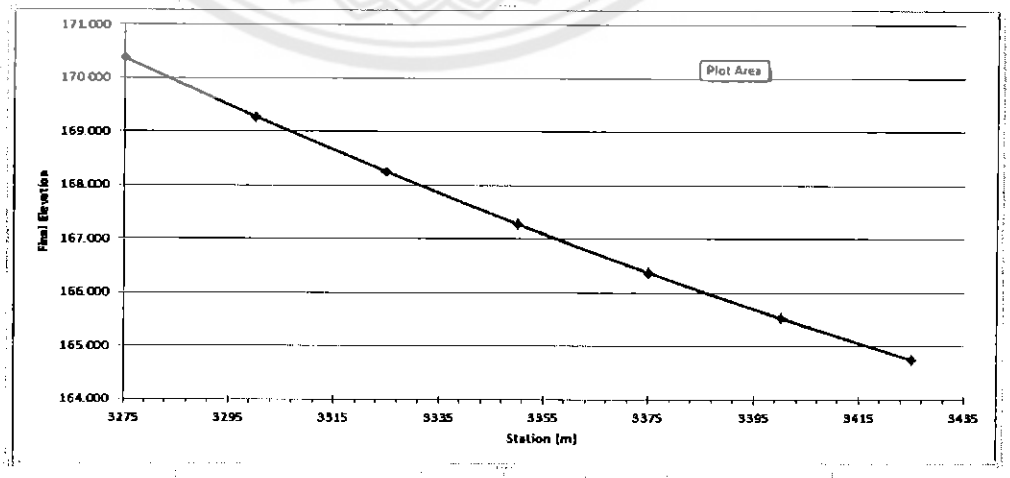
$$x_m = \frac{g_1 L}{g_2 - g_1} = \frac{4.5(150)}{1.5} = 450 \text{ m}$$

High point Sta. = PC Sta -440 m = 3275-450 = 3725

$$E_x = E_{PC} + G_1 x_m + \frac{(G_2 - G_1)x_m^2}{2L}$$

$$E_x = 170.375 - 0.045(450) + \frac{(0.015)450^2}{2(150)} = 160.25 \text{ m}$$

จากการคำนวณลักษณะโค้งที่ได้คือโค้งหงาย



รูปที่ ข4 โค้งหงายที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ ข4 ผลการตรวจสอบโปรแกรม

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี	ค่าที่ได้จากโปรแกรม	%ความคลาดเคลื่อน
PC Sta.	3275	3275	0
PT Sta.	3425	3425	0
E_{PC}	170.375	170.375	0
E_{PT}	169.25	169.26	0
L/2	75	75	0
x_m	450	450	0
Sta High /Low point	3725	3725	0
Elev High /Low	160.25	160.25	0
ลักษณะโค้ง	โค้งหงาย	โค้งหงาย	

จากตารางที่ ข4 จะเห็นได้ว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงถึงได้ว่าโปรแกรมของการคำนวณโค้งทางราบสำหรับกรณีนี้มีความถูกต้อง

ภาคผนวก ค

แสดงรายละเอียดการเขียนโปรแกรม

```
Option Explicit
'ตัแปรรับค่าที่กรอกจากฟอร์ม
Dim PI_Sta, Elev_sta, G1, G2, L, X As Single
'ตัวแปรจากการคำนวณ
Dim PC_Sta, PC_Elev, PT_Sta, PT_Elev, L_2, Xm, Sta_HL, Elev_HL As Single
Private Sub BtnAdd_Data_Click() 'ทำงานเมื่อกดปุ่ม Add Data
  '----------ตรวจสอบว่ากรอกข้อมูลครบหรือไม่ หรือตรวจสอบว่ามีการคำนวณข้อมูลเกิดขึ้น
หรือไม่----------
  Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
  If Txt_Proj_Name.Text = "" Or Txt_Usr_Name.Text = "" Or Txt_PI_Sta = "" Or Txt_Elev_Sta
= "" Or Txt_G1 = "" Or Txt_G2 = "" Or Txt_L = "" Or Txt_x = "" Or Txt_PC_Sta = "" Then
    Msg_alert = MsgBox("ไม่สามรถ add data ได้เนื่องจากคุณไม่ได้กรอกข้อมูล หรือคุฯยังไม่ได้
ทำการ Calculate ", vbOKOnly, "ตรวจสอบข้อมูล")
  Else
    '---------- Insert Data to Sheet(RawData)----------
    Dim NumRw As Integer
    NumRw = Worksheets("RawData").UsedRange.Rows.count 'นับจำนวน Row ที่มีอยู่เดิมเพื่อ
หาตำแหน่งเอาข้อมูลใหม่ไปต่อ
    Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 1).Value = Txt_Proj_Name.Text
    Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 2).Value = Txt_Usr_Name.Text
    Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 3).Value = PI_Sta
    Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 4).Value = Elev_sta
    Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 5).Value = G1
    Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 6).Value = G2
```

```
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 7).Value = L
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 8).Value = X
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 9).Value = PC_Sta
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 10).Value = PC_Elev
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 11).Value = PT_Sta
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 12).Value = PT_Elev
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 13).Value = L_2
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 14).Value = Xm
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 15).Value = Sta_HL
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 16).Value = Elev_HL
Worksheets("RawData").Cells(NumRw + 1, 17).Value = DateCombo.Text & " " &
MntCombo.Text & " " & YearCombo.Text
'---------------------------- Delete Old Data in Sheet(CalData)----------------------------
Dim Firstrow As Integer
Dim Lastrow As Long
With Sheets("CalData") 'หาตำแหน่งสุดท้ายของข้อมูลใน Sheet(CalData)
  .Select
  Lastrow = .UsedRange.Rows(.UsedRange.Rows.count).Row
  For Firstrow = 5 To Lastrow Step 1  'วนลูปลบข้อมูลทีละแถว ตำแหน่งที่เริ่มเก็บข้อมูลคือ
เริ่มจากแถวที่ 5 จนถึงแถวสุดท้าย
    .Rows(Firstrow).EntireRow.Delete
  Next Firstrow
End With
'---------------------------- Insert Data to Sheet(CalData)----------------------------
Dim x_data, y_data, Final, EV As Single
Dim count As Integer 'เอาไว้นับจำนวนที่ต้องทำการวนลูป
Worksheets("CalData").Cells(1, 2).Value = L
Worksheets("CalData").Cells(2, 2).Value = X
```

```
        For count = 1 To L / X Step 1    'วนลูปคำนวณทีละ step เริ่มจากX ---> L
            x_data = x_data + X
            EV = PC_Elev + (G1 * 0.01 * x_data)
            y_data = (((G2 * 0.01) - (G1 * 0.01)) * x_data ^ 2) / (2 * L)
            Final = EV + y_data
            Worksheets("CalData").Cells(count + 4, 1).Value = x_data
            Worksheets("CalData").Cells(count + 4, 2).Value = y_data
            Worksheets("CalData").Cells(count + 4, 3).Value = EV
            Worksheets("CalData").Cells(count + 4, 4).Value = Final
        Next count
        If Worksheets("CalData").Cells(5, 1).Value <> "" Then    'ตรวจสอบว่าข้อมูลได้รับการ add แล้วหรือไม่
            Msg_alert = MsgBox("Add data เรียบร้อย", vbOKOnly, "Add data complete")
        Else
            Msg_alert = MsgBox("เกิดความผิดพลาดระหว่าง Add ข้อมูล", vbOKOnly, "Add data complete")
        End If
    End If
End Sub
Private Sub BtnCal_Click() 'การทำงานเมื่อกดปุ่ม Calculate
    'ตรวจสอบข้อมูลว่ามีการกรอกข้อมูลครบหรือไม่
    Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
    If Txt_Proj_Name.Text = "" Or Txt_Usr_Name.Text = "" Or Txt_PI_Sta = "" Or Txt_Elev_Sta = "" Or Txt_G1 = "" Or Txt_G2 = "" Or Txt_L = "" Or Txt_x = "" Then
        Msg_alert = MsgBox("กรุณากรอกข้อมูลในช่องที่มีเครื่องหมาย * ให้ครบ", vbOKOnly, "ตรวจสอบข้อมูล")
    Else
        'รับค่าจากTextbox มาเก็บไว้ที่ตัวแปร
```

```
    PI_Sta = Txt_PI_Sta.Text
    Elev_sta = Txt_Elev_Sta.Text
    G1 = Txt_G1.Text
    G2 = Txt_G2.Text
    L = Txt_L.Text
    X = Txt_x.Text
  'กำหนดค่า
    PC_Sta = PI_Sta - (L / 2)
    PT_Sta = PC_Sta + L
    PC_Elev = Elev_sta - (G1 * 0.01 * (L / 2))
    PT_Elev = Elev_sta - (G2 * 0.01 * (L / 2))
    L_2 = L / 2
    Xm = (G1 * L) / (G1 - G2)
    Sta_HL = PC_Sta + Xm
    Elev_HL = PC_Elev + (G1 * 0.01 * Xm) + ((((G2 - G1) * 0.01) * (Xm ^ 2)) / (2 * L))
  'แสดงผล
    Txt_PC_Sta.Text = PC_Sta
    Txt_PC_Elev.Text = PC_Elev
    Txt_PT_Sta.Text = PT_Sta
    Txt_PT_Elev.Text = PT_Elev
    Txt_L2.Text = L_2
    Txt_xm.Text = Xm
    Txt_Sta.Text = Sta_HL
    Txt_Elev.Text = Elev_HL
  End If
End Sub Sub
Private Sub BtnClear_Click() 'การทำงานเมื่อกดปุ่ม Clear
  Txt_PI_Sta.Text = ""
```

```
Txt_Elev_Sta.Text = ""
Txt_G1.Text = ""
Txt_G2.Text = ""
Txt_L.Text = ""
Txt_x.Text = ""
Txt_PC_Sta.Text = ""
Txt_PC_Elev.Text = ""
Txt_PT_Sta.Text = ""
Txt_PT_Elev.Text = ""
Txt_L2.Text = ""
Txt_xm.Text = ""
Txt_Sta.Text = ""
Txt_Elev.Text = ""

PI_Sta = 0
Elev_sta = 0
G1 = 0
G2 = 0
L = 0
X = 0
PC_Sta = 0
PC_Elev = 0
PT_Sta = 0
PT_Elev = 0
L_2 = 0
Xm = 0
Sta_HL = 0
Elev_HL = 0
```

```
End Sub

Private Sub BtnPrint_Click() 'การทำงานเมื่อกดปุ่ม Print
  'ตรวจสอบข้อมูลว่ามีการกรอกข้อมูลครบหรือไม่
  Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
  If Txt_Proj_Name.Text = "" Or Txt_Usr_Name.Text = "" Or Txt_PI_Sta = "" Or Txt_Elev_Sta
= "" Or Txt_G1 = "" Or Txt_G2 = "" Or Txt_L = "" Or Txt_x = "" Or Txt_PC_Sta = "" Then
    Msg_alert = MsgBox("ไม่สามารถทำได้เนื่องจากคุณไม่ได้กรอกข้อมูล หรือคุณยังไม่ได้ทำ
การCalculate", vbOKOnly, "ตรวจสอบข้อมูล")
  Else
  '---------- Create Chart ----------
  Dim L, X, Ans As Integer
  L = Worksheets("CalData").Cells(1, 2).Value
  X = Worksheets("CalData").Cells(2, 2).Value
  Ans = L / X
  Ans = Ans + 4 'หาตำแหน่งสุดท้ายของข้อมูลใน Sheet(CalData)
  '---------- ทำการ delete chart ที่มีอยู่เดิม ใน Sheet(Show_Chart)
  On Error Resume Next
    Worksheets("Show_Chart").ChartObjects("Chart 1").Activate
  If Error.Number = 0 Then
    ActiveChart.Parent.Delete
  End If
  '----------Create Chart----------
  Charts.Add
  ActiveChart.ChartArea.Select
  ActiveChart.ChartType = xlXYScatterSmooth
  ActiveChart.Name = "Elevation Final Chart"
```

```
    ActiveChart.SetSourceData Source:=Sheets("CalData").Range("D5:D" & Ans & ""),
PlotBy:=xlColumns 'data source ข้อมูลแกน y
    ActiveChart.SeriesCollection(1).XValues = Sheets("CalData").Range("A5:A" & Ans & "") 'the
x-axis ข้อมูลแกน x
    ActiveChart.Axes(xlCategory, xlPrimary).HasTitle = True
    ActiveChart.Axes(xlCategory, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Meters" 'ชื่อแกน x
    ActiveChart.Axes(xlValue, xlPrimary).HasTitle = True
    ActiveChart.Axes(xlValue, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Final Elevation" 'ชื่อแกน y
    With ActiveChart.Axes(xlValue)
        .HasMajorGridlines = True
        .HasMinorGridlines = False
    End With
    ActiveChart.PlotArea.Select ' Background of graph
    With Selection.Border
        .ColorIndex = 16
        .Weight = xlThin
        .LineStyle = xlNone
    End With
    Selection.Interior.ColorIndex = xlNone
    ActiveChart.Legend.Select
    Selection.Delete
    '---------- ย้าย chart มายัง Sheet(Show_Chart) ----------
    ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsObject, Name:="Show_Chart"
    Dim RngToCoverMove As Range
    Dim ChtObMove As ChartObject
    '---------- resize Chart ----------
    Set RngToCoverMove = ActiveSheet.Range("C3:N25")
    Set ChtObMove = ActiveChart.Parent
```

```
ChtObMove.Height = RngToCoverMove.Height ' resize
ChtObMove.Width = RngToCoverMove.Width ' resize
ChtObMove.Top = RngToCoverMove.Top ' reposition
ChtObMove.Left = RngToCoverMove.Left ' reposition
'------------------- Add to tmp sheet ----------------------------------------
Worksheets("TmpToPdf").Cells(1, 4).Value = Txt_Proj_Name.Text
Worksheets("TmpToPdf").Cells(2, 4).Value = Txt_Usr_Name.Text
Worksheets("TmpToPdf").Cells(7, 3).Value = PI_Sta
Worksheets("TmpToPdf").Cells(8, 3).Value = Elev_sta
Worksheets("TmpToPdf").Cells(9, 3).Value = G1
Worksheets("TmpToPdf").Cells(10, 3).Value = G2
Worksheets("TmpToPdf").Cells(11, 3).Value = L
Worksheets("TmpToPdf").Cells(12, 3).Value = X
Worksheets("TmpToPdf").Cells(7, 7).Value = PC_Sta
Worksheets("TmpToPdf").Cells(8, 7).Value = PC_Elev
Worksheets("TmpToPdf").Cells(9, 7).Value = PT_Sta
Worksheets("TmpToPdf").Cells(10, 7).Value = PT_Elev
Worksheets("TmpToPdf").Cells(11, 7).Value = L_2
Worksheets("TmpToPdf").Cells(12, 7).Value = Xm
Worksheets("TmpToPdf").Cells(14, 6).Value = Sta_HL
Worksheets("TmpToPdf").Cells(15, 6).Value = Elev_HL
Worksheets("TmpToPdf").Cells(3, 4).Value = DateCombo.Text & " " & MntCombo.Text & "
" & YearCombo.Text
'------------------------ Delete Chart อันเดิม----------------------
On Error Resume Next
    Worksheets("TmpToPdf").ChartObjects("Chart 1").Activate
If Error.Number = 0 Then
    ActiveChart.Parent.Delete
```

```
End If
'---------- Copy Chart จาก sheet(Show_Chart) ไปไว้ยัง sheet(TmpToPdf)
Worksheets("Show_Chart").ChartObjects("Chart 1").Activate
ActiveChart.ChartArea.Copy
Sheets("TmpToPdf").Select
Range("A17").Select
ActiveSheet.Paste
'----------resize Chart ที่ sheet(TmpToPdf)
Dim RngToCover As Range
Dim ChtOb As ChartObject
Set RngToCover = ActiveSheet.Range("A17:I29")
Set ChtOb = ActiveChart.Parent
ChtOb.Height = RngToCover.Height ' resize
ChtOb.Width = RngToCover.Width ' resize
ChtOb.Top = RngToCover.Top ' reposition
ChtOb.Left = RngToCover.Left ' reposition
Worksheets("TmpToPdf").Shapes("Chart 1").Line.Visible = False
Worksheets("TmpToPdf").Range("A17").Select
' ฟังก์ชันที่ใช้ create PDF ซึ่งเรียกไปยัง module CreatePDF
Call RDB_Worksheet_Or_Worksheets_To_PDF
End If
End Sub
```

```
Private Sub BtnNext_Click()
  Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
  If Txt_Proj_Name.Text = "" Or Txt_Usr_Name.Text = "" Or Txt_PI_Sta.Text = "" Or
Txt_Elev_Sta.Text = "" Or Txt_G1.Text = "" Or Txt_G2.Text = "" Or Txt_L.Text = "" Or
Txt_x.Text = "" Or Txt_PC_Sta.Text = "" Then
    Msg_alert = MsgBox("ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากคุณไม่ได้กรอกข้อมูล หรือคุณยังไม่ได้
ทำการCalculate", vbOKOnly, "ตรวจสอบข้อมูล")
  Else
    Worksheets("CalData").Select
    Me.Hide
  End If
End Sub
'---------------------- ส่วนนี้เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับเข้ามา----------------------
Private Sub Txt_Elev_Sta_Change()
  Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
  If Not IsNumeric(Txt_Elev_Sta.Text) And Txt_Elev_Sta.Text <> "" And Txt_Elev_Sta.Text
<> "-" Then
    Msg_alert = MsgBox("กรอกข้อมูลตัวเลขเท่านั้น", vbOKOnly, "ตรวจสอบตัวเลข")
    Txt_Elev_Sta.SetFocus
    Txt_Elev_Sta.Text = ""
  End If
End Sub
Private Sub Txt_G1_Change()
  Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
  If Not IsNumeric(Txt_G1.Text) And Txt_G1.Text <> "" And Txt_G1.Text <> "-" Then
    Msg_alert = MsgBox("กรอกข้อมูลตัวเลขเท่านั้น", vbOKOnly, "ตรวจสอบตัวเลข")
    Txt_G1.SetFocus
    Txt_G1.Text = ""
```

```
    End If
End Sub
Private Sub Txt_G2_Change()
    Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
    If Not IsNumeric(Txt_G2.Text) And Txt_G2.Text <> "" And Txt_G2.Text <> "-" Then
        Msg_alert = MsgBox("กรอกข้อมูลตัวเลขเท่านั้น", vbOKOnly, "ตรวจสอบตัวเลข")
Txt_G2.SetFocus
        Txt_G2.Text = ""
    End If
End Sub
Private Sub Txt_L_Change()
    Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
    If Not IsNumeric(Txt_L.Text) And Txt_L.Text <> "" And Txt_L.Text <> "-" Then
        Msg_alert = MsgBox("กรอกข้อมูลตัวเลขเท่านั้น", vbOKOnly, "ตรวจสอบตัวเลข")
Txt_L.SetFocus
        Txt_L.Text = ""
    End If
End Sub
Private Sub Txt_PI_Sta_Change()
    Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
    If Not IsNumeric(Txt_PI_Sta.Text) And Txt_PI_Sta.Text <> "" And Txt_PI_Sta.Text <> "-"
Then
        Msg_alert = MsgBox("กรอกข้อมูลตัวเลขเท่านั้น", vbOKOnly, "ตรวจสอบตัวเลข")
        Txt_PI_Sta.SetFocus
        Txt_PI_Sta.Text = ""
    End If
End Sub
```

```
Private Sub Txt_x_Change()
  Dim Msg_alert As VbMsgBoxStyle
  If Not IsNumeric(Txt_x.Text) And Txt_x.Text <> "" And Txt_x.Text <> "-" Then
    Msg_alert = MsgBox("กรอกข้อมูลตัวเลขเท่านั้น", vbOKOnly, "ตรวจสอบตัวเลข")
    Txt_x.SetFocus
    Txt_x.Text = ""
  End If
End Sub
```