บทที่ 4
ผลการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอวิธีการนำเอาโปรแกรมที่พัฒนามาใช้ในการออกแบบ และตรวจสอบความปลอดภัยของแนวเส้นทางที่ออกแบบไว้แล้ว โดยแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์รวมทั้งนำเสนอแนวคิดในการแก้ไขปรับปรุงแนวเส้นทางให้มีความเร็วและระยะมองเห็นที่ปลอดภัย โดยแสดงตัวอย่างการออกแบบทางหลวงชนบท 2 ช่องทางสายหนึ่ง ส่วนรายละเอียดของวิธีการติดตั้งโปรแกรมและวิธีการใช้โปรแกรมที่พัฒนานั้นจะนำเสนอไว้ในคู่มือการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนา เนื้อหาในบทนี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1) ข้อมูลพื้นฐานของแนวเส้นทางที่นำมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์
2) การวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วจากโปรแกรมที่พัฒนา
3) การวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นจากโปรแกรมที่พัฒนา

4.1 ข้อมูลพื้นฐานของแนวเส้นทางที่นำมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์

แนวเส้นทางที่เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ เป็นแนวเส้นทางโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย หมู่ 4 บ้านน้อยนอก ตำบลหินลาด อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ของกรมโยธาธิการ มีแนวเส้นทางดังรูปที่ 4.1 และมีข้อมูลพื้นฐานของโครงการดังนี้

ข้อมูลความเหมาะสมของโครงการ

ประโยชน์ของโครงการ

- เพื่อทดแทนสะพานแขวนเดิมที่ทรุดโทรมมาก อันอาจจะเกิดอันตรายแก่ราษฎร
- เพื่อพัฒนาที่ดินเกษตรกรรมของราษฎรทั้งสองฝั่งแควน้อย
- เป็นเส้นทางคมนาคมหลักของราษฎรตำบลหินลาด

ตำแหน่งสะพานข้างเคียง

- สะพาน คสล. ข้ามแควน้อยหน้าดลาดอำเภอวัดโบสถ์ ยาว 120.00 เมตร Span กลางน้ำยาว 10 เมตร อยู่ห่างจากจุดที่ตั้งโครงการไปทางทิศใต้ ระยะทางประมาณ 20 กิโลเมตร

ลักษณะโครงข่ายการจราจร

- ถนนเชิงลาดฝั่งจุดเริ่มต้นโครงการ จะต่อเชื่อมกับถนนเดิมซึ่งสามารถไปสู่ทางหลวงหมายเลข 1296 ไป อำเภอวัดโบสถ์ ถนนเชิงลาดฝั่งจุดสิ้นสุดโครงการ ผ่านชุมชนหมู่ 4 บ้านน้อยนอก และที่ดินเกษตรกรรม

ข้อมูลทางด้านวิศวกรรม

ความยาวสะพาน 130.00 เมตร ความยาวช่วง กลางแม่น้ำยาว 20 เมตร

ความยาวถนนเชิงลาด

- ฝั่งจุดเริ่มต้นโครงการ ก่อสร้างถนนลูกรังกว้าง 9.00 เมตร ยาว 178.00 เมตร พร้อมกับ Approach Slab ยาว 7.00 เมตร
- ฝั่งจุดสิ้นสุดโครงการ ก่อสร้างถนนลูกรังกว้าง 9.00 เมตร ยาว 298.00 เมตร พร้อมกับ Approach Slap ยาว 7.00 เมตร

ความยาวโครงการรวมทั้งสิ้น 620 เมตร

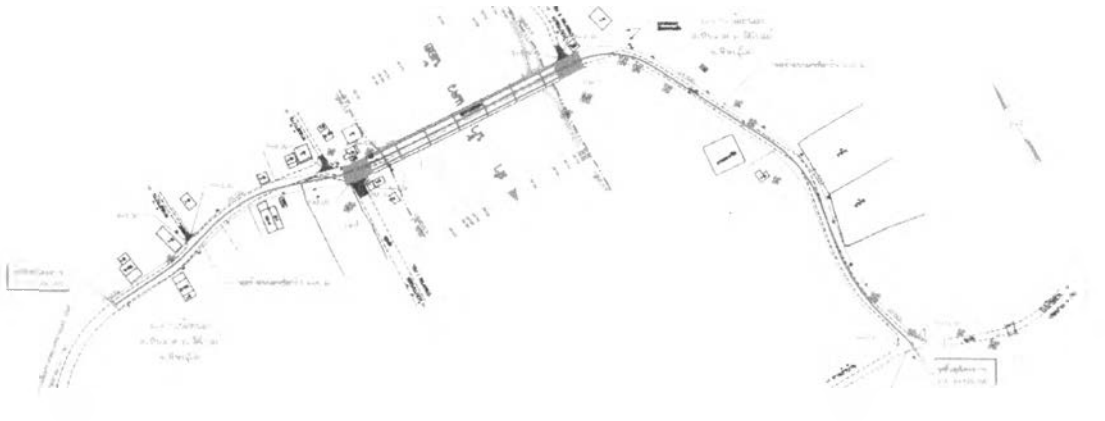
มาตรฐานทางหลวงชนบทชั้นที่ 2 สภาพภูมิประเทศเป็นทางราบ

ความเร็วออกแบบ 60 กม./ชม. ความลาดชันสูงสุด 2.6 % (น้อยกว่า 12 %)

ข้อมูลเขตทาง

ฝั่งจุดเริ่มต้นโครงการ : เขตทางกว้าง 10.00 เมตร และช่วงคอสะพานกว้าง 12.00 เมตร

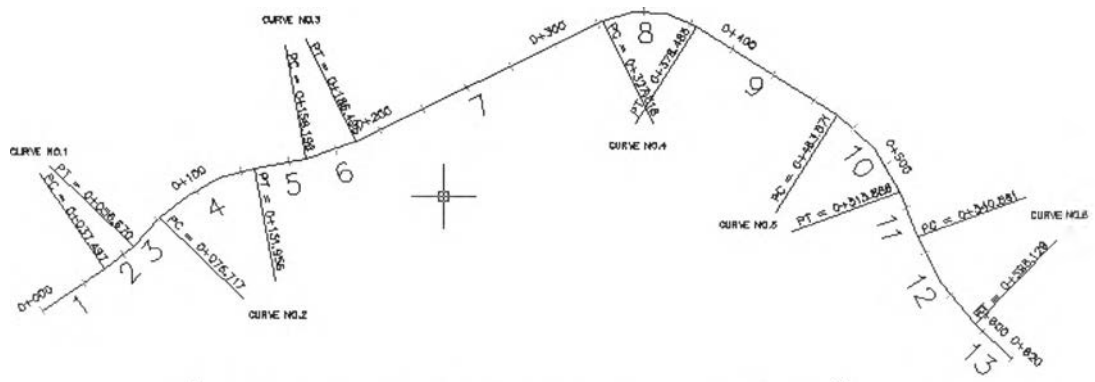
ฝั่งจุดสิ้นสุดโครงการ : เขตทางกว้าง 12.00 เมตร



รูปที่ 4.1 โครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย

จากรูปที่ 4.1 ให้เห็นว่าแนวเส้นทางของถนนค่อนข้างคดเคียว มีข้อจำกัดเรื่องแนวเขตทาง เป็นงานปรับปรุงแนวเส้นทางโดยการขยายและปรับปรุงผิวทางเดิมเพื่อพัฒนาเป็นแนวเส้นทางคมนาคมหลักของตำบล

ข้อมูลแนวทางราบ



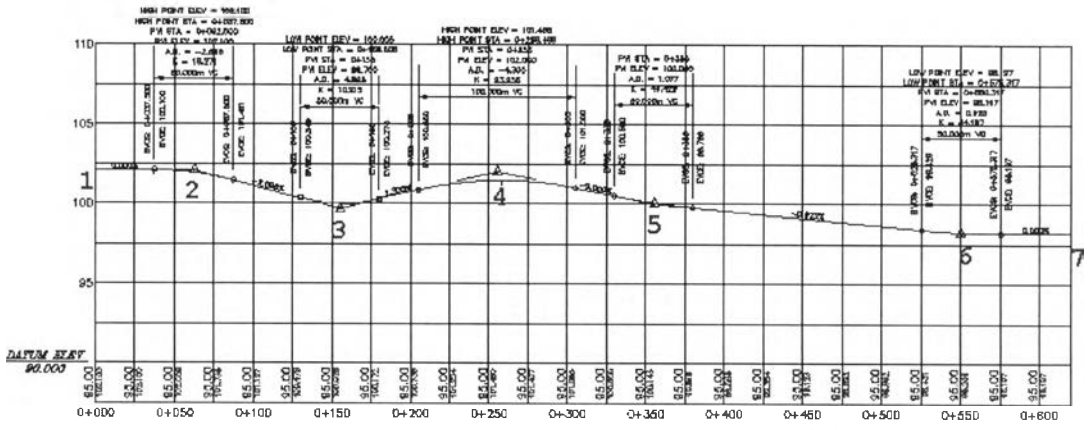
รูปที่ 4.2 แนวทางราบของโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย

แนวทางราบประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ชนิดคือ ทางตรง และทางโค้งกลม มีทั้งสิ้น 13 ตอน องค์ประกอบทางตรงได้แก่ตอนที่ 1 3 5 7 9 11 และ 13 มีค่าความยาวอยู่ในช่วง 20 -145 เมตร ส่วนองค์ประกอบทางโค้งกลม ได้แก่ตอนที่ 2 4 6 8 10 และ 12 มีค่ารัศมีโค้งอยู่ในช่วง 50-120 เมตร โดยมีรายละเอียดแสดงดัง ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแนวทางราบของถนน

Element No.	Sta		Type	Parameters m.	Length m.
	Begin	End			
1	0+000.000	0+037.497	Tangent		37.497
2	0+037.497	0+056.670	Circular	90 L	19.172
3	0+056.670	0+076.717	Tangent		20.047
4	0+076.717	0+131.956	Circular	90 R	55.239
5	0+131.956	0+159.196	Tangent		27.241
6	0+159.196	0+186.495	Circular	100 L	27.299
7	0+186.495	0+327.618	Tangent		141.123
8	0+327.618	0+378.485	Circular	50 R	50.867
9	0+378.485	0+463.871	Tangent		85.387
10	0+463.871	0+515.886	Circular	80 R	52.015
11	0+515.886	0+540.861	Tangent		24.975
12	0+540.861	0+595.129	Circular	120 L	54.268
13	0+595.129	0+620.000	Tangent		24.871

ข้อมูลแนวทางดิ่ง



รูปที่ 4.3 แนวทางดิ่งของโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย

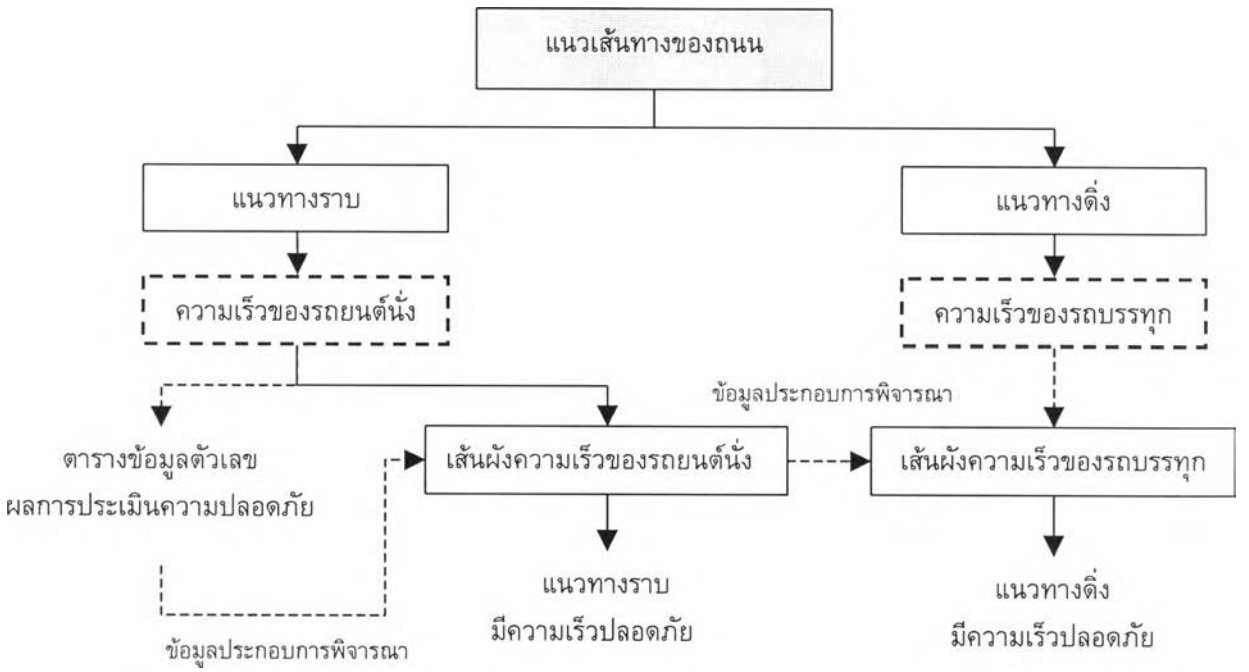
แนวทางดิ่งมีโค้งทางดิ่ง 5 จุด ณ.ตำแหน่งหมายเลข 2 3 4 5 และ 6 มีความยาวโค้ง 50 และ 100 เมตร ค่าความลาดชันสูงสุด 2.595 % รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลแนวทางดิ่งของถนน

Point	Station	Elevation m.	Curve Length m.	Grade %	Remark
1	0+000.000	102.100			Begin
				0.000	
2	0+062.500	102.100	50		PI
				-2.595	
3	0+155.000	99.700	50		PI
				2.300	
4	0+255.000	102.000	100		PI
				-2.000	
5	0+355.000	100.000	50		PI
				-0.923	
6	0+550.317	98.197	50		PI
				0.000	
7	0+620.000	98.197			End

4.2 การวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วจากโปรแกรมที่พัฒนา

แนวทางราบและแนวทางดิ่งของโครงการนำมาจัดเตรียมไว้ในโปรแกรม Softdesk และนำมาวิเคราะห์ความเร็วของแนวเส้นทางโดยใช้โปรแกรมหาและตรวจสอบความเร็วของรถยนต์นั่ง และรถบรรทุกตามขั้นตอนต่างๆ ที่นำเสนอดังรูปที่ 4.4



ข้อมูลนำออก
- ข้อมูลแนวทางราบ
- ค่า CCR ขององค์ประกอบ
- ค่า V85 ขององค์ประกอบ
- ค่า VD ของแนวเส้นทาง

ข้อมูลนำออก
- เส้นผังความเร็วของรถยนต์นั่ง V85
- เส้นผังความเร็ว 0.5x V85

ข้อมูลนำออก
- เส้นผังความเร็วของรถบรรทุก V15 (ที่วิ่งบนทางลาดชัน)

การประเมินความปลอดภัย

เป็นการประเมินเบื้องต้นที่คำนวณโดยใช้ค่า CCR และแบบจำลองความสัมพันธ์ของประเทศต่างๆ จาก
- ค่า CCR
- Criteria I (Design Consistency)
- Criteria II (Speed Consistency)

การประเมินความปลอดภัย

ใช้เป็นข้อมูลหลักในการพิจารณาความปลอดภัยของแนวทางราบ
- Criteria I (Design Consistency)
- Criteria II (Speed Consistency)
- 0.5 x V85 ใช้ในการประเมินร่วมกับเส้นผังความเร็ว V15 พิจารณาออกแบบ Climbing Lane

การประเมินความปลอดภัย

ใช้เป็นข้อมูลร่วมในการพิจารณาความปลอดภัย
- หากช่วงใด V15 ต่ำกว่า V85 มากกว่า 15 กม./ชม.ประเมินได้ว่าไม่ปลอดภัย ตามกฎ "THE 10 MPH RULE"
- หากช่วงใด V15 ต่ำกว่า 0.5 x V85 แสดงว่าควรออกแบบให้มีช่อง Climbing Lane

รูปที่ 4.4 แผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วจากโปรแกรมที่พัฒนา

4.2.1 ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง

แนวทางราบของโครงการ นำมาหาและตรวจสอบความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่งได้จากเมนูคำสั่ง Alignment Safety>Potential Speed>Potential Speed of PC... โดยเลือกแบบจำลองสัมพันธ์ระหว่างค่า CCR กับ V85 ของประเทศต่างๆ ได้ 3 ประเทศคือ สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และสหพันธรัฐเยอรมัน ซึ่งข้อมูลนำออกที่ได้จากโปรแกรมมี 2 ลักษณะ

1) ตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัย
   (Table : Numerical Data for the Safety Evaluation Process)
2) เส้นผังความเร็ว (Speed Profile)

ตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัย

เป็นข้อมูลตัวเลขการประเมินความปลอดภัยเบื้องต้นที่คำนวณโดยใช้ค่า CCR และแบบจำลองความสัมพันธ์ของประเทศต่างๆ ซึ่งความเร็วที่คำนวณได้ขององค์ประกอบทางตรงอาจไม่เกิดตามตาราง เนื่องจากค่าความเร็ว V85 ในทางตรงคำนวณได้จากแบบจำลองโดยการแทนค่า CCR เท่ากับ 0 ซึ่งถ้าเลือกแบบจำลองของสหรัฐอเมริกา จะได้ค่าความเร็ว V85 ในทางตรงเท่ากับ 103 กม./ชม. จากแบบจำลองของออสเตรเลียเท่ากับ 101 กม./ชม. และจากแบบจำลองของสหพันธรัฐเยอรมันเท่ากับ 120 กม./ชม. ตามลำดับ ฉะนั้นจากตารางที่ 4.1 ผลประเมินความปลอดภัยในสดมภ์ที่ 10 และสดมภ์ที่ 11 จึงเป็นผลการประเมินเบื้องต้นที่ได้จากค่า CCR ขององค์ประกอบ จากตารางที่ 4.1 จะประกอบไปด้วยข้อมูลในสดมภ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

สดมภ์ที่ 1 ข้อมูลองค์ประกอบที่ถูกแบ่งแยกออกเป็นส่วนๆ เพื่อนำไปคำนวณหาค่า CCR
สดมภ์ที่ 2 ข้อมูลสถานีเริ่มต้นขององค์ประกอบ
สดมภ์ที่ 3 ข้อมูลสถานีสิ้นสุดขององค์ประกอบ
สดมภ์ที่ 4 ชนิดขององค์ประกอบ

เมื่อ T คือ ทางตรง (Tangent)
C คือ ทางโค้งกลม (Circular Curve)
S คือ ทางโค้งสไปรอล (Spiral Curve)

สดมภ์ที่ 5 ข้อมูลพารามิเตอร์แสดงค่ารัศมีโค้งขององค์ประกอบ

เมื่อ ** Infinity ** สำหรับทางตรง
90.000 L คือรัศมีโค้ง 90 เมตร โค้งทางซ้าย
90.000 R คือรัศมีโค้ง 90 เมตร โค้งทางขวา
90.000 A คือโคทอยด์พารามิเตอร์ 90 เมตร ของโค้งสไปรอล

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัยของความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง
โดยเลือกแบบจำลองสัมพันธ์ระหว่างค่า CCR กับ V85 ของประเทศสหรัฐอเมริกา

TABLE : Numerical Data for the Safety Evaluation Process.

Project: th4437 Sun Aug 26 13:28:58 2001

Alignment: th4437 Desc: Two lane highway 4437

Regression Models : **America** [103.04 - 0.053CCR]

Element No. (1)	Sta Begin (2)	Sta End (3)	Type (4)	Parameters m. (5)	Length m. (6)	CCR gon/km (7)	V85 km/h (8)	VD km/h (9)	Criteria I V85i-VDi (10)	Criteria II V85i-V85ii (11)
1	0+000.000	0+037.497	T	** Infinity ** -	37.497	0.000E+00 (Good)	1.030E+02	6.105E+01	Poor	Poor
2	0+037.497	0+056.670	C	90.000 L	19.172	7.078E+02 (Poor)	6.553E+01	6.105E+01	Good	Poor
3	0+056.670	0+076.717	T	** Infinity ** -	20.047	0.000E+00 (Good)	1.030E+02	6.105E+01	Poor	Poor
4	0+076.717	0+131.956	C	90.000 R	55.239	7.078E+02 (Poor)	6.553E+01	6.105E+01	Good	Poor
5	0+131.956	0+159.196	T	** Infinity ** -	27.241	0.000E+00 (Good)	1.030E+02	6.105E+01	Poor	Poor
6	0+159.196	0+186.495	C	100.000 L	27.299	6.370E+02 (Poor)	6.928E+01	6.105E+01	Good	Poor
7	0+186.495	0+327.618	T	** Infinity ** -	141.123	0.000E+00 (Good)	1.030E+02	6.105E+01	Poor	Poor
8	0+327.618	0+378.485	C	50.000 R	50.867	1.274E+03 (Poor)	3.552E+01	6.105E+01	Poor	Poor
9	0+378.485	0+463.871	T	** Infinity ** -	85.387	0.000E+00 (Good)	1.030E+02	6.105E+01	Poor	Poor
10	0+463.871	0+515.886	C	80.000 R	52.015	7.963E+02 (Poor)	6.084E+01	6.105E+01	Good	Poor
11	0+515.886	0+540.861	T	** Infinity ** -	24.975	0.000E+00 (Good)	1.030E+02	6.105E+01	Poor	Poor
12	0+540.861	0+595.129	C	120.000 L	54.268	5.308E+02 (Poor)	7.491E+01	6.105E+01	Fair	Poor
13	0+595.129	0+620	T	** Infinity ** -	24.871	0.000E+00 (Good)	1.030E+02	6.105E+01	Poor	

สดมภ์ที่ 6 ข้อมูลความยาวขององค์ประกอบ หน่วย เมตร

สดมภ์ที่ 7 ข้อมูลค่า CCR ขององค์ประกอบ

สดมภ์ที่ 8 ข้อมูลค่าความเร็วที่เป็นไปได้

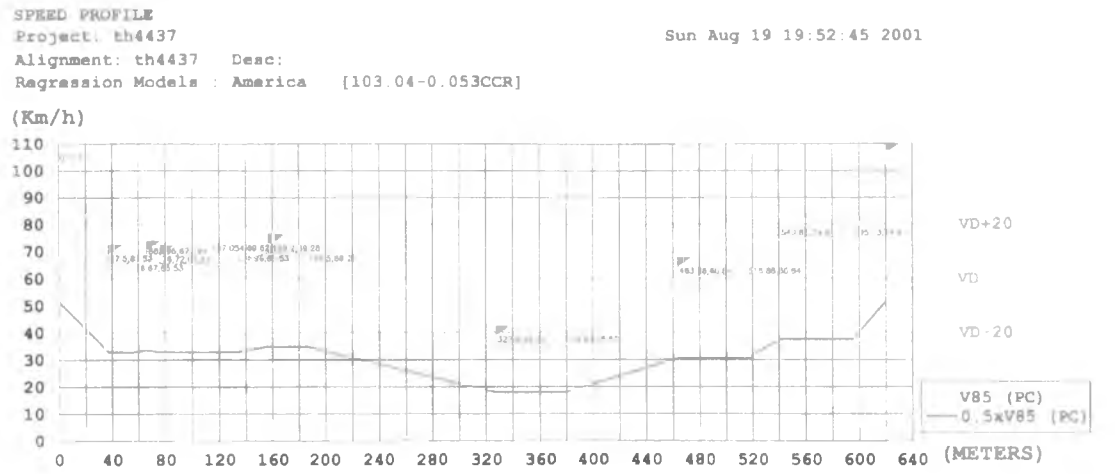
สดมภ์ที่ 9 ค่าความเร็วออกแบบ คำนวณหามาจากค่า CCR เฉลี่ยเฉพาะช่วงทางโค้ง และนำมาแทนค่าในแบบจำลองของแต่ละประเทศที่เลือกใช้

สดมภ์ที่ 10 ข้อมูลผลการประเมินความสอดคล้องในการออกแบบ

สดมภ์ที่ 11 ข้อมูลผลการประเมินความสอดคล้องของความเร็ว

ในสดมภ์ที่ 1-7 นั้นจะเป็นข้อมูลของแนวเส้นทาง ส่วนในสดมภ์ที่ 8-11 ผลที่ได้จะแตกต่างกันไปขึ้นกับแบบจำลองของแต่ละประเทศที่เลือกใช้

เส้นผังความเร็ว



รูปที่ 4.5 เส้นผังความเร็วของรถยนต์นั่งที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศสหรัฐอเมริกา

จากรูปที่ 4.5 จะประกอบด้วยแนวเส้นสีต่างๆดังนี้

แนวเส้นสีแดง คือ ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง (V85) ที่ตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทาง

แนวเส้นน้ำเงิน คือ ครึ่งหนึ่งของความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง (0.5xV85) ที่ตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทาง ใช้ในการประเมินร่วมกับความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งขึ้นบนทางลาดชัน เพื่อตรวจสอบว่าจำเป็นต้องมีช่องทางพิเศษสำหรับให้รถบรรทุกวิ่งบนทางลาดชัน (Climbing Lane) หรือ ไม่

โดยโปรแกรมที่พัฒนาจะแสดงผลการประเมินความปลอดภัย 2 ลักษณะคือ

1. ความสอดคล้องในการออกแบบ (Design Consistency)

โดยการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างความเร็วขององค์ประกอบตอนต่างๆกับค่าความเร็วออกแบบ (VD) ซึ่งจากรูปจะแสดงตำแหน่งเส้นต่างๆดังนี้

เส้นสีเขียว เป็นค่าความเร็วออกแบบ VD

เส้นสีเหลือง เป็นค่า VD+10 และ VD-10 กม./ชม.

เส้นสีแดง เป็นค่า VD+20 และ VD-20 กม./ชม.

ในการประเมิน

- หากความเร็วขององค์ประกอบอยู่ระหว่างเส้นสีเขียวและสีเหลืองจะถูกประเมินระดับความปลอดภัยว่า ดี
- หากความเร็วขององค์ประกอบอยู่ระหว่างเส้นสีเหลืองและสีแดงจะถูกประเมินระดับความปลอดภัยว่า พอใช้
- หากความเร็วขององค์ประกอบอยู่เหนือหรือใต้เส้นสีแดงจะถูกประเมินระดับความปลอดภัยว่า ไม่ดี

2. ความสอดคล้องของความเร็ว (Speed Consistency)

โดยการตรวจสอบค่าความแตกต่างระหว่างความเร็วขององค์ประกอบที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งในการประเมินจะแสดงในลักษณะของสีธงต่างๆ กล่าวคือ

ธงสีเขียว คือ มีค่าความแตกต่างระหว่างความเร็วขององค์ประกอบที่ต่อเนื่องกันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 กม./ชม. ($V85_i$-$V85_{i+1} \leq 10$) ประเมินค่าความปลอดภัยว่า ดี

ธงสีเหลือง คือ มีค่าความแตกต่างระหว่างความเร็วขององค์ประกอบที่ต่อเนื่องกันมากกว่า 10 แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 กม./ชม. ($10 < V85_i$-$V85_{i+1} \leq 20$) ประเมินค่าความปลอดภัยว่า พอใช้

ธงสีแดง คือ มีค่าความแตกต่างระหว่างความเร็วขององค์ประกอบที่ต่อเนื่องกันมากกว่า 20 กม./ชม. ($V85_i$-$V85_{i+1} > 20$) ประเมินค่าความปลอดภัยว่าไม่ดี

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง

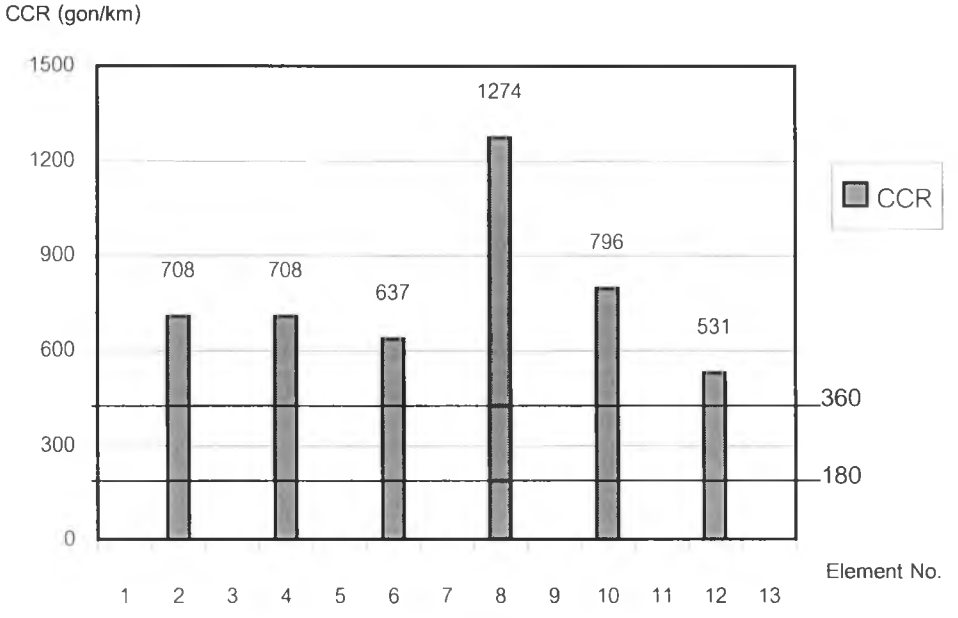
เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อหาและตรวจสอบความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง มีข้อมูลนำออก 2 ลักษณะ ซึ่งในขั้นตอนการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4.4 นั้น ข้อมูลนำออกในลักษณะของตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัย จะเป็นผลการประเมินเบื้องต้นเนื่องจากความเร็วขององค์ประกอบทางตรงในตารางคำนวณได้มาจากการแทนค่า CCR เท่ากับ 0 ลงในแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCR กับ ความเร็ว V85 ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงความเร็วในช่วงโค้งขององค์ประกอบข้างเคียงที่จะส่งผลต่อความเร็วในช่วงทางตรงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริง ฉะนั้นในการประเมินความปลอดภัยจึงพิจารณาจากข้อมูลนำออกในลักษณะเส้นผังความเร็วเป็นหลัก การนำเสนอผลการประเมินความปลอดภัยของตัวอย่างถนนที่นำหาวิเคราะห์จะแยกตามลักษณะข้อมูลนำออกดังนี้

ตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัย

ข้อมูลนำออกที่ได้จากตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัย สามารถนำมาวิเคราะห์แยกตามข้อมูลต่างๆได้ดังนี้

- การประเมินความปลอดภัยจากค่า CCR

จากตารางที่ 4.1 ในสดมภ์ที่ 7 เป็นค่า CCR ของตอนต่างๆ สรุปได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ค่า Curvature Change Rate (CCR) ขององค์ประกอบของถนน ตอนต่างๆ

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าค่า CCR ของแต่ละองค์ประกอบที่เป็นทางโค้งจะมีค่า CCR สูงกว่า 360 gon/km จึงทำให้ถูกประเมินว่าค่า CCR ในสดมภ์ที่ 7 ของตารางที่ 4.3 นั้น

เป็นค่าไม่เหมาะสม ตามเกณฑ์ประเมินของประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน ซึ่งหากทางโค้งเป็นโค้งกลมจะได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารัศมีโค้งกับค่า CCR จากสมการที่ 2.1 สามารถสรุปค่าที่ใช้ในการประเมินได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เกณฑ์ประเมินค่าความเหมาะสมจากค่า CCR และรัศมีโค้งกลม

พารามิเตอร์	ดี	พอใช้	ไม่เหมาะสม	หมายเหตุ
CCR	CCR≤180	360<CCR≤180	CCR>360	หน่วย gon/km
รัศมีโค้ง	R≥354	354>R≥177	R<177	หน่วย m.

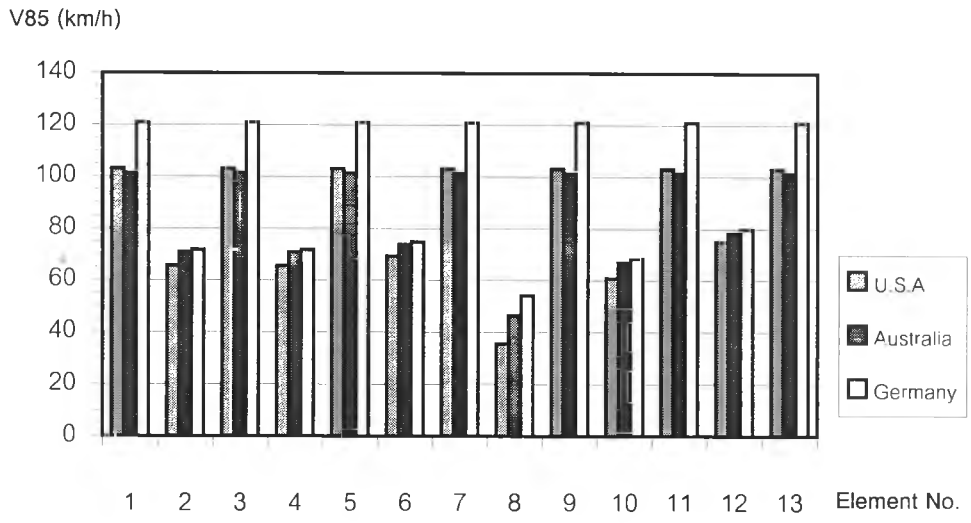
หมายเหตุ CCR=63,700 / R gon/km

จากตารางที่ 4.4 สามารถสรุปได้ว่า หากรัศมีโค้งกลมมีค่าต่ำกว่า 177 เมตร จะเป็นโค้งที่มีค่า CCR ไม่เหมาะสม ซึ่งจากข้อมูลโค้งในสดมภ์ที่ 5 ของตารางที่ 4.3 มีค่ารัศมีโค้งต่ำกว่า 177 เมตรทั้งหมดจึงถูกประเมินว่ามีค่า CCR ไม่เหมาะสม

จากผลการประเมินดังกล่าวทำให้ทราบว่า ทางโค้งในถนนโครงการมีค่ารัศมีโค้งต่ำ หากประเมินตามเกณฑ์ของประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน อย่างไรก็ตามหากนำค่า CCR ที่มีค่าเท่ากับ 360 gon/km ซึ่งถูกประเมินว่าไม่เหมาะสม แทนค่าลงในแบบจำลองของประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน จะได้ค่าความเร็วV85 เท่ากับ 90 กม./ชม. ซึ่งสูงกว่าค่าความเร็วออกแบบ 60 กม./ชม. ที่กำหนดโดยมาตรฐานทางหลวงชนบทชั้นที่ 2 สภาพภูมิประเทศเป็นทางราบ ของกรมโยธาธิการ หรืออาจกล่าวได้ว่าเกณฑ์การประเมินในประเทศสหพันธรัฐเยอรมันไม่เหมาะสมสำหรับมาตรฐานทางหลวงชนบทชั้นที่ 2 ของกรมโยธาธิการ ในการประเมินกรณีนี้จึงควรนำค่า CCR มาเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้บ่งชี้ระดับความปลอดภัยเท่านั้น

- ค่าความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง (V85)

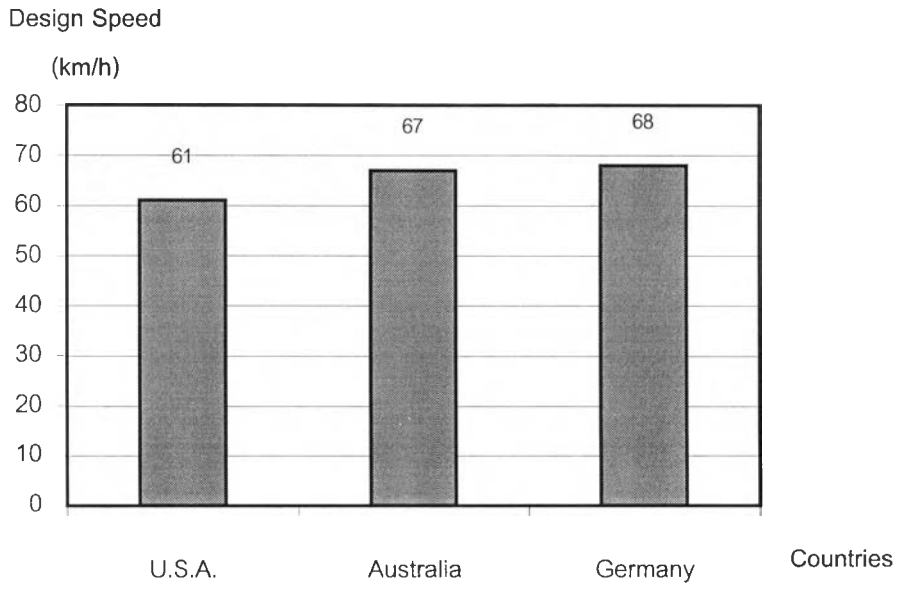
เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนานำแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCR กับความเร็ว V85 ของประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และ สหพันธรัฐเยอรมันมาใช้ ซึ่งทำให้ความเร็ว V85 ที่ได้แตกต่างกันไปตามแบบจำลองที่เลือกใช้ อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการวิเคราะห์จากตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัย ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศต่างๆ พบว่าแบบจำลองของประเทศสหพันธรัฐเยอรมันจะให้ค่าความเร็ว V85 สูงที่สุด รองลงมาคือประเทศออสเตรเลีย และสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่งที่ได้จากแบบจำลองของประเทศต่างๆ ในแต่ละตอนขององค์ประกอบบนแนวทางราบ

- ค่าความเร็วออกแบบ (VD)

ค่าความเร็วออกแบบที่แสดงในสดมภ์ที่ 9 ของตารางที่ 4.3 นั้นเป็นค่าที่คำนวณหามาจากค่า CCR เฉลี่ยเฉพาะช่วงทางโค้ง แล้วนำค่า CCR เฉลี่ยดังกล่าวแทนค่าลงในแบบจำลองของแต่ละประเทศที่เลือกใช้ ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศต่างๆ ได้ผลดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ความเร็วออกแบบของถนนที่นำมาวิเคราะห์ที่คำนวณได้จากแบบจำลองของประเทศต่างๆ

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วออกแบบที่คำนวณได้จากแบบจำลองของประเทศสหรัฐอเมริกา ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความเร็วออกแบบของโครงการ (60 กม./ชม.)

- การประเมินความสอดคล้องในการออกแบบ (Design Consistency)

เป็นการตรวจสอบค่าความแตกต่างระหว่างความเร็ว V85 ในสดมภ์ที่ 8 กับความเร็วออกแบบในสดมภ์ที่ 9 ซึ่งผลการประเมินแสดงในสดมภ์ที่ 10 ของตารางที่ 4.3 ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศต่างๆ สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความสอดคล้องในการออกแบบ
จากแบบจำลองของแต่ละประเทศ

องค์ประกอบตอนที่	ชนิดทาง	สหรัฐอเมริกา	ออสเตรเลีย	สหพันธรัฐเยอรมัน
1	ทางตรง	Poor	Poor	Poor
2	ทางโค้ง	Good	Good	Good
3	ทางตรง	Poor	Poor	Poor
4	ทางโค้ง	Good	Good	Good
5	ทางตรง	Poor	Poor	Poor
6	ทางโค้ง	Good	Good	Good
7	ทางตรง	Poor	Poor	Poor
8	ทางโค้ง	Poor	Poor	Fair
9	ทางตรง	Poor	Poor	Poor
10	ทางโค้ง	Good	Good	Good
11	ทางตรง	Poor	Poor	Poor
12	ทางโค้ง	Fair	Fair	Fair
13	ทางตรง	Poor	Poor	Poor

ตารางที่ 4.5 ให้เห็นว่าในการวิเคราะห์จะต้องแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ทางตรง และทางโค้ง พบว่าทางตรงทุกตอนนั้นจะถูกประเมินว่าไม่เหมาะสม เนื่องจากการกำหนดค่า CCR ที่มีค่าเท่ากับ 0 ส่งผลให้ค่าความเร็ว V85 มีค่าอยู่ระหว่าง 100-120 กม./ช.ม. ในขณะที่ความเร็วออกแบบที่คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง 60-70 กม./ช.ม. ทำให้ค่าความเร็วV85 ดังกล่าวแตกต่างจากความเร็วออกแบบมากกว่า 20 กม./ช.ม.

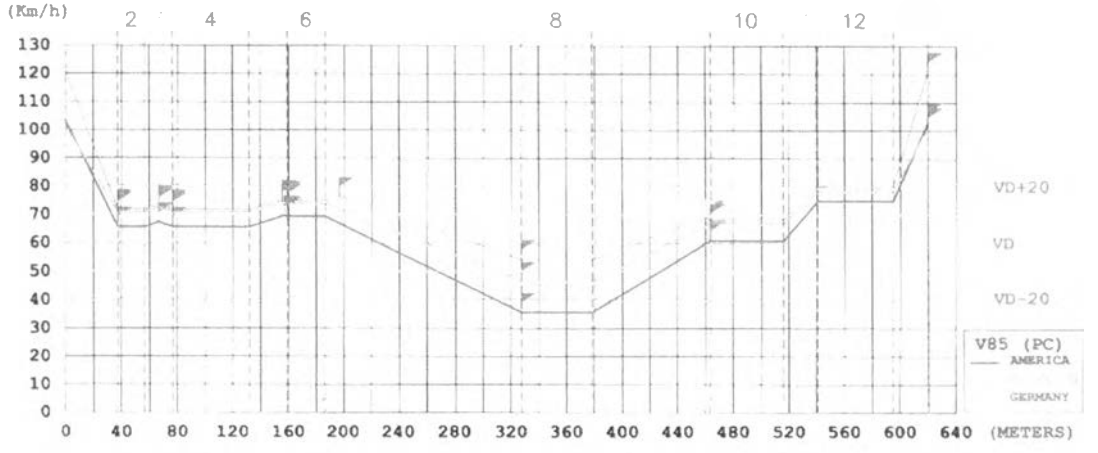
ส่วนของทางโค้งนั้น จากตารางที่ 4.5 พบว่าที่ตำแหน่งตอนที่ 8 ผลการประเมินโดยใช้แบบจำลองของสหพันธรัฐเยอรมันแตกต่างจากผลที่ได้จากแบบจำลองสหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย เนื่องจากแบบจำลองของสหพันธรัฐเยอรมันให้ค่าความเร็ว V85 ในช่วงทางโค้งสูงกว่าแบบจำลองอื่น จึงทำให้ความเร็วในช่วงทางโค้งต่างจากค่าความเร็วออกแบบน้อยกว่าแบบจำลองอื่น ซึ่งตามผลการประเมินดังกล่าวเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่บ่งชี้ว่าตอนที่ 8 และ 12 สมควรที่จะดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

- การประเมินความสอดคล้องของความเร็ว (Speed Consistency)

เป็นการตรวจสอบค่าความแตกต่างระหว่างค่าความเร็ว V85 ระหว่างองค์ประกอบที่ต่อเนื่องกันในสดมภ์ที่ 8 ผลการประเมินแสดงในสดมภ์ที่ 11 ของตารางที่ 4.3 ผู้วิจัยได้ตรวจสอบผลที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศต่างๆ พบว่าทุกแบบจำลองให้ผลการประเมินเหมือนกันคือทุกองค์ประกอบถูกประเมินว่าไม่เหมาะสม เนื่องจากความเร็วในช่วงทางตรงมีค่ามากกว่าความเร็วในช่วงทางโค้งอยู่ในช่วงระหว่าง 40-70 กม./ชม.มากกว่า 20 กม./ชม.

<u>เส้นผังความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง</u>

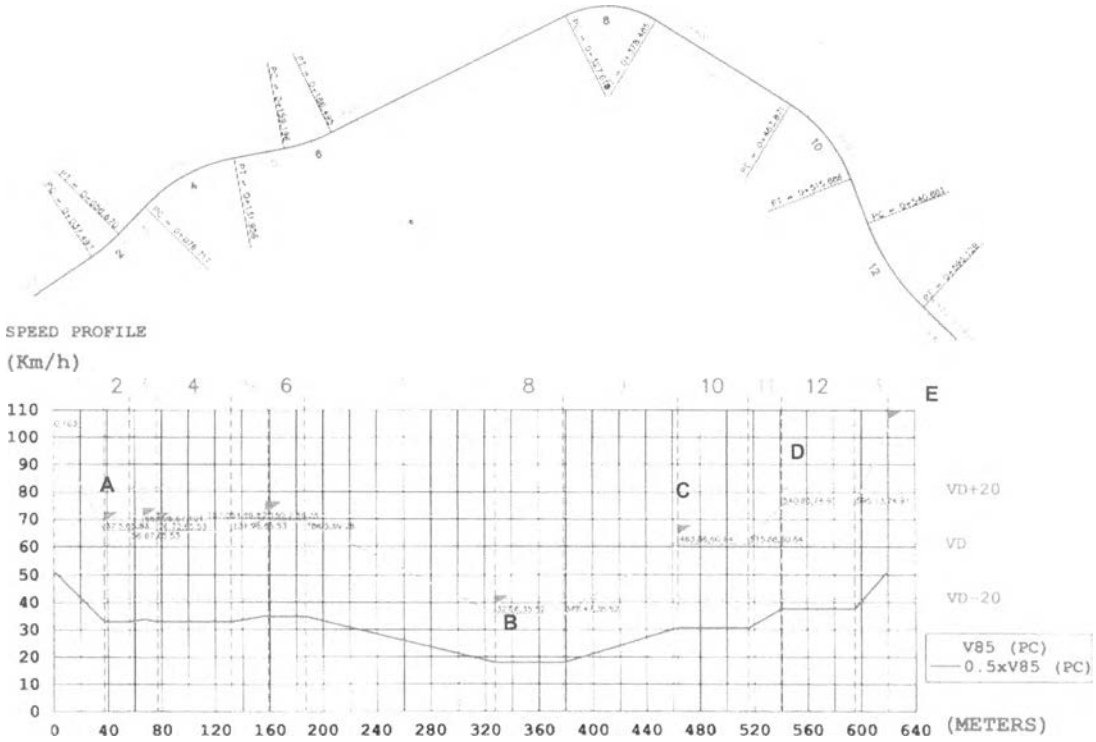
ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบเส้นผังความเร็วที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศต่างๆ ได้ผลดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 เส้นผังความเร็วของรถยนต์นั่งที่คำนวณได้จากแบบจำลองของประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และ สหพันธรัฐเยอรมัน

รูปที่ 4.9 ให้เห็นว่าเส้นผังความเร็วที่ได้จากแบบจำลองของสหพันธรัฐเยอรมันจะแตกต่างจากแบบจำลองของสหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย ในบริเวณตำแหน่งองค์ประกอบทางตรงตอนที่ 7 และ 9 เนื่องจากในช่วงทางตรงดังกล่าวมีการเร่งและลดความเร็วลงเพื่อเข้าสู่ทางโค้งถัดไป ในขณะที่เส้นผังความเร็วของสหรัฐอเมริกา และออสเตรเลียจะมีแต่การเร่งหรือลด

ความเร็วเพียงอย่างเดียวเพื่อเข้าสู่โค้งถัดไป นอกจากนี้ผลการประเมินความสอดคล้องของความเร็วซึ่งแสดงโดยสีธงนั้นผลการประเมินของแบบจำลองสหพันธรัฐเยอรมันก็แตกต่างจากผลจากแบบจำลองสหรัฐอเมริกา และ ออสเตรเลีย โดยที่เส้นผังความเร็วของแบบจำลองสหพันธรัฐเยอรมันที่จุด C ถูกประเมินว่า พอใช้ ในขณะที่เส้นผังความเร็วของสหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย ถูกประเมินว่า ไม่เหมาะสม ผลการประเมินที่แตกต่างกันเนื่องจากค่าความเร็ว V85 ซึ่งได้มาจากแบบจำลองของแต่ละประเทศมีค่าแตกต่างกันนั่นเอง



รูปที่ 4.10 เส้นผังความเร็วของรถยนต์นั่ง ที่ได้จากการเลือกแบบจำลองของประเทศสหรัฐอเมริกา และองค์ประกอบแนวทางราบของถนน

จากตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัย ทำให้ทราบว่าแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCR กับความเร็ว V85 ของประเทศสหรัฐอเมริกา เหมาะสมกับตัวอย่างของถนนที่นำมาวิเคราะห์ เนื่องจากค่าความเร็วออกแบบที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเร็วออกแบบของโครงการที่กำหนดโดยมาตรฐานทางหลวงชนบทชั้นที่ 2 ของกรมโยธาธิการ ผู้วิจัยจึงเลือกแบบจำลองของประเทศสหรัฐอเมริกา มาใช้ประเมินความปลอดภัยของแนวทางราบ ซึ่งจะได้เส้นผังความเร็วดังรูปที่ 4.10

- การประเมินความสอดคล้องในการออกแบบ (Design Consistency)

จากรูปที่ 4.10 พบว่ามีแนวทางราบ 2 องค์ประกอบที่ต้องพิจารณาคือองค์ประกอบตอนที่ 8 และ 12 ซึ่งตรงกับผลประเมินจากตารางข้อมูลตัวเลขแสดงผลการประเมินความปลอดภัยที่กล่าวมาข้างต้นดังนี้

องค์ประกอบตอนที่ 8 เนื่องจากเส้นผังความเร็ว V85 อยู่ใต้เส้น VD-20 กล่าวคือมีความเร็วต่ำกว่าความเร็วออกแบบมากกว่า 20 กม./ชม. เป็นจุดที่ไม่เหมาะสม ต้องดำเนินการแก้ไข

องค์ประกอบตอนที่ 12 เนื่องจากเส้นผังความเร็ว V85 อยู่ระหว่างเส้น VD+20 และ VD+10 เป็นจุดที่ควรปรับปรุงหากสามารถดำเนินการ

- การประเมินความสอดคล้องของความเร็ว (Speed Consistency)

จากรูปที่ 4.10 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของความเร็วพบว่าจุดที่ต้องดำเนินการแก้ไขมี 4 จุด คือจุด A B C และ E และจุดที่ควรดำเนินการปรับปรุง 1 จุดคือ จุด D ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพิจารณาดังนี้ คือ

กรณีจุด A และ E เป็นทางตรงที่จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดโครงการตามลำดับ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ต่อเชื่อมกับแนวเส้นทางอื่น โดยโปรแกรมจะใช้ค่าความเร็วในช่วงทางตรงดังกล่าวเริ่มจากค่าความเร็วสูงสุดในทางตรงของแต่ละแบบจำลอง ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีข้อมูลความเร็วของแนวเส้นทางที่มาต่อเชื่อม โดยค่าความเร็วสูงสุดดังกล่าวอาจจะไม่เกิดขึ้นจริงจึงไม่นำผลประเมินดังกล่าวมาใช้ในการพิจารณา

กรณีจุด B และ C เป็นผลเนื่องมาจากค่าความเร็วขององค์ประกอบตอนที่ 8 นั้นมีความเร็วต่ำเป็นจุดที่ต้องดำเนินการปรับปรุง โดยในเบื้องต้นมีนั้นแนวคิดในการแก้ไข 2 วิธี คือ

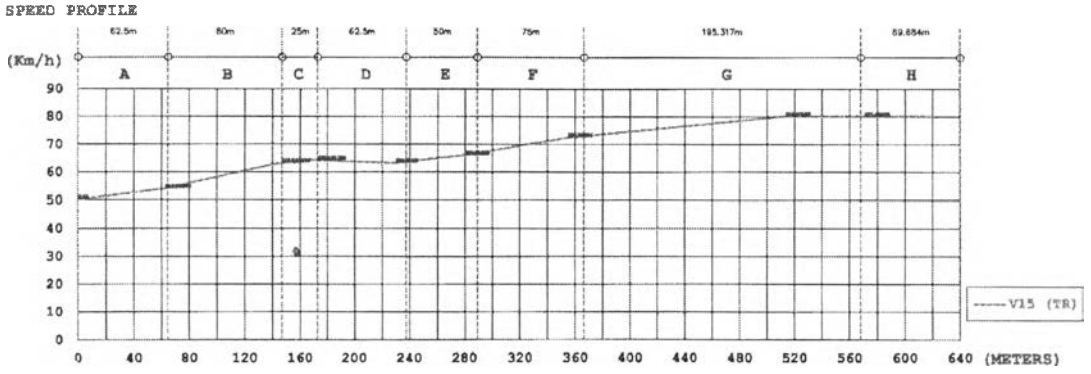
1) ดำเนินการปรับปรุงองค์ประกอบตอนที่ 8 ให้มีรัศมีโค้งเพิ่มขึ้นเพื่อให้ค่าความเร็วขององค์ประกอบตอนที่ 8 เพิ่มขึ้น
2) ลดความเร็วในช่วงทางโค้งข้างเคียงลง กล่าวคือการลดค่ารัศมีโค้งขององค์ประกอบตอนที่ 6 หรือ 10 ลงเพื่อให้ความเร็วในช่วงดังกล่าวอยู่ในระดับต่ำสอดคล้องกับความเร็วขององค์ประกอบตอนที่ 8

จากรูปที่ 4.4 ในการประเมินความปลอดภัยของแนวเส้นทางที่ผ่านมาข้างต้นนั้นเป็นการประเมินผลจากแนวทางราบ ในการประเมินผลจากแนวทางดิ่งนั้นจะประเมินจากความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุกที่วิ่งขึ้นทางลาดชัน

4.2.3 ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน

จากข้อมูลแนวทางดิ่งของถนน นำมาหาและตรวจสอบความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุกได้จากเมนูคำสั่ง Alignment Safety>Potential Speed>Potential Speed of Truck... ซึ่งข้อมูลนำออก ที่ได้จากโปรแกรมมีเพียงลักษณะเดียว คือ เส้นผังความเร็ว

เส้นผังความเร็ว

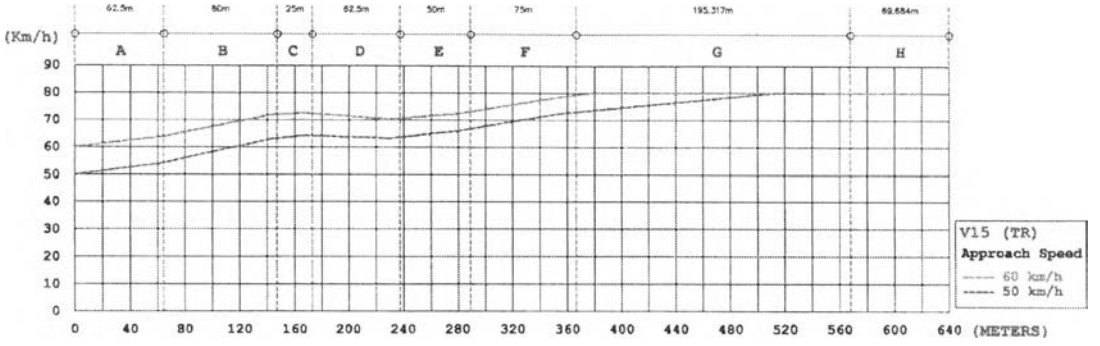


รูปที่ 4.11 เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชันของถนนที่นำมาวิเคราะห์

จากรูปที่ 4.11 แนวเส้นสีแดง คือ ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุกที่วิ่งบนลาดชัน (V15) ที่ตำแหน่งต่าง ๆบนแนวเส้นทาง ในการประเมินความปลอดภัยของแนวเส้นทางจะต้องอาศัยข้อมูลเส้นผังความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่ง (V85) ร่วมในการพิจารณา

4.2.4 การวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุก

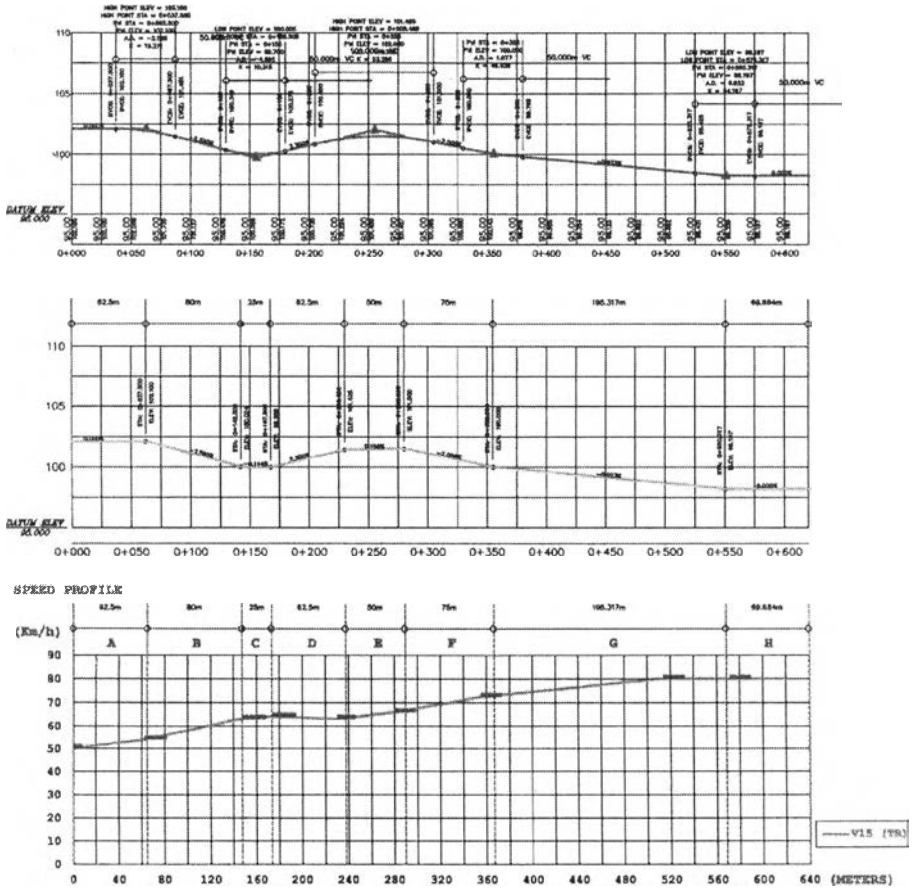
ผู้วิจัยพบว่า ค่าความเร็วเริ่มต้นที่รถบรรทุกวิ่งเข้าสู่ทางลาดชัน (Approach Speed) มีผลต่อลักษณะเส้นผังความเร็วของรถบรรทุกมาก ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่กำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นแตกต่างกัน

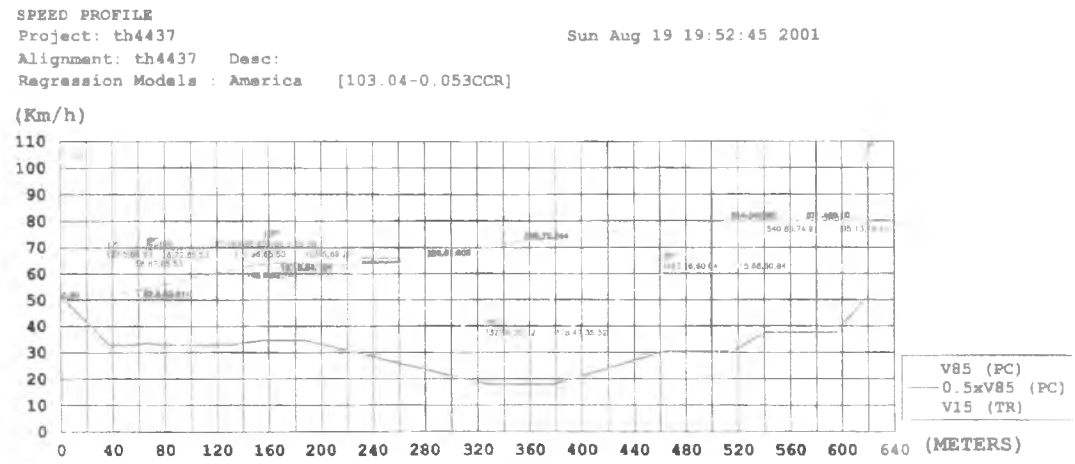
รูปที่ 4.12 เป็นเส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่กำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นที่วิ่งเข้าสู่ทางลาดชัน 50 และ 60 กม./ชม. จะเห็นได้ว่าค่าดังกล่าวส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังความเร็วขององค์ประกอบอื่นๆ ฉะนั้นการกำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นที่รถบรรทุกวิ่งเข้าสู่ทางลาดชันดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ Leisch (1977) เสนอแนวคิดว่าค่าความเร็วเฉลี่ยที่วิ่งในทางโค้งสำหรับรถบรรทุกจะน้อยกว่ารถยนต์นั่งอยู่ประมาณ 8 กม./ชม. จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าในกรณีที่องค์ประกอบเริ่มต้นของโครงการเป็นทางโค้ง หรือ ทางตรงที่ทราบค่าความเร็ว V85 ที่แน่นอน ค่าความเร็วเริ่มต้นที่วิ่งเข้าสู่ทางลาดชันสามารถกำหนดจากค่าความเร็ว V85 ขององค์ประกอบนั้นลบด้วย 8 กม./ชม. ส่วนกรณีองค์ประกอบเริ่มต้นของโครงการเป็นทางตรงที่ไม่ทราบค่าความเร็ว V85 ที่แน่นอนดังตัวอย่างถนนที่นำมาวิเคราะห์ ค่าดังกล่าวจะกำหนดจากค่าความเร็วออกแบบลบด้วยค่าความเร็ว 8 กม./ชม.

ฉะนั้นจากค่าความเร็วออกแบบของโครงการเท่ากับ 60 กม./ชม. ผู้วิจัยจึงกำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นที่วิ่งเข้าสู่ทางโค้งเท่ากับ 50 กม./ชม. ซึ่งได้เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชันดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชันของตัวอย่างถนนที่นำมาวิเคราะห์ ซึ่งกำหนดค่าความเร็วเริ่มต้นที่วิ่งเข้าสู่ทางโค้งเท่ากับ 50 กม./ชม.

ในการประเมินความปลอดภัยจากเส้นผังความเร็วของรถบรรทุกนั้น จะต้องนำข้อมูลเส้นผังความเร็วของรถยนต์นั่งมาร่วมเป็นข้อมูลประกอบในการประเมินด้วยดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 เส้นผังความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งขึ้นบนทางลาดชัน และ
เส้นผังความเร็วของรถยนต์นั่งจากแบบจำลองของสหรัฐอเมริกา

การประเมินตามเกณฑ์ The 10 mph Rule

The 10 mph Rule ได้กำหนดว่าความเร็วที่เป็นไปได้ที่ตำแหน่งต่างๆ ของรถบรรทุกไม่ควรต่ำกว่ารถยนต์นั่งเกินกว่า 10 mph หรือ 15 กม./ชม. ซึ่งจากรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกของแนวเส้นทางค่าความเร็วของรถยนต์นั่งจะสูงกว่ารถบรรทุกเกินกว่า 15 กม./ชม.ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบเริ่มต้นเป็นทางตรงไม่สามารถกำหนดค่าความเร็วของรถยนต์นั่งที่แน่นอนเนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่ต่อเนื่องมาจากแนวเส้นทางอื่น อย่างไรก็ตามในองค์ประกอบที่เหลือทำให้ทราบว่าแนวทางดิ่งของถนนนั้นมีความปลอดภัยตามเกณฑ์ประเมินดังกล่าว

ช่องจราจรพิเศษสำหรับให้รถบรรทุกวิ่งขึ้นบนทางลาดชัน

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าเส้นความเร็วของรถบรรทุกอยู่เหนือเส้นความเร็ว 0.5xV85 ของรถยนต์นั่งแสดงว่าความลาดชันของแนวทางดิ่งดังกล่าวไม่เป็นอุปสรรคที่จะชะลอความเร็วของรถบรรทุกจนรถบรรทุกเป็นสิ่งกีดขวางของรถยนต์นั่ง กล่าวคือ ไม่มีความจำเป็นที่ต้องออกแบบช่องจราจรพิเศษที่ให้รถบรรทุกวิ่งขึ้นบนทางลาดชัน (Climbing Lane)

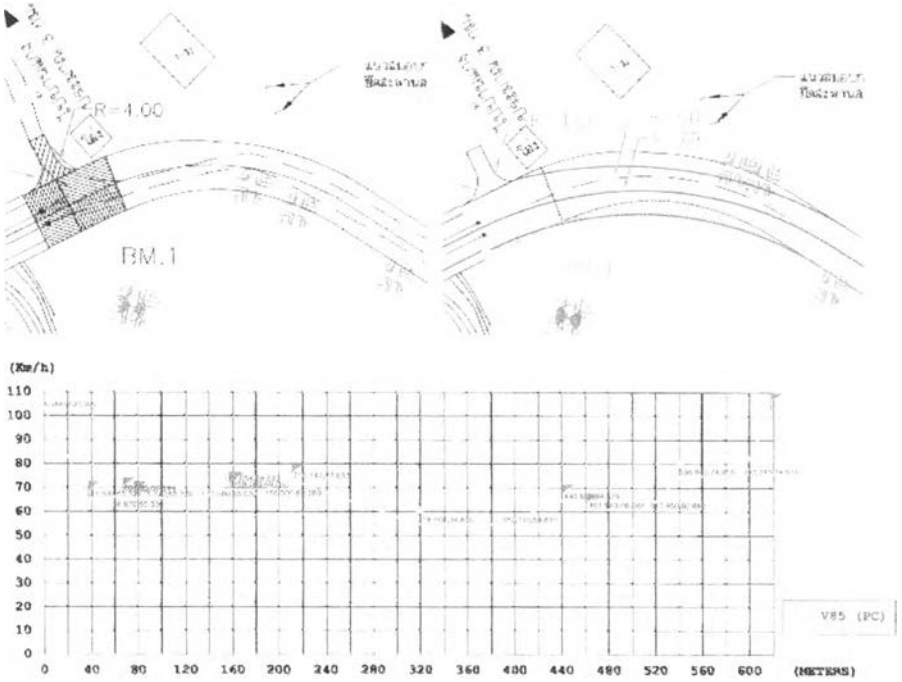
ในการพิจารณาออกแบบช่องจราจรพิเศษสำหรับให้รถบรรทุกวิ่งขึ้นบนทางลาดชันตามมาตรฐาน AASHTO นั้นจะพิจารณาความปลอดภัยควบคู่ไปกับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วย จึงกำหนดว่าแนวเส้นทางที่มีเงื่อนไขครบทั้ง 3 ประการดังต่อไปนี้ สมควรที่จะมีช่องจราจรพิเศษสำหรับให้รถบรรทุกวิ่งขึ้นบนทางลาดชัน คือ

1) มีปริมาณจราจรที่วิ่งขึ้นทางลาดชันเกินกว่า 200 คันต่อชั่วโมง

2) มีปริมาณรถบรรทุกหนักที่วิ่งขึ้นทางลาดชันเกินกว่า 20 คันต่อชั่วโมง
3) มีเหตุการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้เกิดขึ้น คือ
   - ความเร็วของรถบรรทุกลดลงมากกว่า 15 km/h
   - ระดับการให้บริการ E หรือ F บนช่วงทางลาดชัน
   - ระดับการให้บริการลดลง 2 ระดับหรือมากกว่า ก่อนขึ้นทางลาดชัน

4.2.5 สรุปการวิเคราะห์ผลการคำนวณความเร็วที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา

จากการตรวจสอบความเร็วเป็นไปได้ของแนวเส้นทางโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย ทำให้ทราบว่ามีจุดที่ควรจะดำเนินการแก้ไขคือ องค์ประกอบตอนที่ 8 ซึ่งเดิมเป็นทางโค้งที่มีรัศมีโค้ง 50 เมตร ควรปรับแก้ให้มีรัศมีโค้งไม่น้อยกว่า 70 เมตร ซึ่งเมื่อดำเนินการปรับแก้รัศมีโค้งเป็น 70 เมตรแล้ว และได้ตรวจสอบความเร็วที่เป็นไปได้โดยใช้แบบจำลองของสหรัฐอเมริกา พบว่า สามารถแก้ไขจุดบกพร่องดังกล่าวจากไม่เหมาะสมเป็นพอใช้ ดังรูปที่ 4.15

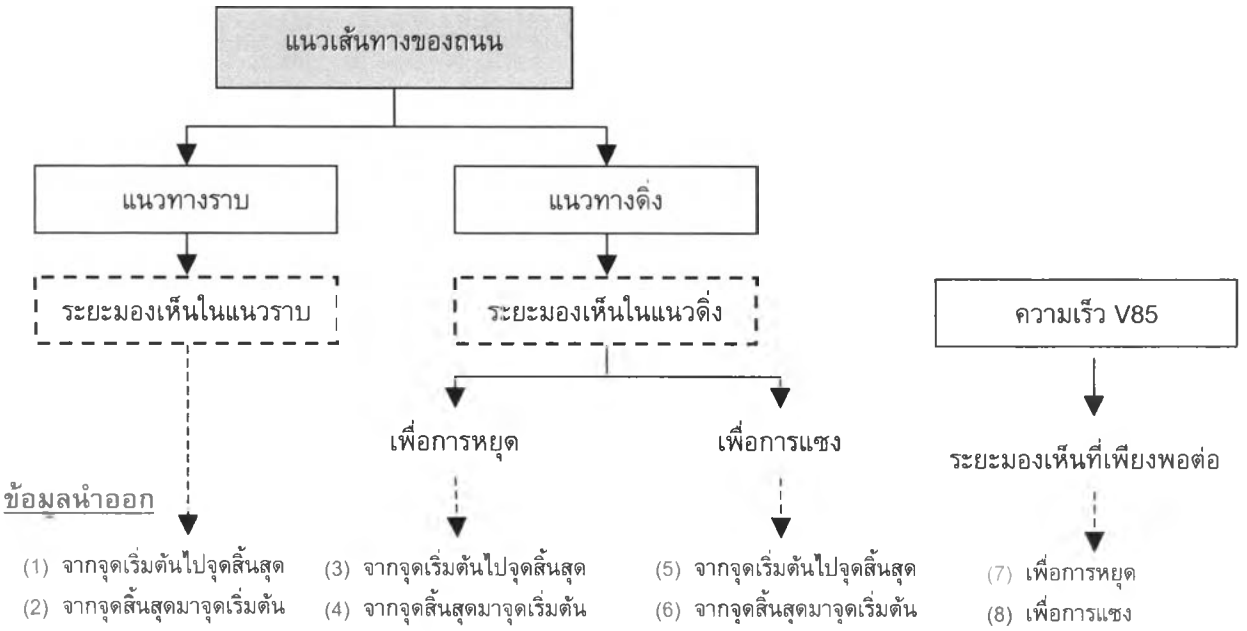


รูปที่ 4.15 เส้นผังความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่งของแนวเส้นทางที่ได้ปรับแก้โดยเลือกแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง CCR กับ V85 ของสหรัฐอเมริกา

อย่างไรก็ตามการดำเนินการดังกล่าว จำเป็นต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติมบริเวณทางโค้งอีกประมาณ 95 ตร.ม. หากไม่สามารถดำเนินการได้อาจใช้การออกแบบป้ายเตือน หรือป้ายจำกัดความเร็ว 40 กม./ชม. ให้ผู้ขับขี่รับรู้ล่วงหน้าและระมัดระวังในการขับขี่ เป็นต้น

4.3 การวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา

จากแนวทางราบและแนวทางดิ่งของโครงการที่ได้จัดเตรียมไว้ในโปรแกรม Softdesk นำมาวิเคราะห์ระยะมองเห็นของแนวเส้นทางโดยใช้โปรแกรมหาและตรวจสอบระยะมองเห็นของแนวทางราบและแนวทางดิ่งตามขั้นตอนต่างๆ ที่นำเสนอดังรูปที่ 4.16



การวิเคราะห์

1. การกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณ
2. ระยะมองเห็นเพื่อการ**หยุด**ที่ปลอดภัย (Stopping Sight Distance)
   - 1.1 ทิศทางการพิจารณาจากจุด**เริ่มต้น**ไปจุด**สิ้นสุด**
     ข้อมูลนำออกที่ใช้ในการพิจารณาได้แก่หมายเลข **(1)** **(3)** และ (7)
   - 1.2 ทิศทางการพิจารณาจากจุด**สิ้นสุด**มาจุด**เริ่มต้น**
     ข้อมูลนำออกที่ใช้ในการพิจารณาได้แก่หมายเลข **(2)** **(4)** และ (7)
3. ระยะมองเห็นเพื่อการ**แซง**ที่ปลอดภัย (Passing Sight Distance)
   - 2.1 ทิศทางการพิจารณาจากจุด**เริ่มต้น**ไปจุด**สิ้นสุด**
     ข้อมูลนำออกที่ใช้ในการพิจารณาได้แก่หมายเลข **(1)** **(5)** และ **(8)**
   - 2.2 ทิศทางการพิจารณาจากจุด**สิ้นสุด**มาจุด**เริ่มต้น**
     ข้อมลนำออกที่ใช้ในการพิจารณาได้แก่หมายเลข **(2)** **(6)** และ **(8)**
4. ค่าการประเมินระดับการให้บริการจาก
   - Sight Distance Index
   - Percent No Passing Zone

รูปที่ 4.16 แผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา

จากรูปที่ 4.16 ผู้วิจัยจะนำเสนอเนื้อหาการวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ
   1.1)ระยะมองเห็นในแนวราบ
   1.2)ระยะมองเห็นในแนวดิ่ง แบ่งเป็น
   - เพื่อการหยุดที่ปลอดภัย
   - เพื่อการแซงที่ปลอดภัย
   1.3)ระยะมองเห็นที่เพียงพอต่อ... แบ่งเป็น
   - การหยุดที่ปลอดภัย
   - การแซงที่ปลอดภัย

2) การวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา แบ่งเป็น 4 ส่วน
   2.1)การกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณ
   2.2)ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย (Stopping Sight Distance)
   - ทิศทางการพิจารณาจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด
   - ทิศทางการพิจารณาจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น
   2.3)ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย (Passing Sight Distance)
   - ทิศทางการพิจารณาจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้น
   - ทิศทางการพิจารณาจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่ม
   2.4)ค่าการประเมินระดับการให้บริการจาก
   - Sight Distance Index
   - Percent No Passing Zone

4.3.1 ผลการคำนวณระยะมองเห็นที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนา

4.3.1.1 ระยะมองเห็นในแนวราบ

จากข้อมูลสำรวจสภาพภูมิประเทศ และข้อมูลแนวเส้นทาง นำมาจัดเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการหาระยะมองเห็นในแนวราบ 2 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลเส้นบดบังการมองเห็น และข้อมูลตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทาง จากนั้นจะใช้คำสั่ง Sight Distance > Horizontal Sight Distance... จากเมนูคำสั่งของโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อหาระยะมองเห็นในแนวราบ

ข้อมูลเส้นบดบังการมองเห็นเตรียมจากข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ได้ดังรูปที่ 4.17

สภาพภูมิประเทศและสาธารณูปโภค แนวเส้นบดบังจากสภาพภูมิประเทศ

รูปที่ 4.17 แนวเส้นบดบังการมองเห็นที่เตรียมจากข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ที่ กม. 0+175

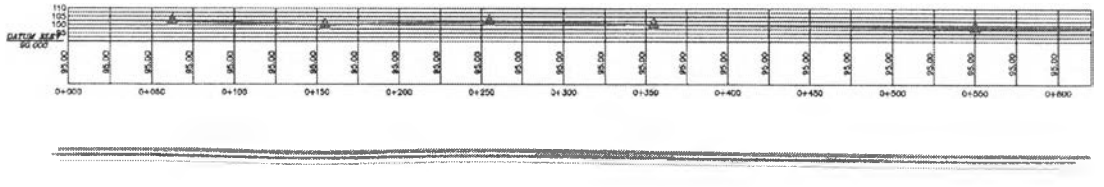
ข้อมูลตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทาง เตรียมจากโปรแกรม Softdesk จากคำสั่ง Align> Locate Points> Measure Alignment

ข้อมูลนำออก (Output Data) จะเป็นข้อมูลระยะมองเห็นในแนวทางราบที่จุดต่างๆบนแนวเส้นทาง 2 ทิศทางคือ จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด และจากจุดสิ้นสุดมายังจุดเริ่มต้น แล้วนำไปแสดงเป็นเส้นผังระยะมองเห็นโดยใช้คำสั่ง Sight Distance > Sight Distance Profile ... จากเมนูคำสั่งของโปรแกรมที่พัฒนา

4.3.1.2 ระยะมองเห็นในแนวดิ่ง

ข้อมูลแนวทางดิ่ง นำมาจัดเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการหาระยะมองเห็นในแนวดิ่ง 2 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลเส้นแนวทางดิ่ง และข้อมูลตำแหน่งต่างๆบนแนวทางดิ่ง จากนั้นจะใช้คำสั่ง Sight Distance > Vertical Sight Distance... จากเมนูคำสั่งของโปรแกรมที่ได้พัฒนาเพื่อหาระยะมองเห็นในแนวดิ่ง

ข้อมูลเส้นแนวทางดิ่ง และข้อมูลตำแหน่งต่างๆบนแนวทางดิ่ง แสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ข้อมูลแนวเส้นดิ่งที่มีความสูงตามจริงและตำแหน่งต่างๆบนแนวทางดิ่ง

ข้อมูลนำออก (Output Data) จะเป็นข้อมูลระยะมองเห็นในแนวทางดิ่งที่จุดต่างๆบนแนวเส้นทาง 2 ทิศทางคือ จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด และจากจุดสิ้นสุดมายังจุดเริ่มต้น แล้วนำไปแสดงเป็นเส้นผังระยะมองเห็นโดยใช้คำสั่ง Sight Distance > Sight Distance Profile ... จากเมนูคำสั่งของโปรแกรมที่พัฒนา เช่นเดียวกันกับระยะมองเห็นในแนวราบ

4.3.1.3 ระยะมองเห็นที่เพียงพอต่อหยุดและแซงที่ปลอดภัย

ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย (Stopping Sight Distance) เป็นระยะโดยประมาณ ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 2.3 โดยกำหนดเวลารับรู้-สั่งการ 2.5 วินาที สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.3 และ ความลาดเอียง 0 % (ไม่คำนึงถึงผลของแนวทางดิ่ง) ส่วนความเร็วนั้นใช้ความเร็ว V85 ซึ่งคำนวณมาจากโปรแกรมหาและตรวจสอบความเร็วที่เป็นไปได้

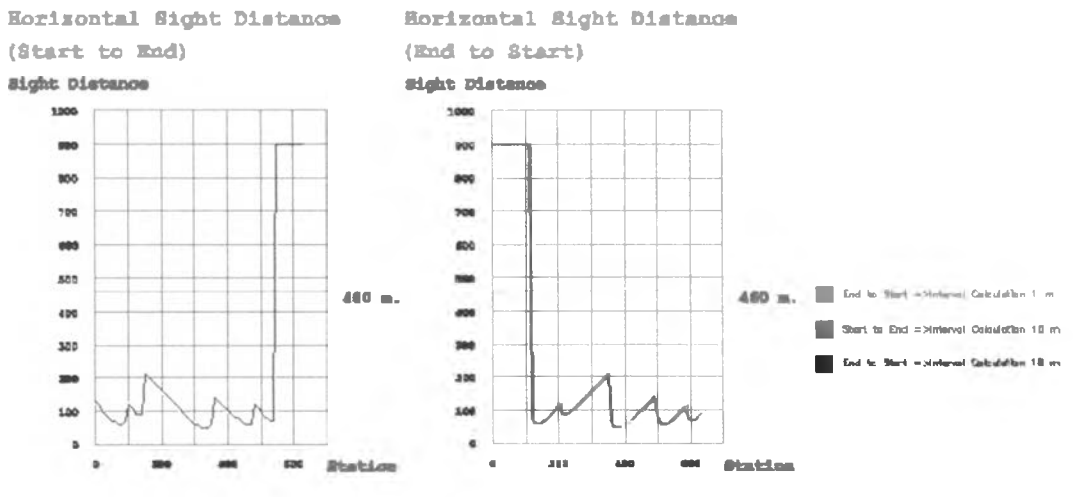
ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย (Passing Sight Distance) เป็นระยะมองเห็นโดยประมาณ ซึ่งคำนวณจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัยกับความเร็ว รูปที่ 2.12 โดยความเร็วนั้นใช้ความเร็ว V85 ซึ่งคำนวณมาจากโปรแกรมหาและตรวจสอบความเร็วที่เป็นไปได้

4.3.2 การวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นจากโปรแกรมที่พัฒนา

4.3.2.1 การกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณ

สิ่งที่สำคัญและมีผลต่อผลการคำนวณอย่างมากคือการกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณหาระยะมองเห็น ซึ่งตามมาตรฐานของ AASHTO ได้กำหนดค่าดังกล่าวไว้ว่า หากระยะมองเห็นในช่วงนั้นมีค่ามากกว่า 900 เมตร จะกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณทุกๆ 50 เมตร หากมีระยะมองเห็นต่ำกว่าให้กำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณทุกๆ 10 เมตร

ผู้วิจัยพบว่า การกำหนดค่าความความละเอียดในการคำนวณหาระยะมองเห็นทุกๆ 10 เมตร นั้นเหมาะสมเนื่องจากให้ผลการคำนวณไม่แตกต่างจากการกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณทุกๆระยะ 1 เมตร มากนัก ดังรูป



รูปที่ 4.19 เส้นผังระยะมองเห็นในแนวราบกำหนดค่าความละเอียด
ในการคำนวณทุกๆ 1 เมตรและ 10 เมตร

อย่างไรก็ตามโปรแกรมที่พัฒนาหากกำหนดค่าความละเอียดในการคำนวณแตกต่างกัน จะใช้เวลาในการคำนวณแตกต่างกันมากดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เวลาที่ใช้ในการคำนวณหาระยะมองเห็นในแนวราบ ของตัวอย่างถนนที่นำมาวิเคราะห์

ค่าความละเอียดในการคำนวณ	เวลาที่ใช้ในการคำนวณ	
	นาที	วินาที
ทุกๆ ระยะ 30 เมตร	-	4
ทุกๆ ระยะ 10 เมตร	-	20
ทุกๆ ระยะ 1 เมตร	40	15

หมายเหตุ ค่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ PC เครื่องเดียวกัน

ทั้งนี้เวลาในการคำนวณดังกล่าวขึ้นกับลักษณะสภาพภูมิประเทศ ลักษณะของแนวเส้นทาง ประสิทธิภาพเครื่องที่ใช้ในการคำนวณ

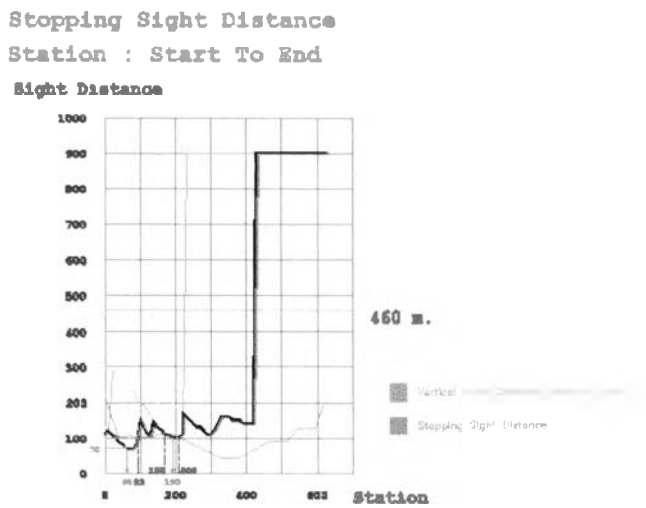
4.3.2.2 ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย (Stopping Sight Distance)

ทิศทางการพิจารณาจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด

ข้อมูลนำออกที่ใช้ในการพิจารณา

1) ระยะมองเห็นในแนวราบ จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด
2) ระยะมองเห็นในแนวดิ่งเพื่อการหยุดที่ปลอดภัยจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด
3) ระยะมองเห็นที่เพียงพอต่อการหยุดที่ปลอดภัย

แสดงดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 เส้นผังระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัยจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด

จากรูปที่ 4.20 ทำให้ทราบแนวเส้นทางมีช่วงที่มีระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการหยุดรถอย่างปลอดภัยอยู่ 2 ช่วง คือตั้งแต่ กม.ที่ 0+000 ถึง 0+093 และตั้งแต่ กม.ที่ 0+169 ถึง 0+209 ซึ่งไม่ปลอดภัยและจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไข สรุปได้ดังตารางที่ 4.7

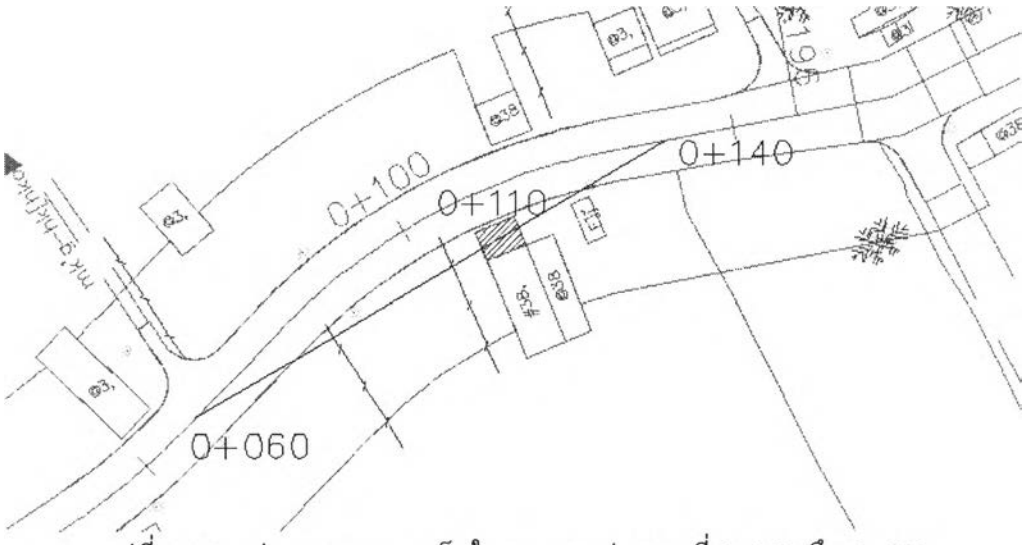
ตารางที่ 4.7 การหาตำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็น (จากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด)

ช่วงที่มีระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการหยุดที่ปลอดภัย		เนื่องจากแนวเส้นทาง	ตำแหน่งที่มีระยะมองเห็นต่ำสุดในช่วง	ระยะมองเห็นต่ำสุดในช่วง	จุดตรวจสอบแนวการมองเห็น	ตำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็น
กม. เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด		กม.ที่	ม.	กม.ที่	กม.ที่
0+000	0+093	แนวราบ	0+060	70	0+140	0+110.000
0+169	0+209	แนวดิ่ง	0+190	100	0+300	0+243.247

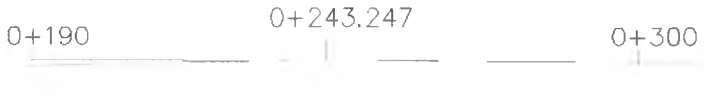
หมายเหตุ ค่าความละเอียดในการคำนวณทุกๆ 10 เมตร.

การหาตำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็น โดยการตรวจสอบว่าเกิดจากแนวเส้นทางใด แล้วตรวจสอบตำแหน่งที่มีระยะมองเห็นที่สุดในช่วงนำไปบวกกับระยะมองเห็นที่ตำแหน่งนั้นบวกกับค่าความละเอียดในการคำนวณเพื่อที่จะได้จุดตรวจสอบแนวการมองเห็น จากนั้นนำจุดที่มีระยะมองเห็นต่ำสุดในช่วง และจุดตรวจสอบแนวการมองเห็นที่คำนวณได้ ไปสร้างเส้นแนวการมองเห็นแล้วดำเนินการตรวจสอบว่าแนวเส้นดังกล่าวตัดกับอุปสรรคสิ่งกีดขวางใด แล้วดำเนินการแก้ไขที่ตำแหน่งดังกล่าว

ตำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็นที่ได้ตรวจสอบแสดงได้ดังรูปที่ 4.21 และ 4.22



รูปที่ 4.21 อุปสรรคการมองเห็นในแนวราบช่วงกม.ที่ 0+000 ถึง 0+093



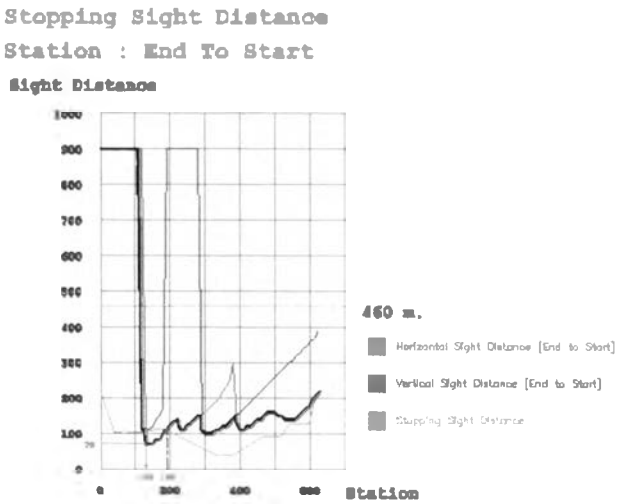
รูปที่ 4.22 อุปสรรคการมองเห็นในแนวดิ่งช่วงกม.ที่ 0+169 ถึง 0+209

<u>ทิศทางการพิจารณาจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น</u>

ข้อมูลนำออกที่ใช้ในการพิจารณา

1) ระยะมองเห็นในแนวราบ จากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น
2) ระยะมองเห็นในแนวดิ่งเพื่อการหยุดที่ปลอดภัยจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น
3) ระยะมองเห็นที่เพียงพอต่อการหยุดที่ปลอดภัย

แสดงดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 เส้นผังระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัยจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น

จากรูปที่ 4.23 ทำให้ทราบแนวเส้นทางมีช่วงที่มีระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการหยุดรถอย่างปลอดภัยอยู่ 1 ช่วง ซึ่งไม่ปลอดภัยและจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไข สรุปได้ดังตารางที่ 4.8

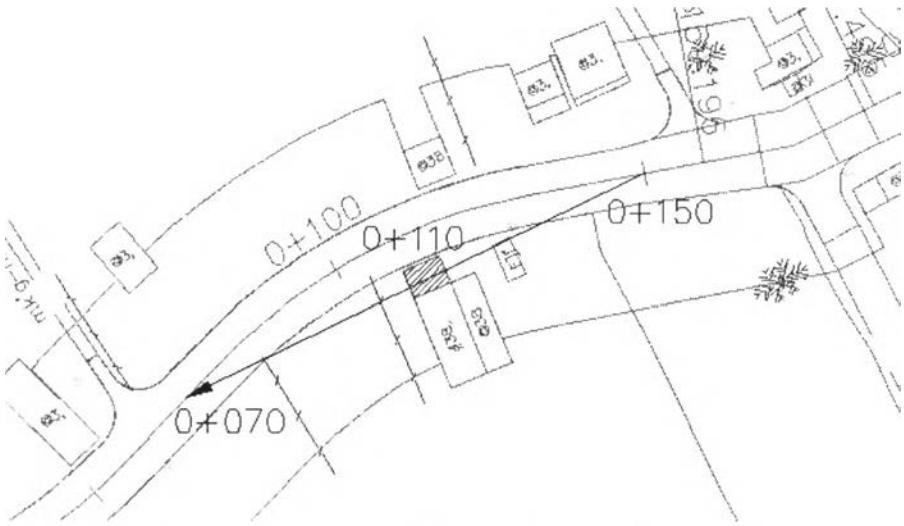
ตารางที่ 4.8 การหาตำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็น (จากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น)

ช่วงที่มีระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการหยุดที่ปลอดภัย		เนื่องจากแนวเส้นทาง	ตำแหน่งที่มีระยะมองเห็นต่ำสุดในช่วง	ระยะมองเห็นต่ำสุดในช่วง	จุดตรวจสอบแนวการมองเห็น	ตำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็น
กม. เริ่มต้น	กม.สิ้นสุด		กม.ที่	ม.	กม.ที่	กม.ที่
0+130	0+190	แนวราบ	0+150	70	0+070	0+110.000

<u>หมายเหตุ</u> ค่าความละเอียดในการคำนวณทุกๆ 10 เมตร.

การหาตำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็น โดยการตรวจสอบว่าเกิดจากแนวเส้นทางใด แล้วตรวจสอบตำแหน่งที่มีระยะมองเห็นที่สุดในช่วงนำไปลบกับระยะมองเห็นที่ตำแหน่งนั้น แล้วลบกับค่าความละเอียดในการคำนวณเพื่อที่จะได้จุดตรวจสอบแนวการมองเห็น จากนั้นนำจุดที่มีระยะมองเห็นต่ำสุดในช่วง และจุดตรวจสอบแนวการมองเห็นที่คำนวณได้ ไปสร้างเส้นแนวการมองเห็นแล้วดำเนินการตรวจสอบว่าแนวเส้นดังกล่าวตัดกับอุปสรรคสิ่งกีดขวางใด แล้วดำเนินการแก้ไขที่ตำแหน่งดังกล่าว

ตำแหน่งที่เป็นอุปสรรคการมองเห็นที่ได้ตรวจสอบแสดงได้ดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 อุปสรรคการมองเห็นในแนวราบช่วงกม.ที่ 0+130 ถึง 0+190

จากรูปที่ 4.24 ทำให้ทราบว่าอุปสรรคการมองเห็นในแนวราบเป็นตำแหน่งเดียวกันกับทิศทางจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุดโครงการ

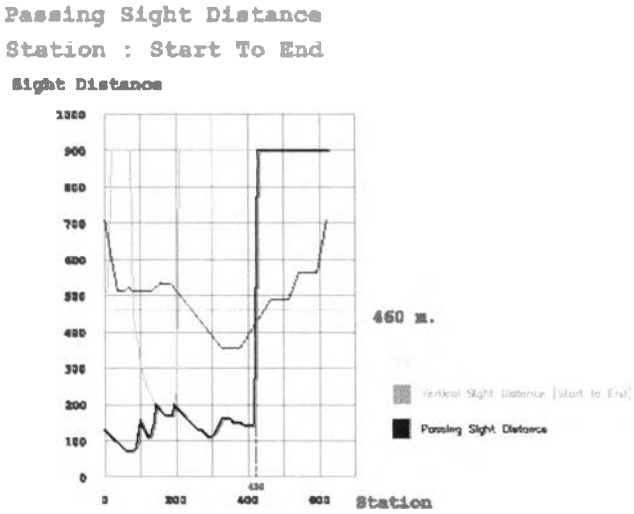
4.3.2.3 ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย (Passing Sight Distance)

<u>ทิศทางการพิจารณาจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด</u>

ข้อมูลนำออกที่ใช้ในการพิจารณา

1) ระยะมองเห็นในแนวราบ จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด
2) ระยะมองเห็นในแนวดิ่งเพื่อการแซงที่ปลอดภัยจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด
3) ระยะมองเห็นที่เพียงพอต่อการแซงที่ปลอดภัย

แสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 เส้นผังระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัยจากจุดเริ่มต้นไปจุดสิ้นสุด

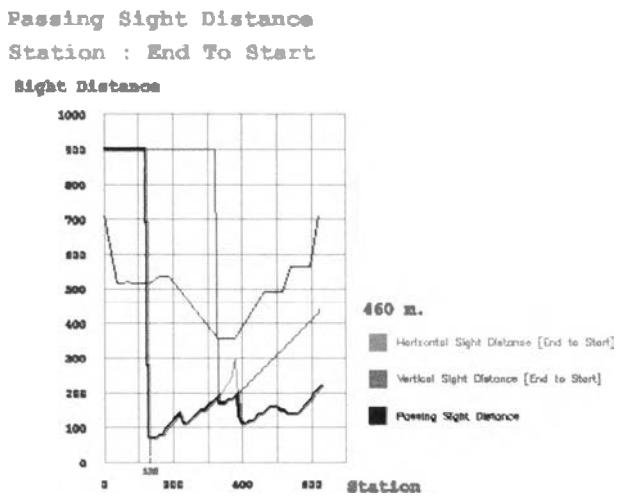
จากรูปที่ 4.25 พบว่า แนวเส้นทางมีระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการแซงที่ปลอดภัย อย่างไรก็ตามตั้งแต่ตำแหน่ง กม.ที่ 0+420 แสดงค่าระยะมองเห็นเท่ากับ 900 ม.นั้น เนื่องจากแนวเส้นมองเห็นไปสิ้นสุดที่จุดสิ้นสุดโครงการซึ่งไม่มีข้อมูลสภาพภูมิประเทศและตำแหน่งบนเส้นทางอีกต่อไป ผู้พัฒนาโปรแกรมจึงกำหนดระยะมองเห็นที่ตำแหน่งนั้นมีค่าเท่ากับ 900 ม.

<u>ทิศทางการพิจารณาจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น</u>

ข้อมูลนำออกที่ใช้ในการพิจารณา

1) ระยะมองเห็นในแนวราบ จากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น
2) ระยะมองเห็นในแนวดิ่งเพื่อการแซงที่ปลอดภัยจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น
3) ระยะมองเห็นที่เพียงพอต่อการแซงที่ปลอดภัย

แสดงดังรูปที่ 4.26



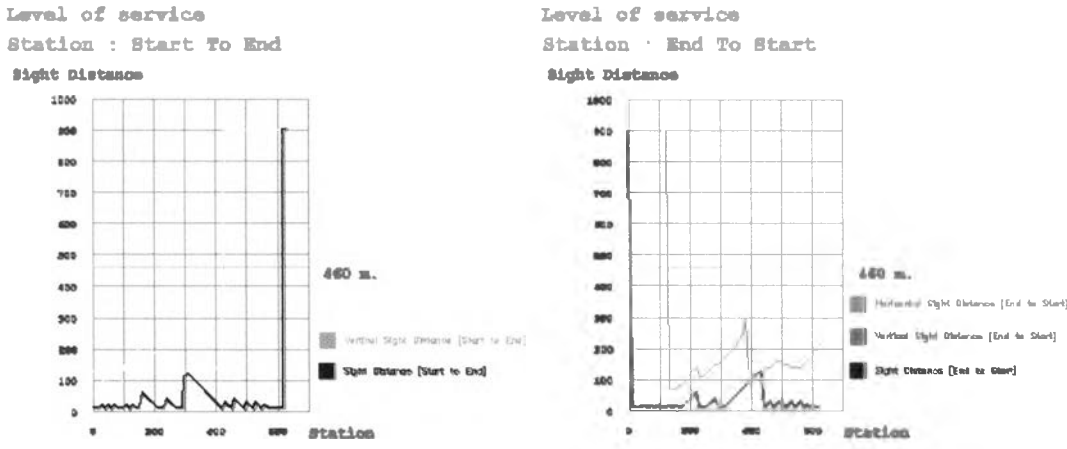
รูปที่ 4.26 เส้นผังระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัยจากจุดสิ้นสุดมาจุดเริ่มต้น

จากรูปที่ 4.26 พบว่า แนวเส้นทางมีระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการแซงที่ปลอดภัย อย่างไรก็ตามตั้งแต่ตำแหน่ง กม.ที่ 0+000 ถึง 0+130 แสดงค่าระยะมองเห็นเท่ากับ 900 ม.นั้น เนื่องจากแนวเส้นมองเห็นไปสิ้นสุดที่จุดเริ่มโครงการ ซึ่งไม่มีข้อมูลสภาพภูมิประเทศและตำแหน่งบนเส้นทางอีกต่อไป ผู้พัฒนาโปรแกรมจึงกำหนดระยะมองเห็นที่ตำแหน่งนั้นมีค่าเท่ากับ 900 ม.

4.3.2.4 ค่าการประเมินระดับการให้บริการจาก Sight Distance Index และ Percent No Passing Zone

Sight Distance Index

คำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟเฉพาะช่วงที่มีระยะมองเห็นมากกว่า 460 เมตร รวมกันแล้วหารด้วยความยาวของถนนทั้งหมด จากรูปที่ 4.27 เป็นระยะมองเห็นที่คำนวณได้จากโปรแกรม โดยกำหนดขนาดความสูงของวัตถุ 0 ม. และความสูงของตาผู้ขับขี่ 1.15 ม.ตามมาตรฐาน HCM ปี ค.ศ. 1965 ซึ่งสามารถหาค่า Sight Distance Index เท่ากับ 0 ทั้งสองทิศทาง เนื่องจากไม่มีช่วงใดที่มีระยะมองเห็นมากกว่า 460 เมตร



รูปที่ 4.27 เส้นผังระยะมองเห็นสำหรับหาค่า Sight Distance Index และ Percent No Passing Zone

Percent No Passing Zone

ค่า Percent No Passing Zone คำนวณจากการรวมระยะทางที่มีระยะมองเห็นที่ต่ำกว่า 460 เมตร แล้วหารด้วยความยาวแนวเส้นทางทั้งหมดคูณด้วยร้อย จากรูปที่ 4.27 สามารถหาค่า Percent No Passing Zone เท่ากับ 100 % ทั้งสองทิศทาง หรือกล่าวได้ว่าตลอดแนวเส้นทางไม่มีช่วงที่สามารถแซงได้อย่างปลอดภัย

4.3.3 สรุปการวิเคราะห์ผลการคำนวณระยะมองเห็นจากโปรแกรมที่พัฒนา

จากการตรวจสอบระยะมองเห็นของแนวเส้นทางโครงการก่อสร้างสะพานข้ามลำน้ำแควน้อย ทำให้ทราบว่า

1. บริเวณ กม.ที่ 0+110 มีสิ่งก่อสร้างบดบังการมองเห็นในแนวราบ ทำให้ระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการหยุดรถอย่างปลอดภัย
2. องค์ประกอบแนวทางดิ่ง ที่ กม. 0+243.247 จะเป็นอุปสรรคการมองเห็นในแนวดิ่งในทิศทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด ทำให้ระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการหยุดรถอย่างปลอดภัย
3. แนวเส้นทางมีระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการแซงที่ปลอดภัยตลอดแนวเส้นทาง

จากที่กล่าวมาจะใช้เป็นข้อมูลนำไปออกแบบป้ายเตือน และ การตีเส้นจราจร (Marking) และปรับปรุงแก้ไขแนวเส้นทาง ได้ดังนี้

1. เนื่องจากแนวเส้นทางมีระยะมองเห็นไม่เพียงพอต่อการแซงที่ปลอดภัยตลอดแนวเส้นทาง การตีเส้นแบ่งช่องจราจรต้องเป็นแนวเส้นทึบตลอดเส้นทาง
2. บริเวณ กม.ที่ 0+110 หากไม่สามารถดำเนินการรื้อย้ายสิ่งปลูกสร้างที่เป็นอุปสรรคต่อการมองเห็น ได้ให้ดำเนินการติดตั้งป้ายจำกัดความเร็ว 50 กม./ชม. ทั้ง 2 ทิศทาง
3. แนวโค้งดิ่งที่บริเวณ กม.ที่ 0+243.247 ควรปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มความยาวโค้ง