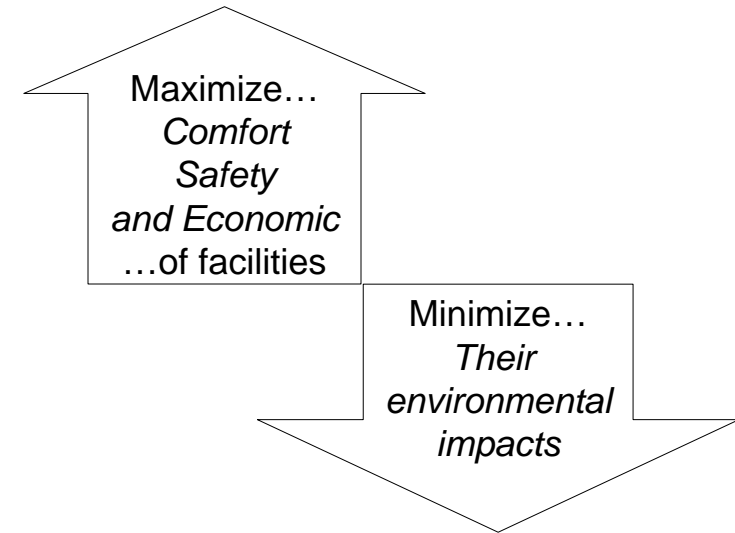


Geometric Design of Highway

Dr. Surames Piriyaawat
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Burapha University

The Goals of Geometric Design



Geometric Cross Section

- o The primary consideration in the design of geometric cross sections for highways, runways, and taxiways is drainage
- o The components of highway cross section
 - Traveled way
 - Shoulders (or parking lanes)
 - Drainage channels

Shoulders are intended primarily as a safety feature and provide for accommodation of...

- o stop vehicles
- o emergency use
- o lateral support of the pavement

Drainage channels may consist of...

- o ditches (usually grassed swales) or
- o paved shoulder with beams or curbs
- o gutters

Cross-slope

- o high-type roadways (ex. freeway): 1.5-2.0 percent
- o shoulders or parking lanes: 2-6 percent
- o ditches: foreslopes should normally be 1:4
- o backslopes (cut or fill slopes): 1:2 or 1:1.5

Lane widths

- o standard lane widths: 3.6 m or 12 ft.
- o shoulders or parking lanes (for heavily traveled roads): 2.4-3.6 m or 8-12 ft.

Vertical Alignment

Vertical alignment consist of

- o Tangent grade: straight lines in the vertical plane
- o Vertical curves

Maximum slope for each type of road

Road levels	Road types	Max. slope (%)	Design speed (km/h)
Primary road	Freeway	5	80
	Arterial road	5	65
Secondary road	All types	8	50
Local road	All types	10	40

Critical length in metes for each slope value

Slope (%)	3	4	5	6	7	8
Critical length (m)	480	330	240	220	150	140

Crest vertical curve

1. ระยะมองเห็นปลอดภัยมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวโค้ง

$$S \leq L: L = \frac{AS^2}{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

2. ระยะมองเห็นปลอดภัยมีค่ามากกว่าความยาวโค้ง

$$S > L: L = 2S - \frac{(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

L = ความยาวของโค้งแนวดิ่งในหน่วยเมตร

S = ระยะมองเห็นปลอดภัยในหน่วยเมตร

A = ผลต่างของความลาดชันน้อยเป็นเปอร์เซ็นต์

h1 = ความสูงของระดับสายตาผู้ขับขี่ในหน่วยเมตร

h2 = ความสูงของวัตถุในหน่วยเมตร

Stopping sight distance for crest vertical curve

- o ตามมาตรฐาน Country Road Board ประเทศออสเตรเลีย (1980):

$$h1 = 1.15 \text{ m}, h2 = 0.20 \text{ m}$$

$$S \leq L: L = \frac{AS^2}{461.5}$$

$$S > L: L = 2S - \frac{461.5}{A}$$

- o ตามมาตรฐานกรมทางหลวงประเทศไทย (2523):

$$h1 = 1.14 \text{ m}, h2 = 0.15 \text{ m}$$

$$S \leq L: L = \frac{AS^2}{423}$$

$$S > L: L = 2S - \frac{423}{A}$$

Passing sight distance for crest vertical curve

o ตามมาตรฐาน Country Road Board ประเทศออสเตรเลีย (1980):

$$h_1 = 1.15 \text{ m}, h_2 = 1.15 \text{ m}$$

$$S \leq L: L = \frac{AS^2}{920.0}$$

$$S > L: L = 2S - \frac{920.0}{A}$$

o ตามมาตรฐานกรมทางหลวงประเทศไทย (2523):

$$h_1 = 1.14 \text{ m}, h_2 = 1.14 \text{ m}$$

$$S \leq L: L = \frac{AS^2}{921}$$

$$S > L: L = 2S - \frac{921}{A}$$

Sag vertical curve

1. ระยะมองเห็นปลอดภัยมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวโค้ง

$$S \leq L: L = \frac{AS^2}{200(H + S \tan \theta)}$$

2. ระยะมองเห็นปลอดภัยมีค่ามากกว่าความยาวโค้ง

$$S > L: L = 2S - \frac{200(H + S \tan \theta)}{A}$$

if given: $H = 0.75 \text{ m}$ and $\theta = 1^\circ$

$$S \leq L: L = \frac{AS^2}{150 + 3.5S}$$

$$S > L: L = 2S - \frac{150 + 3.5S}{A}$$

Driving comfort consideration for traversing in sag vertical curve

ความเร่งตามแนวรัศมี (a) ของยานที่แล่นผ่านทางโค้งมีค่าดังนี้

$$a = \frac{v^2}{R} \quad \text{or} \quad a = \frac{V^2}{12.96R}$$

a = ความเร่งตามแนวรัศมีในหน่วย m/s^2

v = ความเร็วในหน่วย m/s

V = ความเร็วในหน่วย km/h

R = รัศมีในหน่วย m

รัศมีของโค้งแนวตั้งรูปพาราโบลา มีค่าโดยประมาณดังนี้

$$R = \frac{100L}{A}$$

L = ความยาวของโค้งแนวตั้งกั้นกระแทกในหน่วย m

A = ผลต่างของเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน

$$\therefore a = \frac{V^2(A)}{12.96(100L)}$$

$$\text{so } L = \frac{AV^2}{1296a}$$

โดยทั่วไปมักนิยมใช้ค่า $a = 0.30 \text{ m/s}^2$

Sag vertical curve pass beneath obstruction

1. ระยะมองเห็นปลอดภัยมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวโค้ง

$$S \leq L: L = \frac{AS^2}{800 \left[G - \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) \right]}$$

2. ระยะมองเห็นปลอดภัยมีค่ามากกว่าความยาวโค้ง

$$S > L: L = 2S - \frac{800}{A} \left(G - \frac{H_1 + H_2}{2} \right)$$

Example: Determine the minimum length of a crest vertical curve between a +0.5% grade and a -1.0% grade for a road with a 100-km/h design speed. The vertical curve must provide 190-m stopping sight distance and meet the California appearance criteria ($h_1 = 1.070$ m and $h_2 = 0.15$ m).

Solution: Stopping sight distance criteria

$$\text{Assume } S \leq L: L = \frac{AS^2}{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} = \frac{[0.5 - (-1.0)](190^2)}{200(\sqrt{1.070} + \sqrt{0.150})^2} = 134.0 \text{ m}$$

134.0 m < 190 m, so $S > L$

$$\text{For } S > L: L = 2S - \frac{(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} = 2(190) - \frac{200(\sqrt{1.070} + \sqrt{0.150})^2}{[0.5 - (-1.0)]} \\ = 380.0 - 269.5 = 110.5 \text{ m}$$

Use $L = 120$ m

Horizontal Alignment

Factors affecting design of horizontal curve:

- o Design speed
- o Radius or degree of curvature
- o Rate of superelevation

กรณีพิจารณาเฉพาะแรงเสียดทานระหว่างล้อและผิวจราจร

$$(N_L + N_R)f = \frac{Wv^2}{Rg}$$

N_L และ N_R = แรงตั้งฉากที่ล้อด้านซ้ายและขวาตามลำดับ

f = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

W = น้ำหนักของยวดยาน

v = ความเร็วของยวดยาน, m/s

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, 9.8 m/s²

R = รัศมีความโค้ง, m

$$(N_L + N_R) = W; \therefore f = \frac{v^2}{Rg}$$

แทนค่า V หน่วย km/h และค่า g ลงไปจะได้

$$f = \frac{V^2}{127R}$$

กรณีพิจารณาเฉพาะการยกโค้ง

$$\tan \theta = \frac{v^2}{Rg}$$

อัตราการยกโค้ง $e = \tan \theta$

$$\therefore e = \frac{v^2}{Rg} \quad \text{or} \quad e = \frac{V^2}{127R}$$

ในการออกแบบจริงจะมีทั้งแรงเสียดทานและการยกโค้ง

$$\tan \theta + f = \frac{v^2}{Rg}$$

$$\therefore e + f = \frac{v^2}{Rg}$$

$$e + f = \frac{V^2}{127R}$$

o ข้อแนะนำในการยกโค้งของ AASHTO:

อัตราสูงสุดในการยกโค้งไม่ควรเกิน 0.12 และสำหรับการออกแบบในเมืองไม่ควรเกิน 0.06

Degree of Curvature

ค่าต่ำสุดที่ปลอดภัยของรัศมี R สามารถคำนวณหาได้จากสูตรโค้งมาตรฐานดังนี้

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e + f)_{\max}}$$

ค่าองศาโค้งวงกลมสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

o Arc definition

$$D_{\max} = \frac{5729.6}{R_{\min}}$$

o Chord definition

$$D_{\max} = 2 \sin^{-1} \frac{50}{R_{\min}}$$

Widening

การขยายความกว้างของถนนบริเวณทางโค้ง (Widening) สำหรับถนนสองช่องจราจรต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

1. เพิ่มความกว้างเนื่องจากจากผู้ขับขี่พยายามที่จะขับห่างจากขอบถนน
2. เพิ่มความกว้างเนื่องจากล้อหน้าและล้อหลังไม่อยู่ในแนวเดียวกันขณะที่ยวดยานตีวงโค้ง
3. เพิ่มความกว้างเนื่องจากส่วนหน้ารถที่ยื่นจากเพลาล้อจะล้ำเข้าไปในแนวลำศูนย์กลาง

ความกว้างของส่วนขยายบริเวณทางโค้ง

รัศมีความโค้ง (m)	ความกว้างของส่วนขยายต่อหนึ่งช่องจราจร (m)	
	ช่องจราจรกว้าง 3.5 เมตร	ช่องจราจรกว้างน้อยกว่า 3.5 เมตร
450	-	0.3
300	-	0.5
150	0.3	0.6

o สำหรับถนนสองช่องจราจร ส่วนขยายโดยประมาณหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$w = \frac{225}{R}$$

w = ความกว้างของส่วนขยายของหนึ่งช่องจราจร, m

R = รัศมีวงกลมวัดถึงล้อหน้าด้านนอกโค้งขณะเลี้ยวโค้ง, m

Sight Distance in Horizontal Curve

o กรณีระยะมองเห็นปลอดภัยน้อยกว่าความยาวโค้ง

$$S \leq L: m = R(1 - \cos \frac{\theta}{2})$$

$$m = \frac{S^2}{8R}$$

$$s = \frac{R}{28.65} \cos^{-1} \left(\frac{R-m}{R} \right)$$

o กรณีระยะมองเห็นปลอดภัยมากกว่าความยาวโค้ง

$$S > L: m = \frac{L(2S-L)}{8R}$$

m = ระยะออร์ดิเนตกลางของโค้ง (Mid-ordinate), m

R = รัศมีของโค้งวงกลม, m

S = ระยะมองเห็นปลอดภัย (Safety sight distance), m

L = ความยาวโค้งตามแนวศูนย์กลางของช่องจราจรด้านใน, m

θ = มุมที่จุดศูนย์กลางซึ่งรองรับส่วนโค้ง S มีหน่วยเป็นองศา

Additional Contents for Cross-Section Elements of Highway

o For more details, the cross-section includes the following features:

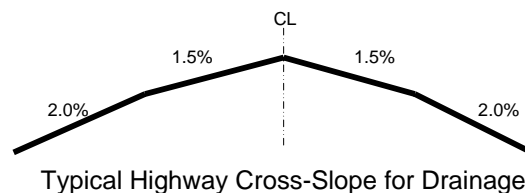
- Travel lanes
- Shoulders (or parking lanes)
- Side slopes
- Curbs
- Medians and median barriers
- Guardrails
- Drainage channels

o Shoulders:

A shoulder is the portion of the roadway contiguous with the traveled way that accommodates stopped vehicles, emergency use, and lateral support of sub-base, base, and surface courses of the roadway structure

Recommended Cross-Slopes for Shoulders

Type of Surface	Recommended Cross-Slope (%)
Bituminous	2.0-6.0
Gravel or stone	4.0-6.0
Turf	6.0-8.0



o Side-Slopes for Cuts and Embankments:

Where natural side-slopes are provided, the following limitations must be considered:

- A 3:1 side-slope is the maximum for safe operation of maintenance and moving equipment
- A 4:1 side-slope is the maximum desirable for accident safety. Barriers should be used to prevent vehicles from entering a side-slope area with a steeper slope
- A 2:1 side-slope is the maximum on which grass can be grown, and only then in good climates
- A 6:1 side-slope is the maximum that is structurally stable for where sandy soils are predominate

Recommended Side-Slopes for Cut and Fill Sections

Height of Cut or Fill (ft)	Terrain		
	Level or Rolling	Moderately Steep	Steep
0-4	6:1	4:1	4:1
4-10	4:1	3:1	2:1
10-15	3:1	2.5:1	1.75:1
15-20	2:1	2:1	1.5:1
>20	2:1	1.5:1	1.5:1

o Guardrail:

Guardrail is intended to prevent vehicles from entering a dangerous area of the roadside or median during an accident or intended action