

## บทที่ 2

### แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในบทนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการรวบรวมแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่จะเป็นประโยชน์กับการกำหนดแนวทาง และวิธีการพัฒนาโปรแกรมให้ถูกต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการออกแบบ โดยเนื้อหาแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ดังนี้

- 1) ทฤษฎีและมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบความเร็ว
- 2) การศึกษาและวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบความเร็ว
- 3) ทฤษฎีและมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระยะมองเห็น
- 4) การศึกษาและวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระยะมองเห็น
- 5) โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบทางเรขาคณิตของถนนในปัจจุบัน
- 6) สิ่งที่ได้รับจากการศึกษาที่ผ่านมา

เนื้อหาโดยสรุปการวิจัย มีดังต่อไปนี้

#### 2.1 ทฤษฎีและมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบความเร็ว

ความเร็วที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแนวเส้นทางมีหลายชนิดดังนี้

##### **ความเร็วออกแบบ (Design Speed)**

ASTHO (1994) เป็นค่าความเร็วสูงสุด ที่ยังคงปลอดภัยบนช่วงถนนที่มีสภาพตามลักษณะที่ใช้ออกแบบครอบคลุมอยู่ ค่าความเร็วออกแบบขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศ ปริมาณการจราจร และการใช้ที่ดิน รวมทั้งงบประมาณในการก่อสร้าง ความเร็วออกแบบเป็นค่าพื้นฐานที่กำหนดโดยผู้ออกแบบเพื่อใช้กำหนดมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับการออกแบบแนวเส้นทาง เช่น รัศมีโค้ง ความยาวโค้ง เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน ฯลฯ เป็นต้น และใช้เป็นแนวทางในการออกแบบองค์ประกอบต่างๆให้มีความสอดคล้อง และสมดุลกัน

##### **ความเร็วในการวิ่ง (Running speed)**

ASTHO (1994) เป็นค่าความเร็วที่ได้จากการนำระยะทางหารด้วยเวลาที่รถใช้ในการเคลื่อนที่ (Running time) ไม่รวมเวลาที่รถหยุด เป็นตัววัดพื้นฐานซึ่งใช้อธิบายการไหลของการจราจรเชิงปริมาณ และคุณภาพของแนวเส้นทาง ใช้ร่วมกับตัววัด ปริมาณจราจร และความหนาแน่น เพื่อแสดงความจุของทางหลวง ใช้ในการวางแผน กำหนดเกณฑ์ในการออกแบบทางเรขาคณิต และประเมินประสิทธิภาพของแนวเส้นทาง

### ความเร็วที่เป็นไปได้ (Potential speed)

Leisch (1977) เป็นความเร็วที่มาจากการคาดการณ์อุปนิสัยในการขับขี่ โดยคำนึงถึงผลกระทบทางเรขาคณิตของถนนที่มีต่อความเร็วที่ใช้ในการขับขี่ กล่าวคือคำนึงถึงรัศมีโค้งทางราบ ความลาดชัน ที่มีผลกระทบต่อความเร็วในการขับขี่ ในขณะที่ถนนมีปริมาณจราจรน้อย หรือไม่ มีผลกระทบระหว่างรถด้วยกัน (Free-flow condition) ความเร็วที่เป็นไปได้นี้ใช้ในการคาดการณ์ความเร็วที่จะเกิดขึ้นบนช่วงถนนที่ออกแบบ และใช้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็วในแต่ละส่วนขององค์ประกอบถนนในการตรวจสอบความสอดคล้องของความเร็ว (Consistency) ของแนวเส้นทาง

### ความเร็วในทางปฏิบัติ (Operating speed)

AASHTO (1994) เป็นความเร็วสูงสุดซึ่งผู้ขับขี่สามารถขับขี่ได้ภายในช่วงใดช่วงหนึ่งบนถนน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ และภายใต้เงื่อนไขของสภาพการจราจรขณะนั้น ใช้ร่วมกับตัววัดปริมาณจราจร และความหนาแน่น เพื่อแสดงระดับการให้บริการ ความเร็วในทางปฏิบัติจึงมาจากการสำรวจข้อมูลจราจร จากถนนที่ได้เปิดให้บริการแล้ว โดยใช้เป็นตัวแทนค่าความเร็วการจราจร เช่น ความเร็วที่ 50 หรือ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์ ในการอธิบายความเร็วที่เกิดขึ้น

### ความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์ (85th-percentile speed, V85)

Ruediger, Basil และ Theodor (1999) เป็นความเร็วของรถยนต์ที่ได้จากการสำรวจข้อมูลจราจรลำดับที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์ ซึ่งตามวิธีการหาความเร็วของประเทศสหพันธรัฐเยอรมัน ได้พัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้งกับความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์ เพื่อคาดการณ์ความเร็วของรถยนต์นั่งจากแนวเส้นทางของถนน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพิจารณาว่า ความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์ คือค่าความเร็วเดียวกันกับความเร็วที่เป็นไปได้ เนื่องจากเป็นความเร็วที่ได้จากการคาดการณ์จากแนวเส้นทางของถนน ซึ่งเรียกแตกต่างกันไปตามการศึกษาของแต่ละประเทศ

## 2.2 การศึกษาและวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบความเร็ว

Leisch (1977) เป็นรายงานการศึกษาเริ่มแรกในสหรัฐอเมริกา ที่ทำการคำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้จากองค์ประกอบของแนวเส้นทาง โดยใช้เทคนิคการเขียนผังเส้นความเร็ว (Speed Profile) มาประเมินความปลอดภัยที่ตำแหน่งต่างๆของถนน จากกฎซึ่งเรียกว่า "The 10 mph Rule" เนื่องจาก Leisch มีแนวคิดว่าการใช้เพียงแต่ค่าความเร็วออกแบบเป็นค่าที่ควบคุมการออกแบบ อาจนำไปสู่การออกแบบที่ไม่ปลอดภัย ถึงแม้ว่าค่าความเร็วออกแบบใช้กันมาหลายสิบปีนั้นจะเป็นค่าที่ใช้กำหนดขนาดองค์ประกอบแนวทางราบของถนน แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องในการคำนึงความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติคือไม่ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็ว

เมื่อเกิดการเปลี่ยนลักษณะแนวเส้นทาง เช่น ในเวลาที่รถวิ่งเข้าสู่ทางโค้งอาจจะต้องมีการลดความเร็วลงเป็นต้น นอกจากนี้พบว่าในบางครั้งค่าความเร็วออกแบบก็อาจจะมีค่าต่ำกว่าความเร็วในทางปฏิบัติทำให้แนวเส้นทางที่ออกแบบไม่ปลอดภัย จากที่กล่าวมา Leisch จึงให้ข้อคิดเห็น ในการจำกัดความเร็วและการประยุกต์ใช้ค่าความเร็วที่เป็นไปได้ เพื่อให้มีความปลอดภัยมากขึ้น วัตถุประสงค์เพื่อหาความเร็วที่สอดคล้องกับการคาดการณ์และพฤติกรรมของผู้ขับขี่ โดยได้ตั้งข้อสมมติฐานในการคำนวณหาความเร็วว่า

- 1) มีปริมาณจราจรน้อย หรือไม่มีผลกระทบระหว่างรถด้วยกัน (Free-flow condition)
- 2) ถนนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดี เช่น อากาศแจ่มใส เป็นเวลากลางวัน เป็นต้น
- 3) ความสัมพันธ์ระหว่าง Design speed และ Average running speed ให้เป็นไปตามตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Design speed กับ Average running speed

Design speed (mph/kph)	30 / 50	40 / 65	50 / 80	60 / 95	70 / 110	80 / 125
Average running speed (mph/kph)	28 / 46	36 / 58	44 / 70	52 / 82	58 / 92	64 / 100

ที่มา : AASHO Geometric Design Policy (1965: 169)

- 4) ความเร็วเฉลี่ยสูงสุด (Top average speed) ของรถยนต์หนึ่ง ให้เป็นไปตามตารางที่ 2.2

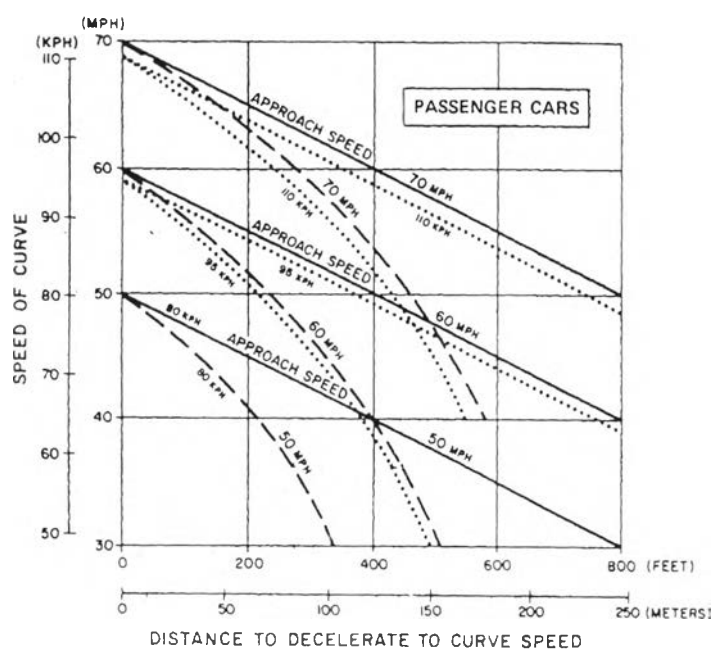
ตารางที่ 2.2 ความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของรถยนต์หนึ่ง ตามชนิดของชั้นทาง

Type of facility	Highway Quality and Condition	
	Favorable ( mph / kph)	Moderate ( mph / kph)
<b>Rural Highways</b>		
Interstate	65 / 100	60 / 95
Primary-main	60 / 95	55 / 90
Primary-Intermediate	55 / 90	50 / 80
Secondary	50 / 80	45 / 70
<b>Urban Highways</b>		
Interstate	60 / 95	55 / 90
Arterial-main	50 / 80	45 / 70
Arterial-Intermediate	45 / 70	40 / 65
Secondary-Feeder	40 / 65	35 / 55

ที่มา : Leisch (1977: 18)

และ กำหนดให้ Average running speed และ Top average speed ของรถบรรทุกนั้น ต่ำกว่ารถยนต์หนึ่ง 5 mph (8 km/h)

- 5) กรณีรถบรรทุกจะใช้ค่า Weight-Power ratio เฉลี่ยเท่ากับ 200 lb/hp
- 6) ค่าความเร่งและความหน่วงของรถยนต์หนึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ AASHO 1965 ซึ่ง ทำให้ได้ระยะทางซึ่งต้องใช้ลดความเร็วและเร่งความเร็วในบริเวณทางโค้งของรถยนต์ หนึ่งเป็นตามรูปที่ 2.1 และ รูปที่ 2.2 ตามลำดับ



LEGEND

— Deceleration for required speed reduction of 15 MPH (25 KPH) or less (based on deceleration in gear)

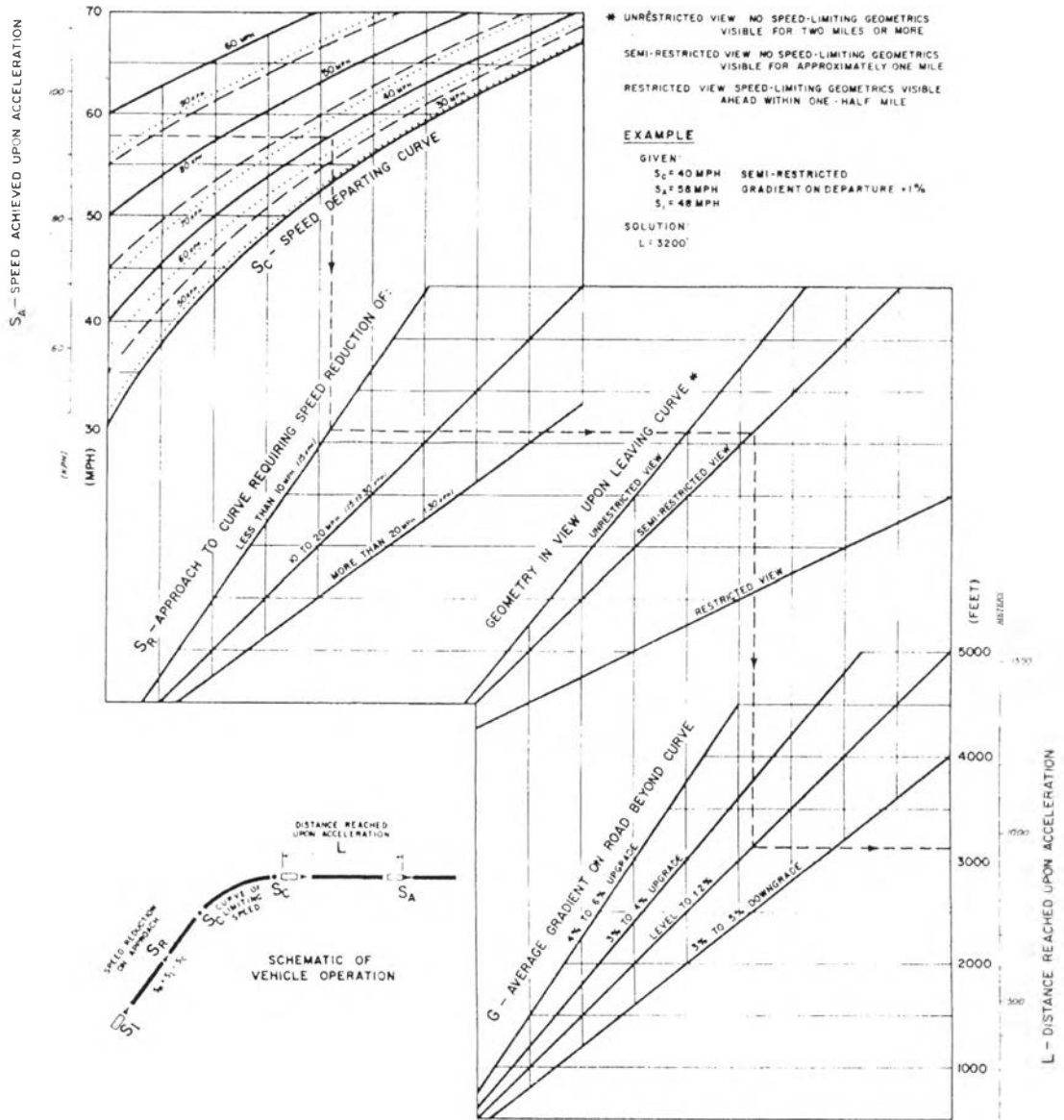
- - - Deceleration for required speed reduction of 20 MPH (30 KPH) or more (based on "light" braking)

SOURCE:

AASHO Geometric Design Policy, 1965

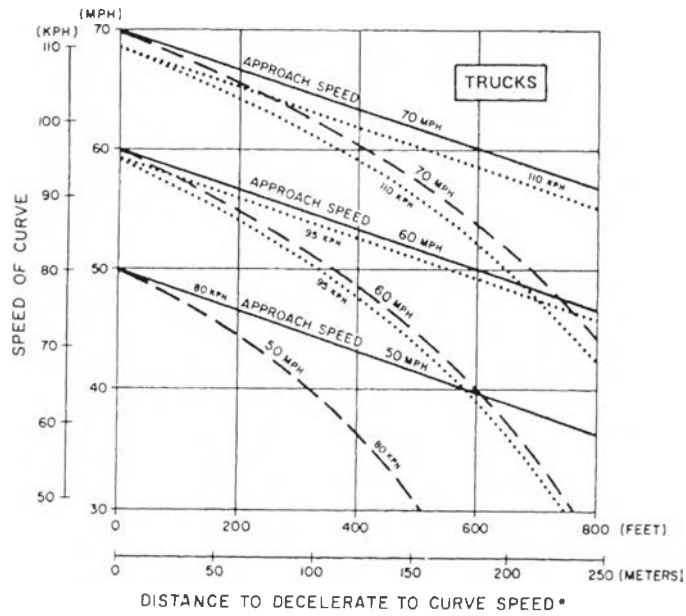
รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงระยะทางที่ต้องใช้ลดความเร็วเพื่อเข้าทางโค้งของรถยนต์หนึ่ง

ที่มา : Leisch (1977: 22)



รูปที่ 2.2 แผนภูมิคำนวณหาระยะทางที่ต้องใช้เร่งความเร็วเมื่อออกจากทางโค้งของรถยนต์หนึ่ง  
 ที่มา : Leisch (1977: 23)

7) ค่าความเร่งและความหน่วงของรถบรรทุกให้เป็นไปตาม Highway Capacity Manual, 1965 และ AASHO Geometric Design Policy, 1965 และ FHWA Dynamic Design for Safety, 1972 สำหรับระยะทางซึ่งต้องใช้เร่งและลดความเร็วของรถบรรทุกในช่วงที่เป็นพื้นที่ราบ แสดงดังรูปที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ ส่วนในช่วงที่เป็นพื้นที่ลาดชัน แสดงดังรูปที่ 2.5



**LEGEND**

— Deceleration for required speed reduction of 15 MPH (25 KPH) or less (based on deceleration in gear)

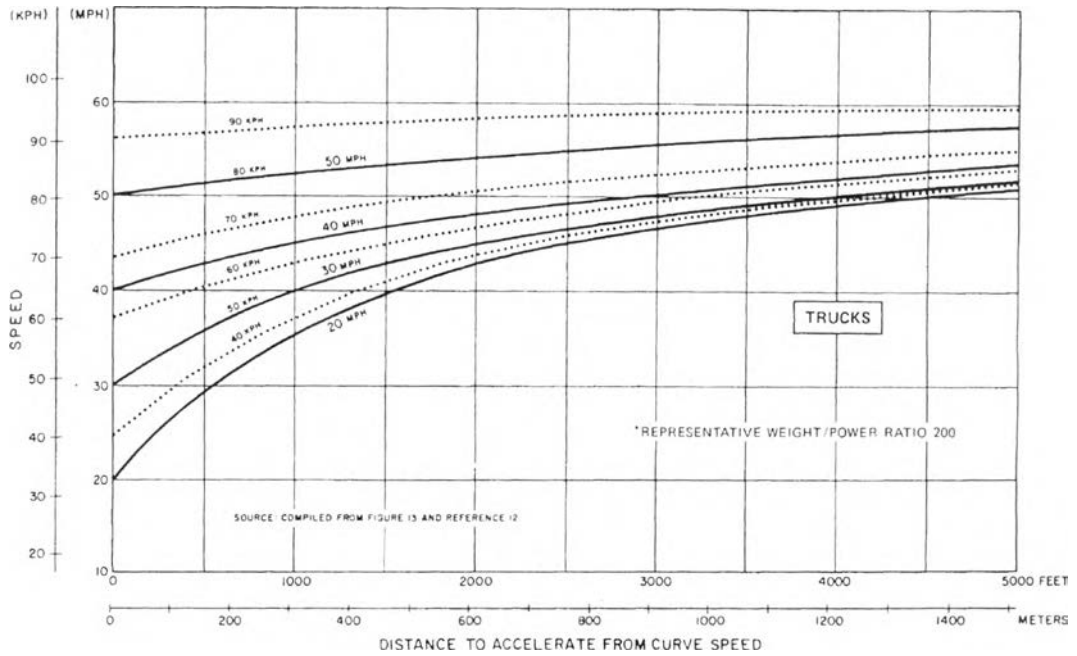
- - - Deceleration for required speed reduction of 20 MPH (30 KPH) or more (based on "light" braking)

**SOURCES:**

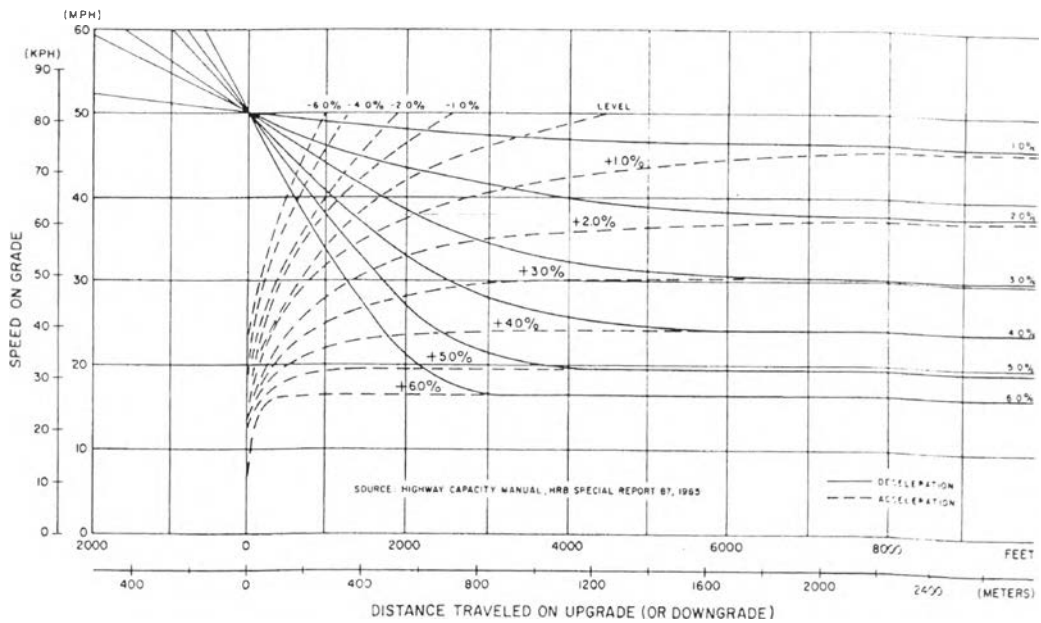
AASHO Geometric Design Policy, 1965  
 Dynamic Design for Safety, FHWA, 1972, Section 3A - Three-Dimensional and Dynamic Consideration of Highway Alignment and Cross Section (Sub heading - Sight Distance)

\* Taken as 1.5 times Values used for Passenger Cars

รูปที่ 2.3 แผนภูมิคำนวณระยะทางที่ต้องใช้ลดความเร็วเพื่อเข้าสู่ทางโค้งของรถบรรทุก  
 ที่มา : Leisch (1977: 25)



รูปที่ 2.4 แผนภูมิแสดงระยะทางที่ต้องใช้เร่งความเร็วเมื่อออกจากทางโค้งของรถบรรทุก  
 ที่มา : Leisch (1977: 26)



รูปที่ 2.5 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความเร็วสำหรับรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน ที่มีค่า Weight-Power ratio เฉลี่ยเท่ากับ 200 lb/hz  
ที่มา : Leisch (1977 : 27)

8) ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Design speed และ Average running speed กับ รัศมีโค้งเป็นตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว กับ รัศมีโค้งของถนน

V-Design speed , kph	50		65		80		95		110		125				
Corresponding Average running speed , kph									92	96	100				
							82	86	90	92	92	92			
					70	74	78	82	86	90	92	→			
			58	62	66	70	74	78	82	86	→				
	46	50	54	58	62	66	70	74	78	→					
Dc-max. Degree of curve	21.0	17.8	14.4	11.9	10.4	8.9	7.5	6.8	5.9	5.1	4.6	4.0	3.7	3.2	2.7
Rc-min Radius, meter	80	95	120	145	165	195	230	255	290	340	375	425	465	540	650

ที่มา : AASHO Geometric Design Policy (1965)

สำหรับความลาดชันของถนน ที่ต่ำกว่า 6 % จะไม่มีผลต่อความเร็วของรถยนต์หนึ่ง ซึ่งวิธีการคำนวณหาความเร็วของ Leisch จะการคำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้ (Potential Speed) โดยมีขั้นตอนในการคำนวณสรุปได้ดังนี้

- 1) คำนวณหาความเร็วเฉลี่ยสูงสุดของรถยนต์หนึ่ง ตามชนิดของชั้นทาง จากตารางที่ 2.2 ซึ่งจะเป็นความเร็วของรถยนต์ที่วิ่งในช่วงทางตรง

- 2) ค่าความเร็วเฉลี่ยที่วิ่งในทางโค้งของรถยนต์หนึ่ง หาได้จากตารางที่ 2.3
- 3) ค่าความเร็วสูงสุดและความเร็วเฉลี่ยที่วิ่งในทางโค้งสำหรับรถบรรทุกจะน้อยกว่ารถยนต์หนึ่ง อยู่ 5 mph (หรือ 8 km/h)
- 4) หาระยะทางที่ต้องทำการลดความเร็วเพื่อเข้าสู่ทางโค้งและระยะที่ใช้เร่งความเร็วเมื่อออกจากทางโค้ง จากรูปที่ 2.1 - 2.4 ตามกรณีและประเภทของรถ ซึ่งเป็นผลกระทบเนื่องจากโค้งในแนวทางราบ
- 5) เนื่องจากความลาดชันของถนนจะมีผลอย่างมากต่อความเร็วของรถบรรทุก จึงต้องคำนวณหาความเร็วที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเนื่องจากรถบรรทุกวิ่งบนทางลาดชันโดยไม่คำนึงผลของรัศมีความโค้งในแนวทางราบ โดยใช้รูปที่ 2.5 ทำให้ในส่วนของรถบรรทุกนั้น จะมีเส้นฝั่งความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆ อยู่ 2 ค่า คือค่าที่คำนวณจากแนวทางราบและค่าที่คำนวณจากแนวทางตั้ง โดยจะเลือกค่าความเร็วต่ำสุดเป็นค่าความเร็วที่เป็นไปได้ที่ตำแหน่งนั้น

โดยที่ Lesich ได้ใช้เกณฑ์ประเมินความปลอดภัยที่เรียกว่า "The 10 mph Rule" เป็นเกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมของแนวเส้นทางที่ทำการออกแบบ ดังนี้

#### THE 10 MPH RULE

- 1) ความเร็วที่เป็นไปได้ที่ตำแหน่งต่างๆ ไม่ควรมีค่าแตกต่างจากค่าความเร็วออกแบบ เกินกว่า  $\pm 10$  mph
- 2) ความเร็วออกแบบในช่วงถนนที่ต่อเนื่องกัน ไม่ควรแตกต่างกันเกินกว่า  $\pm 10$  mph
- 3) ความเร็วที่เป็นไปได้ของรถบรรทุกที่ตำแหน่งเดียวกันไม่ควรต่ำกว่ารถยนต์หนึ่ง เกินกว่า 10 mph

ในช่วงที่ไม่เป็นไปตาม The 10 mph Rule จำเป็นต้องมีการออกแบบเสริมความปลอดภัย เช่น การออกแบบให้มีระยะมองเห็นที่ดี การยกโค้ง การใช้ Climbing Lane เป็นต้น

**Ruediger, Basil, และ Theodor (1999)** เป็นชาวเยอรมันที่ได้ทำการศึกษารวบรวมแนวคิดและวิธีการออกแบบถนนในประเทศเยอรมัน ได้เสนอวิธีการคำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้ที่เป็นความเร็วที่ 85 เพอร์เซ็นต์ไทล์ (85<sup>th</sup>-percentile Speed, V85) หรือความเร็ว V85

ในประเทศเยอรมันจะใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้ง (Curvature Change rate, CCR) เป็นพารามิเตอร์ในการคำนวณหาความเร็ว V85 ข้อดีของการใช้พารามิเตอร์ CCR นี้คือ การสามารถแปลงองค์ประกอบในแนวทางราบทุกประเภทไม่ว่าจะเป็น ทางตรง โค้งกลม โค้ง



สไปรอล โค้งกลับ และ โค้งประกอบ ให้เป็นค่า CCR เพื่อนำไปคำนวณหาความเร็ว V85 ได้จากแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCR กับความเร็ว V85 ของประเทศต่างๆ โดยที่

CCR คือ ค่าสัมบูรณ์รวมของมุมที่เปลี่ยนแปลงในแนวราบหารด้วยระยะทางในแนวราบภายในช่วงนั้น

$$CCR_S = \frac{(L_{C11}/2R + L_{Cr}/R + L_{C12}/2R)63,700}{L} \quad (2.1)$$

เมื่อ CCRs = อัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้งของโค้งกลมกับโค้งสไปรอล (Full Spiral Curve) หน่วย gon / km.

R = รัศมีของโค้งกลม หน่วย m.

L = ความยาวทั้งหมดของโค้ง ( $L_{C11} + L_{Cr} + L_{C12}$ ) หน่วย m.

$L_{Cr}$  = ความยาวของโค้งกลม หน่วย m.

$L_{C11}, L_{C12}$  = ความยาวของโค้งสไปรอล หน่วย m.

63,700 =  $200/\pi \times 10^3$  เป็นค่าที่ใช้แปลงหน่วยจาก Rad/m. เป็นหน่วย gon/km.

หมายเหตุ ในช่วงที่เป็นทางตรงนั้นจะกำหนดค่า CCR เท่ากับ 0

โดยแบบจำลองถดถอยพหุคูณระหว่าง CCR กับ ความเร็ว V85 ของทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องจราจรของประเทศต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว V85 กับ CCR ของประเทศต่างๆ

Countries	Regression Models	Remark
Germany ISE	$V85 = \frac{10^6}{8270 + 8.01CCR_S}$	$R^2 = 0.73$ where speed limit = 100 km/h
United States	$V85 = 103.04 - 0.53CCR_S$	$R^2 = 0.80$ where speed limit = 90 km/h
Australia	$V85 = 101.2 - 0.043CCR_S$	$R^2 = 0.87$ Where speed limit = 90 km/h
Greece	$V85 = \frac{10^6}{10150.1 + 8.529CCR_S}$	$R^2 = 0.81$ where speed limit = 90 km/h
Lebanon	$V85 = 91.03 - 0.056CCR_S$	$R^2 = 0.81$ Where speed limit = 80 km/h
Canada	$V85 = e^{(4.561 - 5.27 \times 10^{-4} CCR_S)}$	$R^2 = 0.63$ Where speed limit = 90 km/h

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 8.31)

ในส่วนของระยะทางที่ต้องใช้ในการลดความเร็วลงเมื่อรถทำการเข้าโค้งและเพิ่มความเร็วมอเตอร์วิ่งออกจากโค้งนั้นจะใช้สมการที่ 2.2

$$TL = \frac{V85_1^2 - V85_2^2}{2 \times 3.6^2 a} \quad (2.2)$$

- เมื่อ TL = ระยะทางที่ใช้ในการเร่ง/ลดความเร็ว  
ระหว่างองค์ประกอบที่ 1 ไปยัง 2 หน่วย m.  
V85<sub>1</sub> = ความเร็ว V85 ขององค์ประกอบที่ 1 หน่วย km/h.  
V85<sub>2</sub> = ความเร็ว V85 ขององค์ประกอบที่ 2 หน่วย km/h.  
a = อัตราเร่งหรือความหน่วง โดยทั่วไปใช้ค่าเท่ากับ 0.8 หน่วย m/s<sup>2</sup>.

ส่วนเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความปลอดภัยได้แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

Criteria I ความสอดคล้องในการออกแบบ (Design Consistency)

Criteria II ความสอดคล้องของความเร็ว (Speed Consistency)

Criteria III ความสอดคล้องของจลศาสตร์ในการขับขี่ (Driving Dynamic Consistency)

ตารางที่ 2.5 พารามิเตอร์และเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน

Quantitative Ranges for Safety Criteria I to III for Good, Fair, and Poor Design Levels

Safety criterion/ CCR <sub>s</sub> class	Good (≤180 gon/km)	Fair (>180 gon/km ≤360 gon/km)	Poor (>360 gon/km)
I*	$ V85_i - V_d  \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} <  V85_i - V_d  \leq 20 \text{ km/h}$	$ V85_i - V_d  > 20 \text{ km/h}$
II†	$ V85_i - V85_{i+1}  \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} <  V85_i - V85_{i+1}  \leq 20 \text{ km/h}$	$ V85_i - V85_{i+1}  > 20 \text{ km/h}$
III‡	$f_{RA} - f_{RD} \geq +0.01$	$-0.04 \leq f_{RA} - f_{RD} < +0.01$	$f_{RA} - f_{RD} < -0.04$

\* Related to the individual design elements, *i* (independent tangent or curve), in the course of the observed roadway section.

† Related to two successive design elements, *i* and *i+1* (independent tangent to curve or curve to curve).

‡ Related to one individual curved roadway section.

Note:

CCR<sub>s</sub> = curvature change rate of the single curve, gon/km [Eq. (8.6)]

V<sub>d</sub> = design speed, km/h, from network functions for road categories A I to A IV for new designs (Table 6.2); for redesigns or existing alignments, see Sec. 9.2.2.1

V85<sub>*i*</sub> = expected 85th-percentile speed of design element *i*, km/h

V85<sub>*i+1*</sub> = expected 85th-percentile speed of design element *i+1*, km/h (according to Fig. 8.12 or Table 8.5) with respect to the design parameter curvature change rate of the single curve

f<sub>T</sub> = tangential friction factor for modern highway geometric design:

$$f_T = 0.59 - 4.85 \times 10^{-3} V_d + 1.51 \times 10^{-5} V_d^2$$

f<sub>RA</sub> = side friction "assumed":

$$f_{RA} = n \cdot 0.925 \cdot f_T$$

n = utilization ratio of side friction, %/100:

n = 0.40 for hilly/mountainous topography, new designs

n = 0.45 for flat topography, new designs

n = 0.60 for redesigns or existing (old) alignments

f<sub>RD</sub> = side friction "demanded":

$$f_{RD} = V85^2/127 R - e$$

R = radius in the observed circular curve, m

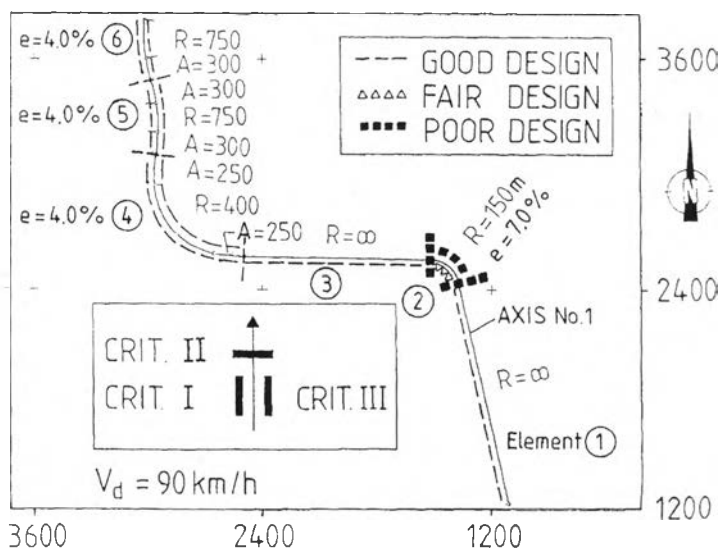
e = superelevation rate, %/100

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 11.3)

ในแต่ละเกณฑ์ใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ดี ปานกลาง และแย่ ดังตารางที่ 2.5

จากการที่มีเกณฑ์การประเมินอยู่ 3 เกณฑ์ จึงทำให้เกิดปัญหาในกรณีมีบางช่วงของถนนผ่านเกณฑ์หนึ่งแต่ต่ำกว่าเกณฑ์อีกเกณฑ์หนึ่ง เพื่อขจัดปัญหาดังกล่าวจึงนำผลที่ได้มาทำการเฉลี่ย โดยในกรณีที่ให้ความสำคัญแก่แต่ละเกณฑ์เท่ากัน ก็จะกำหนดให้ค่าน้ำหนักเท่ากันในการเฉลี่ย และกำหนดให้ระดับดีมีค่าเท่ากับ +1.0 ระดับปานกลางมีค่าเท่ากับ 0.0 และระดับแย่หรือต้องปรับปรุงมีค่าเท่ากับ -1.0 แล้วนำมาเฉลี่ย โดยถ้าค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่าเท่ากับ 0.5 ก็ถือว่าได้ระดับดี ถ้าค่าเฉลี่ยตกอยู่ในช่วง -0.5 ถึง 0.5 จะถือว่าได้ระดับปานกลาง และถ้าได้ค่าน้อยกว่าเท่ากับ -0.5 ก็จะถือว่าต้องทำการปรับปรุง

วิธีการนี้สามารถหาความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์นั่งโดยนำเอาซอฟต์แวร์ด้าน CAD มาประยุกต์ใช้ได้สะดวก ผลการคำนวณนำเสนอเป็น 2 ลักษณะคือตารางผลการประเมินความปลอดภัย และเส้นผังความเร็ว ดังตัวอย่างการคำนวณของทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องจราจรสายหนึ่งด้วยวิธีการนี้



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบแนวทางราบของตัวอย่างและผลจากการคำนวณโดยวิธีกราฟฟิก

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 12.60)

## ตารางที่ 2.6 ผลการประเมินความปลอดภัยที่นำเสนอในลักษณะตารางของถนน

Numerical Data for the Safety Evaluation Process, Based on the Greek Operating Speed Background (Old Alignment)

Element no. (1)	Station, km (2)		Parameters, m (3)		$L_c$ , m (4)	$CCR_{v_i}$ , gon/km (5)	$V_{85}$ , km/h (6)	$V_{\phi}$ , km/h (7)	$e$ , % (8)	$f_{RA}$ (9)	$f_{RD}$ (10)	Criterion I $ V_{85} - V_{\phi} $ , km/h (11)		Criterion II $ V_{85} - V_{85_{adj}} $ , km/h (12)		Criterion III $f_{RA} - f_{RD}$ (13)	
1	0.000	1.190	IT	$\infty$	1190	0	99	90	2.5			9	+				
2	1.190	1.390	R	-150	200	425	73	90	7.0	0.15	0.21	17	o			-0.06	-
3	1.390	2.374	IT	$\infty$	984	0	99	90	2.5			9	+				
4	2.374	3.196	A R A	250 400 250	822	128	89	90	4.0	0.15	0.12	1	+			0.03	+
5	3.196	3.586	A R A	300 -750 300	390	59	94	90	4.0	0.15	0.05	4	+			0.10	+
6	3.586	3.907	A R	300 750	321	69	93	90	4.0	0.15	0.05	3	+			0.10	+

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 12.59)

นอกจากนี้ Ruediger ได้เสนอวิธีการคำนวณหาความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆบนแนวเส้นทางที่แสดงในลักษณะเส้นผังความเร็ว (Speed Profile) โดยใช้สมมติฐานดังนี้

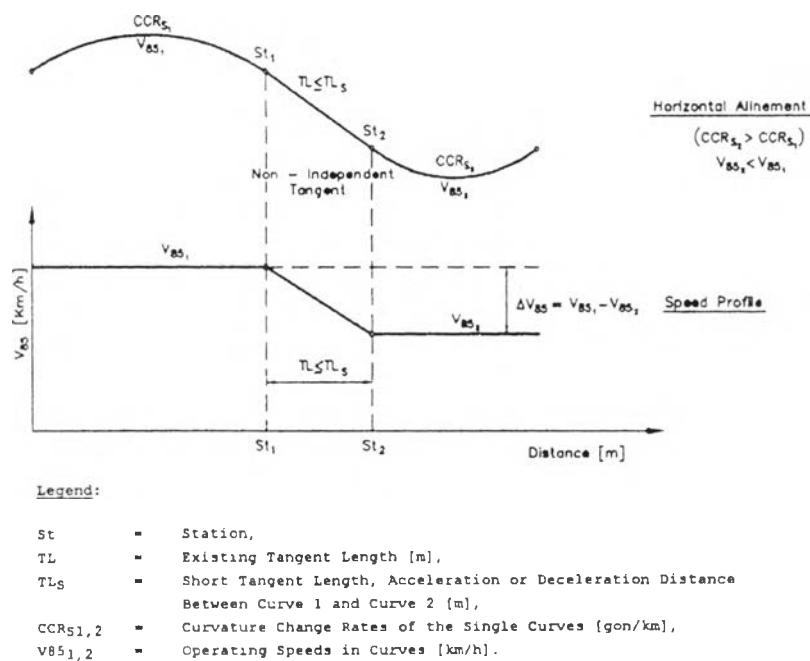
- 1) ความเร็ว V85 ในช่วงทางโค้งจะไม่มีเปลี่ยนแปลง
- 2) ความเร็ว V85 ในช่วงทางตรงจะมีการเปลี่ยนแปลงในบริเวณเข้าสู่ทางโค้งและออกจากทางโค้ง โดยค่าความเร็วสูงสุดในช่วงทางตรง จะขึ้นกับแบบจำลองของแต่ละประเทศ
- 3) ความเร่งที่ใช้ในการออกจากทางโค้ง และเข้าสู่โค้งจะถูกกำหนดโดยความเร็วในช่วงทางโค้ง 2 ทางโค้งที่ทางตรงนั้นต่อเชื่อมอยู่ หากระยะทางตรงนั้นมีระยะมากกว่า Short Tangent Length ความเร่งในการออกจากโค้ง และเข้าสู่โค้งจะใช้ค่าความเร่งเท่ากับ  $0.85 \text{ m/s}^2$

ซึ่งแนวคิดเกี่ยวกับ Short Tangent Length นั้นมีดังนี้

จากเกณฑ์ประเมินที่กำหนดค่าความแตกต่างระหว่างความเร็ว V85 ขององค์ประกอบต่อเนื่องกัน หากต่างกันมากกว่า 20 km/h นั้นถือว่าไม่เหมาะสม จึงนำมาเป็นเกณฑ์ในการกำหนดค่า Short Tangent Length (TL<sub>S</sub>) เพื่อจำแนกแนวทางตรง ออกเป็น 2 ชนิดคือ

## Dependent Tangent

คือ แนวทางตรงที่มีความยาวน้อยกว่า  $TL_S$  มีผลทำให้ความเร่งที่ใช้ในการออกจากทางโค้ง และเข้าสู่ทางโค้งมากกว่าปกติ (มากกว่า  $0.85 \text{ m/s}^2$ ) และ ทำให้ช่วงทางตรงนั้นมีลักษณะเป็นทางที่ใช้สำหรับ เร่ง หรือ หน่วงความเร็ว เพื่อต่อเชื่อมระหว่างความเร็วของโค้งทั้งสองเท่านั้น แสดงดังรูปที่ 2.7



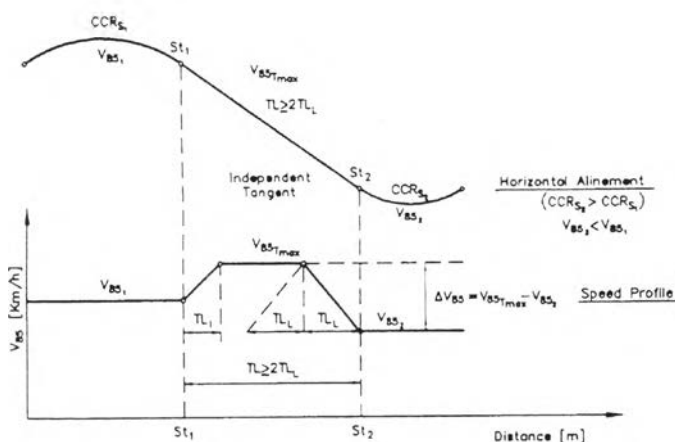
รูปที่ 2.7 แนวทางราบสำหรับกรณี Dependent Tangent  
 ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 12.4)

## Independent Tangent

คือ แนวทางตรงที่มีความยาวมากกว่า  $TL_S$  มีผลทำให้ความเร็วในช่วงทางตรงมากกว่าความเร็วในทางโค้งที่แนวทางตรงนั้นต่อเชื่อมอยู่ กล่าวคือมีการเร่งความเร็วเมื่อออกจากโค้งหนึ่งและลดความเร็วลงเมื่อเข้าสู่อีกโค้งหนึ่ง จำแนกออกได้อีก 2 ประเภท

**ประเภทที่ 1.** Tangent มีความยาวมากกว่า 2 เท่าของ  $TL_L$

เมื่อ  $TL_L$  คือระยะที่ใช้เร่งความเร็วจากโค้งที่มีความเร็วต่ำกว่า ไปยังความเร็วสูงสุดในช่วงทางตรง ด้วยความเร่งปกติ ( $0.85 \text{ m/s}^2$ ) มีผลทำให้รถสามารถเร่งความเร็วออกจากโค้งหนึ่งจนถึงความเร็วสูงสุด และสามารถลดความเร็วลงได้ทันเมื่อเข้าสู่อีกทางโค้งหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.8



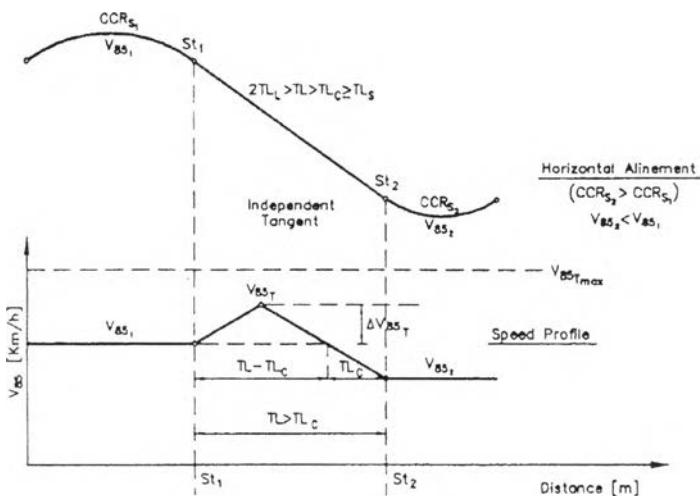
Legend: see also Figure 12-1

- $TL_L$  - Long Tangent Length, Critical Acceleration or Deceleration Distance Between Independent Tangent and Curve 2 [m],
- $TL_i$  - Distance Travelled for Section "i" during Acceleration or Deceleration [m],
- $V_{85Tmax}$  - Maximum Operating Speed in Tangents (km/h) (depending on the country under study).

รูปที่ 2.8 แนวทางราบสำหรับกรณี Independent Tangent ที่  $TL \geq 2TL_L$   
ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 12.5)

**ประเภทที่ 2.** Tangent มีความยาวมากกว่า TLs แต่น้อยกว่า 2 เท่าของ  $TL_L$

มีผลทำให้สามารถเร่งความเร็วออกจากโค้งหนึ่งได้แต่ยังไม่ถึงความเร็วสูงสุด แต่ต้องลดความเร็วลงเพื่อเข้าสู่อีกทางโค้งหนึ่งด้วยความเร่งปกติ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



Legend:

- $TL_C$  - Acceleration or Deceleration Distance between Curve 1 and Curve 2 [m] ( $TL_C$  can reach in the extreme case the value of  $TL_L$ ),
- $V_{85T}$  - Operating Speed in Tangent (km/h) ( $V_{85T}$  can reach in the extreme case the value of  $V_{85Tmax}$ )
- $\Delta V_{85T}$  - Difference between the Operating Speed in the curve with the Lower  $CCR_S$ -value and the Operating Speed in the Tangent.

รูปที่ 2.9 แนวทางราบสำหรับกรณี Independent Tangent ที่  $2TL_L > TL \geq TL_S$   
ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 12.6)

ตารางที่ 2.7 สมการที่ใช้คำนวณหาระยะทางตรงที่ใช้ในการลดหรือเร่งความเร็วเพื่อเข้าสู่ทางโค้ง

Case	Condition	Equation	Result on V85
1 (NIT)	$TL \leq TL_s$ (Fig.2.7)	$TL_s = \frac{V85_1^2 - V85_2^2}{25.92a}$ $V85_1 > V85_2$	V85 <sub>Tmax</sub> not met
2 (IT)	$TL > 2TL_L$ (Fig.2.8)	$TL_1 = \frac{V85_{Tmax}^2 - V85_2^2}{25.92a}$ $TL_1 = \frac{V85_{Tmax}^2 - V85_1^2}{25.92a}$	V85 <sub>Tmax</sub> met and held, respectively, met and not held
3 (IT)	$TL < 2TL_L$ $TL > TL_c \geq TL_s$ (Fig.2.9)	$TL_c = \frac{V85_1^2 - V85_2^2}{25.92a}$ $V85_T = V85_1 + \Delta V85_T$ $\Delta V85_T = \frac{-2V85_1 + [4V85_1^2 + 44.06(TL - TL_c)]^{1/2}}{2}$ $V85_1 > V85_2$  Not that when calculating V85 <sub>T</sub> The curve with the lower CCR <sub>s</sub> value must be selected.	V85 <sub>Tmax</sub> not met

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 12.9)

วิธีการของ **Swiss** เป็นวิธีการคำนวณความเร็วที่ใช้ในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ จะคล้ายกับวิธีการของ Lesich แต่แตกต่างกันตรง จะทำการคำนวณหาความเร็วโครงการ (Project Speed) เป็นความเร็วที่สูงสุดที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นในช่วงต่างๆของถนน ใช้ในการคำนวณหาระยะมองเห็นและค่าการยกโค้งที่เหมาะสม ซึ่งค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในทางโค้งกับรัศมีของโค้งเป็นไปตามตารางที่ 2.8

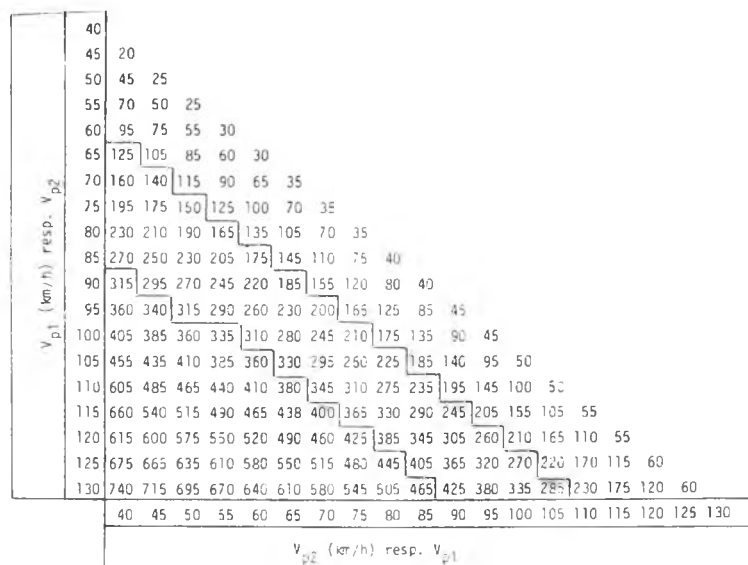
ตารางที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีโค้งกับความเร็โครงการของชนิดถนนต่างๆ

Radii		Project Speed		
[m]	[ft]	[km/h]	[mph]	
45	148	40	25	
60	197	45	28	Urban
75	246	50	31	Roads
95	312	55	34	
120	394	60	37	
145	476	65	40	
175	574	70	43	
205	672	75	46	
240	787	80	50	Rural
280	918	85	53	Roads
320	1050	90	56	
370	1214	95	59	
420	1378	100	62	
470	1542	105	65	
525	1722	110	68	
580	1902	115	71	Interstate
650	2132	120	74	
710	2329	125	78	
>780	>2559	130*	81	

\*120 km/h since January 1, 1985.

ที่มา : Ruediger, John, และ Jeffrey (1986: 15)

ส่วนระยะทางที่ต้องการในการลดความเร็วลงเมื่อเข้าโค้งและเร่งความเร็วเมื่อออกจากโค้งเป็นไปตาม Nomograph ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ระยะทางที่ต้องการใช้ในการลดหรือเร่งความเร็ว โดยวิธี Swiss

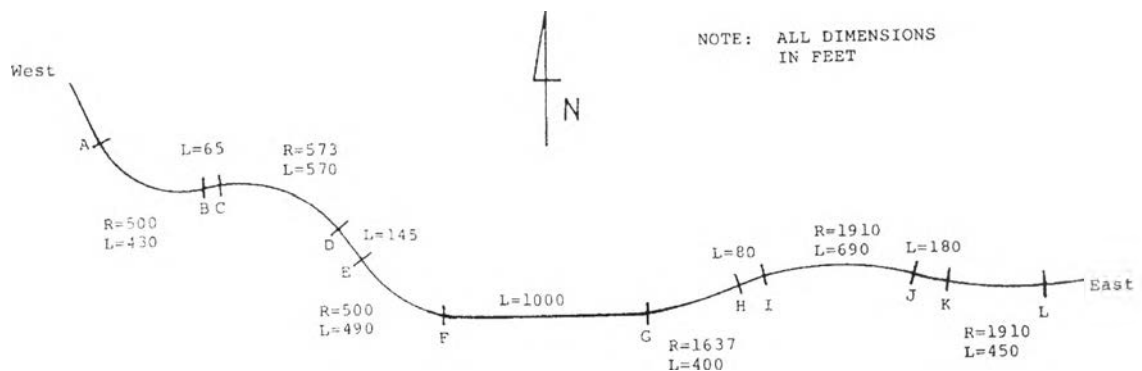
ที่มา : Ruediger, John, และ Jeffrey (1986: 16)



ส่วนเกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมของวิธี Swiss นั้น ใช้เกณฑ์ว่าในช่วงถนนที่มีความเร็วโครงการน้อยกว่า 70 km/h ให้มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วสูงสุดได้ไม่เกิน 10 km/h และถ้าช่วงที่ถนนที่มีความเร็วโครงการมากกว่า 70 km/h ให้มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วสูงสุดได้ไม่เกิน 20 km/h

**Ruediger, John, และ Jeffrey (1986)** ได้ทำการสรุปและทำการเปรียบเทียบผลจากวิธีการคำนวณหาความเร็วจากแนวเส้นทาง 3 วิธีการคือ Leisch Method, Swiss Method และ German Method จากรายงานการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมาในข้างต้น ทำการคำนวณหาความเร็วจากองค์ประกอบของแนวเส้นทางเหมือนกัน แต่ความเร็วที่คำนวณจะมีค่าจำกัดความและข้อสมมติฐานต่างกัน กล่าวคือ
  - Leisch Method คำนวณหาค่า Potential Average Speed
  - Swiss Method คำนวณหาค่า Project Speed
  - German Method คำนวณหาค่า 85<sup>th</sup>-percentile Speed
- 2) เกณฑ์การประเมินของทั้ง 3 วิธีใช้หลักการเดียวกันคือ ในช่วงของแนวเส้นทางที่ต่อเนื่องกันไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วมาก ซึ่งความเร็วเปลี่ยนแปลงที่ยอมรับได้นั้น ทั้ง 3 วิธีกำหนดไม่ค่าไม่เท่ากัน และวิธีการประเมินที่แตกต่างกัน
- 3) เมื่อทำการเปรียบเทียบผลจากวิธีคำนวณทั้งสาม กับทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องจราจรสายหนึ่ง ซึ่งมีแนวทางราบดังรูปที่ 2.11 มีความกว้างช่องจราจร 10 ฟุต โดยที่แนวเส้นทางก่อนถึงจุด A นั้นให้เป็นแนวเส้นทางตรงที่ยาว (Long Tangent) และรัดวงจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก ผลจากการคำนวณด้วยวิธีการทั้ง 3 ให้ความเร็วในช่วงต่างๆ แสดงได้ดังใน ตารางที่ 2.9 และ ตารางที่ 2.10



รูปที่ 2.11 แนวทางราบของถนนที่ใช้เป็นตัวอย่างในการเปรียบเทียบผลการคำนวณ  
ที่มา : Ruediger, John, และ Jeffrey (1986: 12)

ตารางที่ 2.9 การเปรียบเทียบผลการคำนวณหาความเร็วที่เป็นไปได้  
หน่วยไมล์ต่อชั่วโมง จากทั้ง 3 วิธี

Method	Curve						
	AB	CD	EF	GH	IJ	KL	
Leisch W-E	37	39	37	44	47	53	mph
Leisch E-W	37	39	37	58	60	60	mph
Swiss	43	43	43	62	62	62	mph
German	41	41	41	51	51	51	mph

ที่มา : Ruediger, John, และ Jeffrey (1986: 17)

ตารางที่ 2.10 ค่าความเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เป็นไปได้ ในตำแหน่งวิกฤต ของแนวเส้นทาง

Method	Speed Changes Prior to Point A (West-East)	Speed Changes Prior to Point F (East-West)	Recommended Speed Changes
Leisch	23 mph	22 mph	10 mph
Swiss	19 mph	19 mph	~12 mph
German	19 mph	19 mph	~6 mph

ที่มา : Ruediger, John, และ Jeffrey (1986: 18)

- 4) จากตารางที่ 2.9 ทำให้ทราบว่าแต่ละวิธี ให้ผลความเร็วในแต่ละช่วงไม่เท่ากัน โดยวิธีการของ Swiss จะให้ค่าความเร็วที่สูงกว่าวิธีอื่น
- 5) วิธีการของ Leisch คำนึงถึงทิศทางของการเคลื่อนที่ เนื่องจากความเร่งเมื่อออกจากโค้งกับความหน่วงเมื่อเข้าสู่โค้งมีค่าไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 2.9
- 6) แม้ว่าแต่ละวิธีจะให้ความเร็วในแต่ละช่วงไม่เท่ากัน แต่สามารถแสดงตำแหน่งที่เหมาะสมของแนวเส้นทางตรงกันคือจุด A และ F ดังตารางที่ 2.10
- 7) วิธีการของ German เป็นวิธีที่ง่ายแก่การพัฒนาเป็นโปรแกรม สามารถนำประยุกต์ใช้และปรับปรุงได้ง่ายกว่าวิธีอื่น และมีเกณฑ์การประเมินความปลอดภัยมากกว่าวิธีอื่น

## 2.3 ทฤษฎีและมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระยะมองเห็น

เนื่องจากระยะมองเห็น เป็นปัจจัยพื้นฐานในการออกแบบที่ทำให้ถนนมีความปลอดภัยและประสิทธิภาพ ซึ่งจากการศึกษาของ AASHTO ได้มีการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบทางเรขาคณิต (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets) ในปี ค.ศ.1994 ซึ่งได้เสนอการออกแบบระยะมองเห็นไว้ดังนี้

### 2.3.1 ชนิดของระยะมองเห็น

AASHTO ได้แบ่งชนิดของระยะมองเห็นที่ใช้ในการพิจารณาออกแบบของค์ประกอบแนวเส้นทาง ไว้ 3 ชนิดดังนี้

- 1) ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย (Stopping Sight Distance)
- 2) ระยะมองเห็นเพื่อการตัดสินใจ (Decision Sight Distance)
- 3) ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย (Passing Sight Distance) พิจารณาเฉพาะถนน 2 ช่องทาง ไป-กลับ (Two-lane Highway)

ระยะมองเห็นแต่ละชนิดจะมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

#### ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย (Stopping Sight Distance)

ตามมาตรฐานการออกแบบของ AASHTO ได้ระบุระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย เกิดจากการรวมเอาระยะรับรู้-สั่งการ (Perception-Reaction time) เข้ากับ ระยะเบรก

$$SSD = \frac{10}{36} ut + \frac{u^2}{254(f \pm G)} \quad (2.3)$$

เมื่อ	$SSD$	=	ระยะมองเห็นเพื่อหยุดที่ปลอดภัย	หน่วยเป็น m.
	$u$	=	ความเร็วต้นหรือความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ	หน่วยเป็น km/h.
	$t$	=	เวลารับรู้-สั่งการ (P-R Time)	หน่วยเป็น s.
	$f$	=	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับผิวถนน	
	$G$	=	ความลาดเอียง	

### ระยะมองเห็นเพื่อการตัดสินใจ (Decision Sight Distance)

โดยปกติระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย ก็เพียงพอต่อการที่ผู้ขับขี่จะทำการเบรกได้ในสถานการณ์ปกติเท่านั้น หากผู้ขับขี่พบสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน หรือพบสถานการณ์ที่ไม่ได้คาดหมาย ระยะดังกล่าวอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้สามารถบังคับรถให้หลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ทัน จึงมีระยะมองเห็นเพื่อการตัดสินใจ ซึ่งจะเป็นระยะมองเห็นที่มีความยาวมากกว่าระยะมองเห็นเพื่อการหยุดรถที่ปลอดภัย

ซึ่งระยะมองเห็นเพื่อการตัดสินใจนี้จะใช้ออกแบบบริเวณที่ผู้ขับขี่ต้องพบกับสถานการณ์ที่ซับซ้อน หรือ ในสภาพแวดล้อมที่ง่ายต่อการเกิดอุบัติเหตุ เช่น บริเวณทางเข้าออกของทางแยกต่างระดับ บริเวณทางแยกในระดับเดียวกัน บริเวณที่มีการลดหรือเพิ่มจำนวนช่องจราจร อย่างไรก็ตามความจำเป็นของระยะนี้สามารถลดลงได้ หากมีการออกแบบถนนให้สอดคล้องกับการคาดการณ์ของผู้ขับขี่ และมีการออกแบบป้ายสัญญาณที่ดี ประกอบกับให้การอบรมแก่ผู้ขับขี่ให้มีความสนใจและปฏิบัติตามป้ายสัญญาณดังกล่าว

ระยะมองเห็นเพื่อการตัดสินใจตามมาตรฐานของ AASHTO ได้แสดงดังในตารางที่ 2.11 ซึ่งขึ้นกับความเร็วยกแบบ และ สถานการณ์ต่างๆ ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในสนามตามสถานการณ์ (Empirical Data) ที่สนใจ

ตารางที่ 2.11 ระยะมองเห็นเพื่อการตัดสินใจ

Design Speed (km/h)	Decision Sight Distance for Avoidance Maneuver (meters)				
	A	B	C	D	E
50	75	160	145	160	200
60	95	205	175	205	235
70	125	250	200	240	275
80	155	300	230	275	315
90	185	360	275	320	360
100	225	415	315	365	405
110	265	455	335	390	435
120	305	505	375	415	470

ที่มา : AASHTO Geometric Design of Highway and Streets (1994: 127)

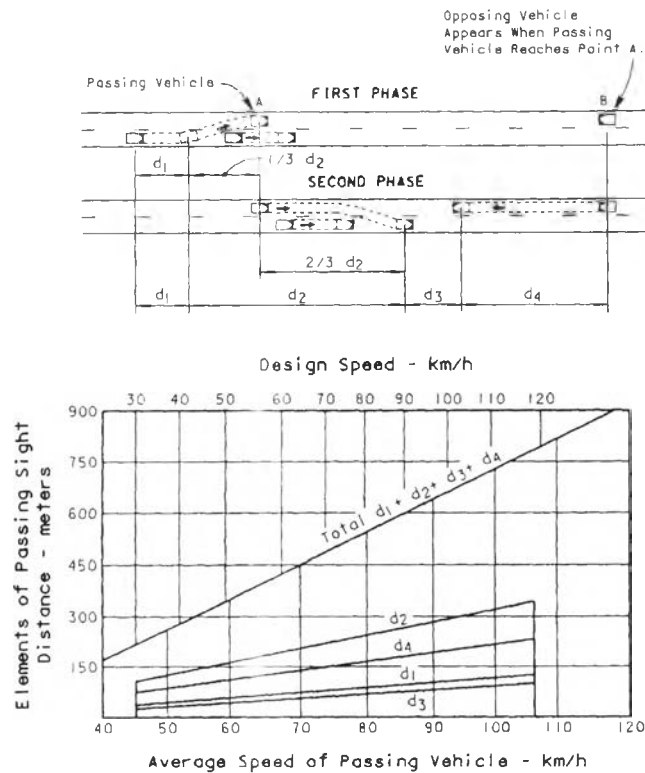
- เมื่อ
- สถานการณ์ A คือ การตัดสินใจหยุดรถ บนถนนนอกเมือง
  - สถานการณ์ B คือ การตัดสินใจหยุดรถ บนถนนในเมือง
  - สถานการณ์ C คือ การตัดสินใจเร่งความเร็ว/รักษาช่องทาง/เปลี่ยนช่องทาง บนถนนนอกเมือง
  - สถานการณ์ D คือ การตัดสินใจเร่งความเร็ว/รักษาช่องทาง/เปลี่ยนช่องทาง บนถนนในเมือง
  - สถานการณ์ E คือ การตัดสินใจเร่งความเร็ว/รักษาช่องทาง/เปลี่ยนช่องทาง บนถนนในเมือง

### ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย (Passing Sight Distance)

เป็นระยะมองเห็นที่ใช้สำหรับพิจารณาออกแบบถนน 2 ช่องจราจรไป-กลับ (Two-lane Highways) เนื่องจากระยะมองเห็นนี้ไม่จำเป็นสำหรับถนนที่มีจำนวนมากกว่า 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง เนื่องจากผู้ขับขี่สามารถทำการแซงได้โดยไม่ต้องสังเกตรถที่สวนมาอีกทิศทางหนึ่ง ในการคำนวณหาระยะมองเห็นเพื่อการแซงนี้ต้องทำการสมมติสถานการณ์ขึ้นเพื่อให้สะดวกแก่การคำนวณได้แก่

- 1) รถที่จะถูกแซงต้องวิ่งด้วยความเร็วคงที่
- 2) รถที่แซง ต้องลดความเร็วลง ก่อนทำการแซง
- 3) รถที่แซง ต้องมีเวลาเพื่อทำการตัดสินใจว่าจะแซงหรือไม่แซง
- 4) รถที่แซง ต้องมีความเร็วมากกว่าคันที่จะถูกแซงอย่างน้อย 15 กม./ชม. ขณะที่อยู่ในช่องทางทิศทางตรงกันข้าม
- 5) ต้องมีระยะห่างพอสมควรจากยานคันที่แล่นสวนมาในทิศทางตรงกันข้าม เพื่อป้องกันไม่ให้ชนกัน

จากข้อสมมติฐานดังกล่าว AASHTO จึงกำหนดระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย ประกอบด้วยระยะทางทั้งหมด 4 ระยะทางแสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ชนิดของระยะทางที่ประกอบเป็นระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย  
ที่มา : AASHTO Geometric Design of Highway and Streets (1994: 130)

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วออกแบบกับระยะมองเห็นเพื่อการแข่งปลอดภัยแสดง  
ดังในตารางที่ 2.12 ซึ่งเป็นมาตรฐานของ AASHTO

ตารางที่ 2.12 ระยะมองเห็นเพื่อการแข่งที่ปลอดภัย

Speed Group (km/h) Average Passing Speed (km/h)	50-65 56.2	66-80 70.0	81-95 84.5	96-110 99.8
Initial Maneuver:				
a = average acceleration (km/h/s) <sup>a</sup>	2.25	2.30	2.37	2.41
t <sub>1</sub> = time (s) <sup>a</sup>	3.6	4.0	4.3	4.5
d <sub>1</sub> = distance traveled (m)	45	65	90	110
Occupation of left lane:				
t <sub>2</sub> = time (s) <sup>a</sup>	9.3	10.0	10.7	11.3
d <sub>2</sub> = distance traveled (m)	145	195	250	315
Clearance length:				
d <sub>3</sub> = distance traveled (m) <sup>a</sup>	30	55	75	90
Opposing vehicle:				
d <sub>4</sub> = distance traveled (m)	95	130	165	210
<b>Total distance, d<sub>1</sub> + d<sub>2</sub> + d<sub>3</sub> + d<sub>4</sub> (m)</b>	<b>315</b>	<b>445</b>	<b>580</b>	<b>725</b>

<sup>a</sup> For consistent speed relation, observed values adjusted slightly.

ที่มา : AASHTO Geometric Design of Highway and Streets (1994: 131)

### 2.3.2 เกณฑ์ในการหาระยะมองเห็น (Criteria for Measuring Sight Distance)

จากมาตรฐานการออกแบบทางเรขาคณิตของ AASHTO ปี ค.ศ.1994 ได้ให้รายละเอียด  
เกี่ยวกับเกณฑ์ในการหาระยะมองเห็นไว้ดังนี้

ระยะมองเห็นจะเป็นระยะทางที่วัดไปตามแนวทาบของถนน โดยการวางวัตถุที่มีความ  
สูงขนาดหนึ่ง แล้วแต่ชนิดของระยะมองเห็น ระยะนี้โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับความสูงของตาผู้  
ขับขี่เหนือพื้นผิวถนน ความสูงของวัตถุเหนือพื้นผิวถนน และความสูงของสิ่งกีดขวางที่เป็น  
อุปสรรคต่อการมองเห็น

#### ความสูงของตาผู้ขับขี่ (Height of Driver's Eye)

ความสูงของตาผู้ขับขี่ สำหรับรถยนต์นั่ง ตามมาตรฐานของ AASHTO นั้นใช้ค่าในการ  
ออกแบบอยู่ที่ 1070 มิลลิเมตรเหนือพื้นผิวจราจร ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่หามาจากความสูงของรถ  
ช่วง 1960 – 1300 มิลลิเมตร ระดับความสูงของตามีผลอย่างมากต่อระยะมองเห็น การลดระดับ  
ความสูงของสายตาจากเดิม 1140 เป็น 1070 มิลลิเมตร เนื่องจากรถมีขนาดเล็กลงนั้น มีผลทำ  
ให้ความยาวของโค้งดิ่งคว่ำมีความยาวเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 5 % (AASHTO Geometric  
Design of Highway and Streets,1994 : 136) การหาระยะมองเห็นต่างๆ จะใช้ค่าระดับค่า  
ความสูงของตาค่าเดียวกัน ทั้งระยะมองเห็นเพื่อการหยุด และการแข่งที่ปลอดภัย ส่วนความสูง  
ของตาผู้ขับขี่สำหรับรถบรรทุกขนาดใหญ่ จะอยู่ในช่วง 1800 – 2400 มิลลิเมตร ซึ่งมีช่วงกว้าง  
มาก แต่ค่าที่ใช้ในการออกแบบสำหรับรถบรรทุกจะใช้ 2400 มิลลิเมตรเป็นส่วนใหญ่

### ความสูงของวัตถุ (Height of Object)

สำหรับระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย ตามมาตรฐาน AASHTO จะคำนวณหาจากการตั้งวัตถุสูง 150 มิลลิเมตรไว้เหนือพื้นผิวถนน ซึ่งเป็นความสูงของวัตถุที่คาดว่าผู้ขับขี่จะสามารถจำแนกหรือตัดสินใจได้ว่าวัตถุนั้นคืออะไร แล้วจะทำการหลบเลี่ยงหรือไม่ ซึ่งปกติความสูงของของไฟท้ายรถจะมีระยะประมาณ 460 – 600 มิลลิเมตร ก็เพียงพอต่อการพิจารณาเพื่อหาระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย แต่อย่างไรก็ตามวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น แมว สุนัข ก้อนหิน ผู้ขับขี่ก็มักจะทำการตัดสินใจหลบหลีกสิ่งดังกล่าว แม้ว่าการใช้ค่าความสูงของวัตถุ 150 มิลลิเมตรจะทำให้ค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องเพิ่มความยาวโค้งโค้งว่าแต่ก็ถือว่าเป็นความสูงที่มีความเหมาะสมในการออกแบบ

สำหรับระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย ตามมาตรฐานของ AASHTO จะใช้ความสูงของวัตถุ 1300 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความสูงของหลังคารถถึงพื้นผิวถนน แต่ก่อนปี ค.ศ. 1940 จะใช้ความสูง 1400 มิลลิเมตรแต่ต้องปรับระยะดังกล่าวลงเนื่องจากขนาดรถในปัจจุบันมีขนาดเล็กกว่าในสมัยก่อน ซึ่งความสูงนี้ก็เพียงพอสำหรับในเวลากลางคืนเนื่องจากแสงไฟรถในทิศทางตรงข้ามจะแสดงสังเกตเห็นได้ไกลกว่าความสูงของหลังคารถในเวลากลางวัน

สำหรับความสูงของตาผู้ขับขี่และความสูงของวัตถุ ของประเทศต่างๆ รวบรวมได้ตามตารางที่ 2.13 และตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.13 ความสูงของตาผู้ขับขี่และความสูงของวัตถุ ที่ใช้ในการหาระยะมองเห็นเพื่อการหยุดที่ปลอดภัย

Country	Driver eye height, m		Object height, m
	Passenger car	Truck	
Australia	1.15	1.80	0.20
Austria	1.00	—	0.00–0.19*
Canada	1.05	—	0.38
France	1.00	—	0.35
Germany	1.00	2.50	0.00–0.45*
Greece	1.00	—	0.00–0.45*
Italy	1.10	—	0.15
Japan	1.20	(1.50)†	0.10 (0.75)†
South Africa	1.05	1.8	0.15–0.60*
Sweden	1.10	—	0.20
Switzerland	1.00	2.50	0.15
United Kingdom	1.05	—	0.26
United States	1.07	—	0.15
AL	1.00	—	0.00–0.45*

\* Depends on speed

+ Crossings (structures)

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 15.20)

ตารางที่ 2.14 ความสูงของตาผู้ขับขี่และความสูงของวัตถุ ที่ใช้ในการหา ระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย

Country	Driver eye height, m	Object height, m
Australia	1.15	1.15
Austria	1.00	1.00
Canada	1.05	1.30
France	1.00	1.00
Germany	1.00	1.00
Greece	1.00	1.00
Japan	1.20	1.20
South Africa	1.05	1.30
Sweden	1.10	1.35
United Kingdom	1.05	—
United States	1.07	1.30
AL	1.00	1.00

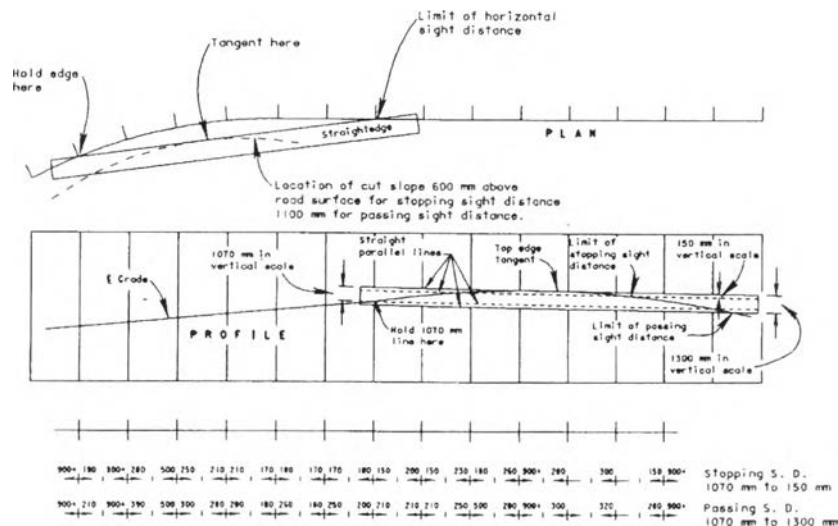
\* Elaborated based on 250 and 268

Note : All values in the table are related to passenger cars ; none of the countries under study considers trucks in their PSD criteria.

ที่มา : Ruediger, Basil, และ Theodor (1999: 15.23)

### 2.3.3 การหาระยะมองเห็นจากแปลน (Measuring Sight Distance on Plan)

การออกแบบแนวทางราบ และแนวทางตั้ง สามารถใช้หลักการที่กล่าวมาในข้างต้นหา ระยะมองเห็นได้ 2 ค่าจากการพิจารณาแนวทางราบหนึ่งค่าและจากการพิจารณาแนวทางตั้งอีก หนึ่งค่า แล้วเลือกใช้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นระยะมองเห็นที่ตำแหน่งดังกล่าว ซึ่งวิธีการหานี้นี้อาจใช้ วิธีกราฟฟิก แสดงดังในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การหาระยะมองเห็นด้วยวิธีกราฟฟิก ในลักษณะ 2 มิติ

ที่มา : AASHTO Geometric Design of Highways and Streets (1994: 140)



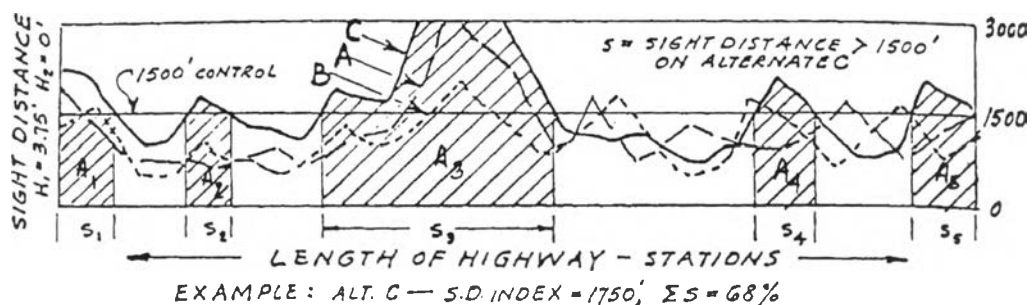
จากรูปที่ 2.13 แสดงให้เห็นว่า การพิจารณาระยะมองเห็นในแนวราบจะมีข้อจำกัดเมื่อเวลาารถอยู่ในโค้ง หรือเริ่มทำการเข้าโค้ง เนื่องจากสิ่งกีดขวางการมองเห็น เช่นสิ่งปลูกสร้างรั้ว ต้นไม้ ไร่เสา หรือลักษณะภูมิประเทศอื่นๆ โดยในรูปได้แสดงถึงเส้นดินตัดดินถมที่มีระดับสูง 600 มิลลิเมตรเหนือพื้นผิวถนนในกรณีหาระยะมองเห็นเพื่อการหยุดรถที่ปลอดภัย และจะใช้ระดับสูง 1100 มิลลิเมตรในกรณีหาระยะมองเห็นเพื่อการแซงที่ปลอดภัย ซึ่งระยะมองเห็นจะทำการวัดตามแนวเส้นกึ่งกลางถนน บางที่ถ้าต้องการความละเอียดในกรณีหาระยะมองเห็นเพื่อการหยุดรถที่ปลอดภัย ก็ทำการวัดจากจุดกึ่งกลางในช่องทางเดียวกัน และในกรณีหาระยะมองเห็นเพื่อการแซงก็จะทำการวัดจากจุดกึ่งกลางช่องทางหนึ่งไปยังจุดกึ่งกลางช่องทางตรงข้ามเป็นต้น

จากรูปที่ 2.13 การพิจารณาระยะมองเห็นในแนวทางตั้ง ก็จะทำให้การสร้างเส้นขนานกับแนวราบขึ้นมา 3 เส้นคือเส้นระดับความสูงของตาผู้ขับขี่ 1070 มิลลิเมตร เส้นระดับความสูงของวัตถุ 150 และ 1300 มิลลิเมตรขึ้นโดยลากเส้นออกจากตำแหน่งที่ต้องการหาระยะมองเห็น เมื่อไปตัดกับแนวทางตั้งที่ตำแหน่งใดก็วัดระยะนั้นตามแนวราบเป็นระยะมองเห็นที่ตำแหน่งนั้น

เนื่องจากบริเวณอื่นที่มีลักษณะเป็นถนนตรงราบเรียบไม่มีโค้ง จะไม่มีปัญหาเรื่องการมองเห็นและอาจมีระยะมองเห็น มากกว่า 900 เมตร ในการแสดงระยะมองเห็นจะไม่ให้ความสำคัญกับระยะดังกล่าวดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2.13 หากมีระยะมองเห็นที่เกินกว่า 900 เมตรจะแสดงเป็น 900+ ซึ่งมาตรฐาน AASHTO แนะนำว่ากรณีถ้าระยะมองเห็นน้อยกว่า 500 เมตรควรทำการตรวจสอบระยะมองเห็นทุกๆ 10 เมตร กรณีที่มีระยะมองเห็นมากกว่า 500 เมตรอาจจะทำการตรวจสอบทุกๆ 50 เมตรก็ได้

### 2.3.4 การประเมินประสิทธิภาพการมองเห็น

การประเมินประสิทธิภาพการมองเห็น โดยการนำเอาระยะมองเห็นที่ตำแหน่งต่างๆ มาแสดงเป็นเส้นผ้ง ดังรูปที่ 2.14 ดังนี้



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงระยะมองเห็นที่ตำแหน่งต่างๆบนถนน (Sight Distance Profile)

Highway Capacity Manual ; HCM (1994) ได้เสนอว่า ระยะมองเห็นที่หาได้จากการกำหนดขนาดวัตถุสูง 0 เมตร และ ความสูงของตาผู้ขับขี่ 3.75 ฟุต (1.15 เมตร) หากมีระยะมองเห็นมากกว่า 1500 ฟุต (460 เมตร) ระยะมองเห็นดังกล่าวจะเป็นระยะที่สามารถบอกถึงระดับการให้บริการของถนน 2 ช่องจราจร ซึ่ง HCM ปี ค.ศ.1965 เรียกค่านี้ว่า Sight Distance index หาได้จาก การนำพื้นที่ใต้กราฟเฉพาะช่วงที่มีระยะมองเห็นมากกว่า 1500 ฟุต รวมกันแล้วหารด้วยความยาวของถนนทั้งหมดจากรูปที่ 2.14 จะได้

$$\text{Sight Distance Index} = [A1 + A2 + A3 + A4 + A5] / L \quad (2.6)$$

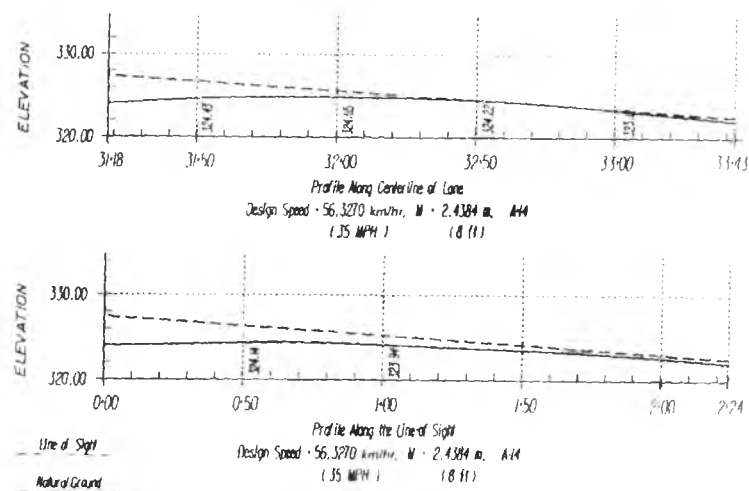
HCM ปี ค.ศ.1994 ได้ให้ค่าสำหรับใช้หาระดับการให้บริการ ค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า Percent No Passing Zones ซึ่งมาจากการรวมระยะมองเห็นที่ต่ำกว่า 1500 ฟุต หารด้วยความยาวของถนนทั้งหมด แล้วคูณด้วยร้อย ซึ่งจะใช้ค่านี้ร่วมกับความเร็วเฉลี่ย, ลักษณะของภูมิประเทศ และ V/C Ratio ก็จะสามารถหาระดับการให้บริการได้ ซึ่งจากรูปที่ 2.14 ค่าหาได้จาก

$$\text{Percent No Passing Zones} = [L - S1 + S2 + S3 + S4 + S5] / L \quad (2.7)$$

## 2.4 การศึกษาและวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระยะมองเห็น

**Sanchez (1994)** ได้ทำการวิเคราะห์หาระยะมองเห็นในลักษณะ 3 มิติ กล่าวคือเป็นระยะมองเห็นที่ได้พิจารณาผลของค่าความลาดผิวทาง (cross slope) กับค่า middle ordinate (m) โดยการจำลองทางต่อเชื่อมของทางแยกต่างระดับด้วยการสร้างพื้นผิววัตถุ 3 มิติจากโปรแกรมที่ชื่อว่า "InRoad" ของ The Intergraph 225 MicroStation workstation ซึ่งโดยปกติบริเวณทางต่อเชื่อม(Ramp) นั้นแนวโค้งตั้งจะอยู่ภายในโค้งราบเนื่องจากข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ โดยได้ใช้มาตรฐานของ AASHTO ในการกำหนดความสูงของตาและวัตถุ ผลที่ได้จากการศึกษาสรุปได้ดังนี้

การหาระยะมองเห็นในลักษณะ 3 มิติ กับวิธีการของ AASHTO นั้นให้ระยะมองเห็นที่แตกต่างกันเนื่องจากการพิจารณาความลาดผิวทางช่วยเพิ่มระยะการมองเห็นในลักษณะ 3 มิติให้ไกลกว่า กล่าวคือการหาระยะมองเห็นด้วยวิธีการของ AASHTO แนวทางตั้งที่พิจารณาจะเป็นที่ตำแหน่ง Control line ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นแนวเส้นกึ่งกลางของถนน ซึ่งจะทำให้แนวเส้นการมองเห็นตัดกับแนวทางตั้ง ไกลกว่าแนวทางตั้งตามแนวเส้นการมองเห็นซึ่งเป็นผลมากจากการพิจารณาความลาดผิวทางของผิวทางตั้งรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แนวเส้นการมองเห็นกับแนวทางดิ่งตามแนวศูนย์กลางของถนน และแนวทางดิ่งตามแนวเส้นการมองเห็น  
ที่มา : Sanchez (1994: 104)

การพิจารณาค่าความลาดผิวทางและค่า Middle ordinate ผลทำให้ความยาวโค้งทางดิ่งที่จำเป็นต่อการมองเห็น (Minimum vertical curve length) นั้นลดลงจากค่าตามมาตรฐานของ AASHTO อยู่ในช่วง 22-47 % พบว่าเมื่อค่าความลาดผิวทางและค่า middle ordinate มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ความยาวโค้งทางดิ่งที่จำเป็นต่อการมองเห็นลดลง ดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวโค้งทางดิ่งที่จำเป็นต่อการมองเห็นกับค่าตัวแปรอิสระต่างๆ

Algebraic Difference (%)	M (m)	2-D Min. VC (m)	X-Slope = 0.08		X-Slope = 0.06	
			3-D Min. VC (m)	% Decrease	3-D Min. VC (m)	% Decrease
A=14	2.44	339.11	244.14	28.0	262.44	22.6
	3.05	339.11	228.30	32.7	248.41	26.7
	4.27	339.11	201.47	40.6	224.03	33.9
	5.49	339.11	180.14	46.9	203.61	40.0
A=12	2.44	290.66	209.70	27.9	225.25	22.5
	3.05	290.66	195.99	32.6	213.06	26.7
	4.27	290.66	173.13	40.4	192.33	33.8
	5.49	290.66	155.14	46.6	175.26	39.7
A=10	2.44	242.20	174.96	27.8	187.76	22.5
	3.05	242.20	163.37	32.5	178.00	26.5
	4.27	242.20	144.78	40.2	160.93	33.6
	5.49	242.20	129.84	46.4	146.61	39.5
A=8	2.44	193.77	139.90	27.8	150.57	22.3
	3.05	193.77	131.06	32.4	142.65	26.4
	4.27	193.77	116.13	40.1	128.93	33.5
	5.49	193.77	104.24	46.2	117.96	39.1

ที่มา : Sanchez (1994: 106)

นอกจากนี้รายงานการศึกษาอื่นที่เกี่ยวข้องกับระยะมองเห็น ดังนี้

**Glennon (1987)** พบว่าการปรับปรุงโค้งทางราบให้มีระยะมองเห็นดีขึ้น จะเป็นการลงทุนที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยและคุ้มค่ามาก สามารถทำได้โดยการตัดต้นไม้และอุปสรรค ด้านในของโค้ง รวมทั้งบริเวณทางแยก ควรกันเขตทางสามเหลี่ยม หรือออกกฎหมายห้ามปลูกสร้าง และให้ตัดต้นไม้ออกจะเป็นวิธีการทำให้ถนนปลอดภัยที่มีค่าใช้จ่ายน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น

**Hedman (1990)** ศึกษาในสวีเดน พบว่าอุบัติเหตุแทบทุกกรณีจะมีอัตราลดลง ถ้าเพิ่มความยาวเฉลี่ยของระยะมองเห็น โดยเฉพาะอุบัติเหตุในเวลากลางคืน

## 2.5 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบทางเรขาคณิตของถนนในปัจจุบัน

งานออกแบบทางเรขาคณิตของถนนในปัจจุบัน ซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD มีบทบาทอย่างมากในการออกแบบ ไม่ใช่เป็นแต่เพียงซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนแบบก่อสร้าง หรือการสร้างภาพนิ่ง หากแต่ในปัจจุบันยังนำไปใช้ในงานออกแบบทางวิศวกรรมโยธาหลายด้าน เช่น ด้านสำรวจและรังวัดแผนที่ งานทาง งานโครงสร้าง ฯลฯ ซึ่งซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD นั้นมีอยู่หลายค่าย แต่ 2 ค่ายใหญ่ก็คือ AutoCAD กับ Bentley แต่โปรแกรม AutoCAD นั้นได้รับความนิยมสูงสุดคิดเป็นส่วนแบ่งการตลาดถึง 70 % (วิทยา สงวนวรรณ, 2537: 627-735) เนื่องจากเป็นโปรแกรมทางด้าน CAD ที่สามารถประยุกต์ใช้กับงานได้เกือบทุกประเภท จึงมีโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบทางเรขาคณิตของถนนโดยเฉพาะ เช่น โปรแกรม NovaCAD หรือ Softdesk นำเอาความสามารถของโปรแกรม AutoCAD มาพัฒนาให้เป็นซอฟต์แวร์เฉพาะทางที่ใช้สำหรับออกแบบถนน

โปรแกรมที่ช่วยในการออกแบบเรขาคณิตของทางที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายโปรแกรมด้วยกัน ได้แก่ MOSS Softdesk NovaCAD Eagle-Point Intergraph Geopak Inroads ฯลฯ แต่อย่างไรก็ดีโปรแกรมที่กล่าวมายังไม่มีโปรแกรมใดที่มีฟังก์ชันที่ช่วยในการประเมินความปลอดภัยในการออกแบบความเร็วและระยะมองเห็น จากลักษณะทางเรขาคณิตของถนน

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ในสหรัฐอเมริกา โดยองค์กร Transportation Research Board [TRB] ได้ให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบทางเรขาคณิตของถนน 5 ส่วนคือ ระยะมองเห็น(Sight Distance) ทางแยกต่างระดับ(Interchange) ทางแยก (Intersection) แนวเส้นทางทาง(Alignment) และรูปตัดถนน(Cross Section) ภายใต้โครงการ National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) ซึ่งในขณะเดียวกัน Federal Highway Administration (FHWA) มีโครงการศึกษาเพื่อนำเอาความสามารถของซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD มาทำการประเมินค่าความปลอดภัยจากลักษณะทางเรขาคณิตของถนนภายใต้ชื่อ

โครงการ “Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM)” ด้วยการเปรียบเทียบทางเลือกในการออกแบบต่างๆใน 2 แ่งคือ ราคาค่าก่อสร้าง และความปลอดภัย ซึ่งในเบื้องต้นนี้พัฒนามาใช้ได้กับทางหลวงนอกเมือง 2 ช่องจราจร และอยู่ในขั้นตอนการเขียนโปรแกรมซึ่งผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของอุบัติเหตุกับลักษณะขององค์ประกอบทางเรขาคณิตของถนนมาแล้วภายใต้โปรแกรม Gopak ซึ่งเป็นโปรแกรมทางค่ายของ Bentley (<http://www.tfhr.gov/pubrds/summer94/p94su37.htm>)

## 2.6 สิ่งที่ได้รับจากการศึกษาที่ผ่านมา

ผลการทบทวนรายงานการศึกษาที่ผ่านมา ทำให้ได้ข้อสรุปที่สำคัญ ดังนี้

### 2.6.1 ความเร็วที่เป็นไปได้ (Potential Speed)

- 1) การทบทวนไม่พบรายงานการศึกษาใด ที่ได้นำเอาวิธีการประเมินความปลอดภัยของแนวเส้นทาง โดยใช้ความเร็วที่เป็นไปได้ที่คำนวณจากขนาดองค์ประกอบเป็นเกณฑ์ประเมิน นำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- 2) ความเร็วออกแบบ มีข้อบกพร่องที่ไม่ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแนวเส้นทางที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติซึ่งไม่สอดคล้องกับอุปนิสัยของผู้ขับขี่ จึงทำให้ความเร็วออกแบบบางช่วงอาจมีค่าต่ำกว่าความเร็วที่เป็นไปได้ ทำให้แนวเส้นทางที่ออกแบบไม่ปลอดภัย
- 3) กำหนดให้รถยนต์หนึ่งวิ่งด้วยความเร็วคงที่ในโค้งทางราบ มีความสัมพันธ์กับค่ารัศมีโค้งซึ่งมีข้อจำกัดคือ ไม่เหมาะสมสำหรับแนวทางราบซึ่งมีความลาดชันมากกว่า 6 % เพราะความลาดชันเริ่มมีผลกระทบต่อความเร็วที่เป็นไปได้ของรถยนต์หนึ่งซึ่งจะทำให้แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงความโค้งกับความเร็วที่เป็นไปได้ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมเกิดขึ้นจริง โดยที่การลดและเร่งความเร็วจะอยู่ในช่วงที่เป็นทางตรงก่อนเข้าและออกจากทางโค้งตามลำดับ ระยะทางที่ต้องใช้ในการลดและเร่งความเร็วขึ้นกับอัตราความเร่ง ซึ่งโดยปกติจะใช้อัตราเร่งปกติเท่ากับ  $0.85 \text{ m/s}^2$
- 4) ความเร็วของรถบรรทุก แบ่งเป็นผลเนื่องจากแนวทางราบ และแนวทางตั้ง โดยผลเนื่องจากแนวทางราบจะใช้ค่าความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆของรถยนต์หนึ่งลบด้วย 5 mph (8 km/h) และผลเนื่องจากแนวทางตั้งจะใช้ความลาดชัน และระยะของความลาดชัน ร่วมกับ แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและความเร็วสำหรับรถบรรทุกที่วิ่งบนทางลาดชัน คำนวณหาความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆ แล้วใช้ค่าต่ำสุด

ระหว่างผลกระทบในแนวทางราบและแนวทางตั้งเป็นความเร็วของรถบรรทุกที่ตำแหน่งนั้น

- 5) เกณฑ์การประเมินและวิธีการดำเนินการพัฒนาโปรแกรมจะยึดวิธีการของเยอรมันเป็นหลัก เนื่องจากสะดวกต่อการพัฒนา มีเกณฑ์การประเมินความปลอดภัยที่ละเอียดกว่าวิธีอื่น และทำการปรับปรุงวิธีการให้สามารถคำนวณหาความเร็วของรถบรรทุกที่มีผลกระทบต่อการออกแบบแนวเส้นทาง โดยประยุกต์ใช้จากวิธีการของ Leisch ซึ่งส่งผลทำให้สามารถประเมินความปลอดภัยได้ด้วยกฎ “10 mph Rule”

### 2.6.2 ระยะมองเห็น (Sight Distance)

- 1) การทบทวนไม่พบรายงานการศึกษาใดที่ได้ นำเอาหลักการหาระยะมองเห็นด้วยวิธีการกราฟฟิก ตามมาตรฐานของ AASHTO นำมาพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้หาระยะมองเห็นตลอดแนวเส้นทาง
- 2) ส่วนใหญ่ในกรณีนี้คงตั้งคำว่า ค่าระยะมองเห็นที่ได้พิจารณาผลของค่าความลาดผิวทาง กับค่า middle ordinate จะให้ระยะมองเห็นมากกว่าระยะมองเห็นที่หาได้จากวิธีการตามมาตรฐาน AASHTO มีผลทำให้ความยาวโค้งทางตั้งที่จำเป็นต่อการมองเห็นนั้น ลดลงจากค่าตามมาตรฐานของ AASHTO อยู่ในช่วง 22-47 %