



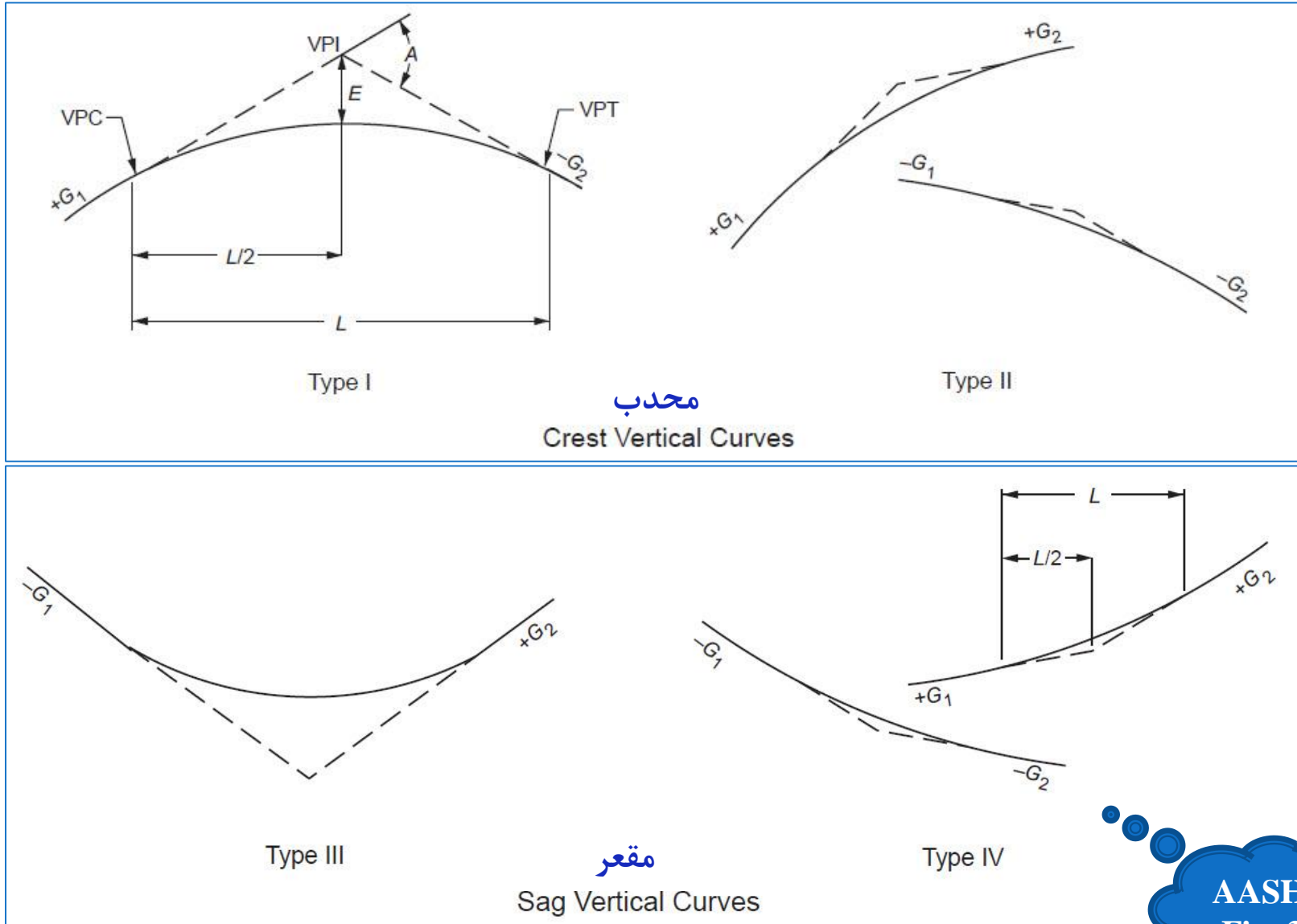
دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده مهندسی حمل و نقل

## طرح هندسی پیشرفته

فصل سوم: المان های طراحی  
قوس قائم

مدرس: محمد تمنایی

پاییز ۱۳۹۵



AASHTO  
Fig. 3.41

مهمترین معیارهای طراحی در قوسهای قائم:

فاصله دید

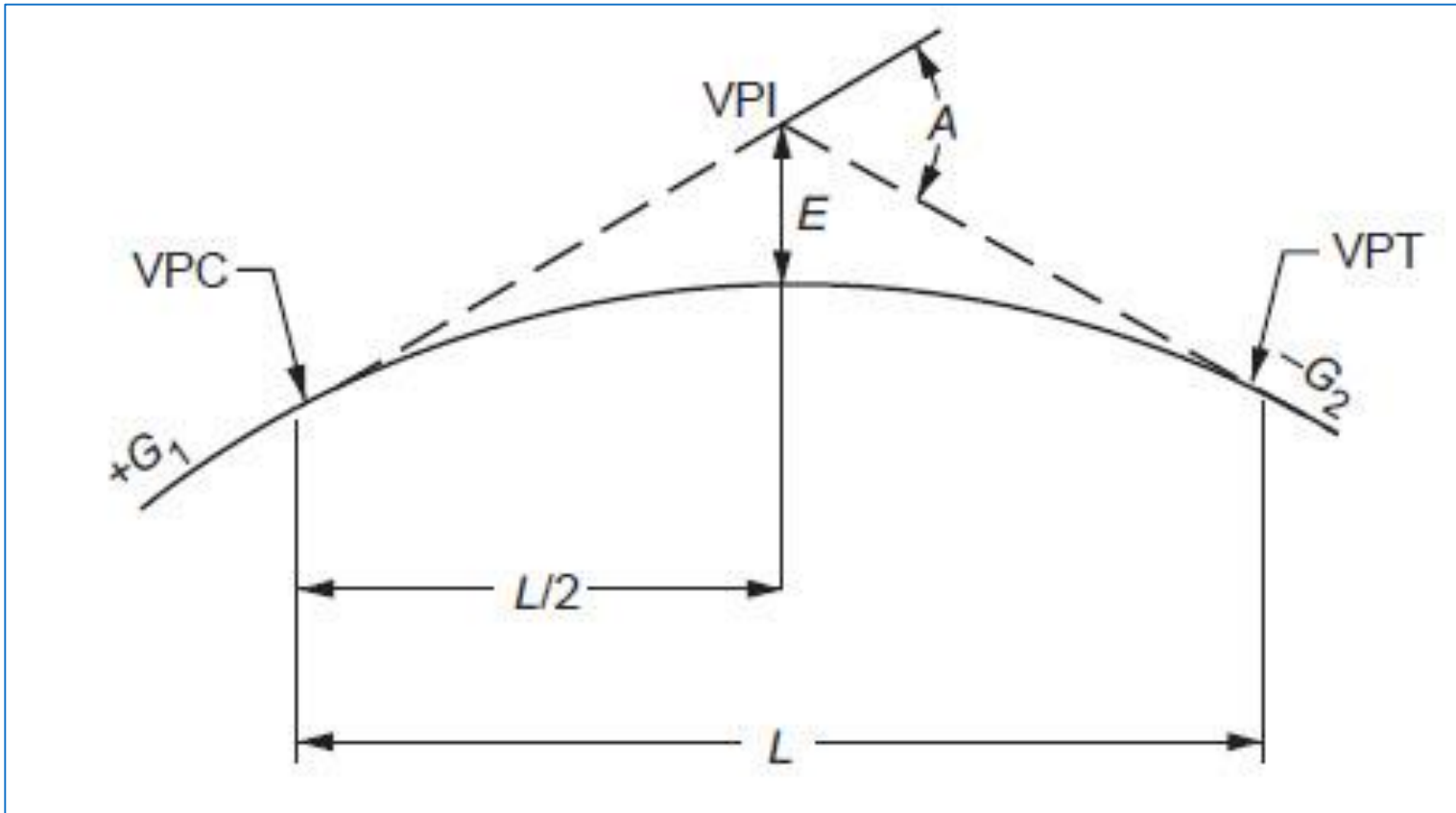
تأمین راحتی راننده

شکل ظاهری قوس قائم و راه

زه کشی

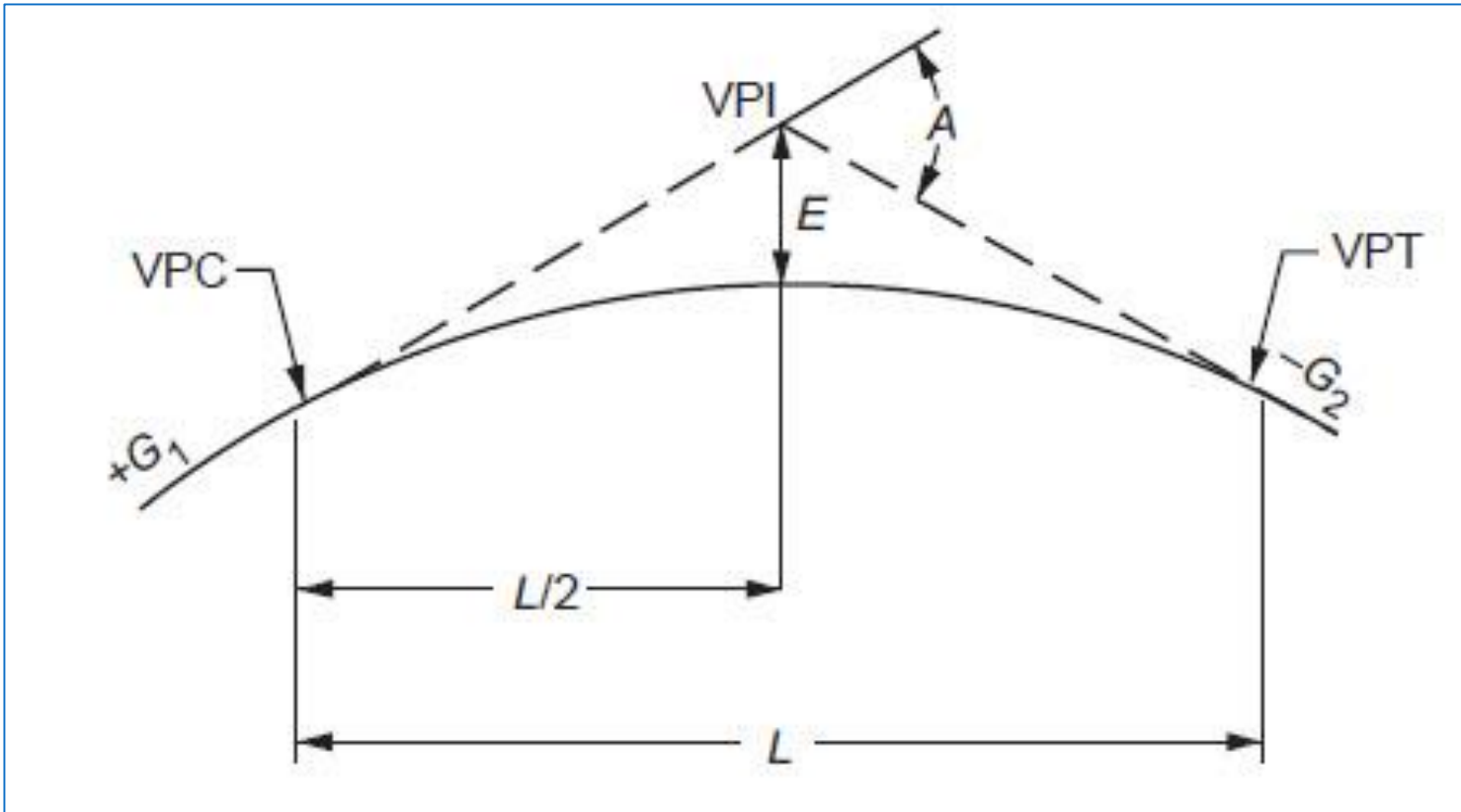


بهترین نوع قوس قائم از لحاظ راحتی و اجرا؟



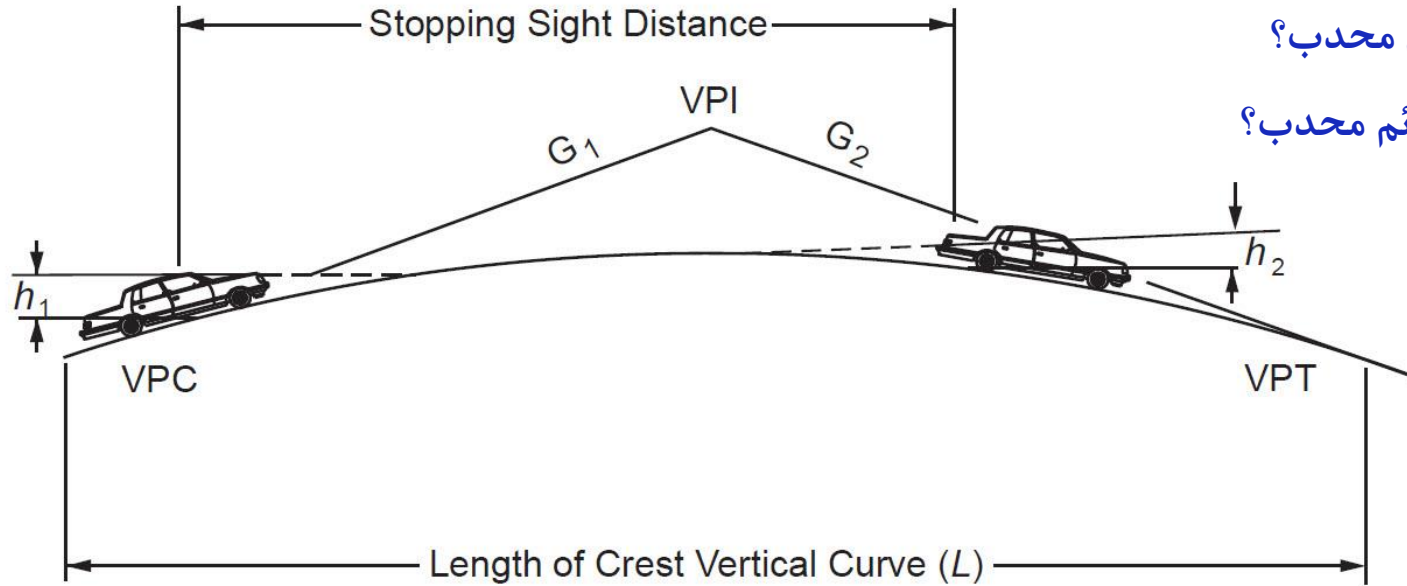
طول افقی مورد نیاز برای تغییر ۱ درجه در شیب

$$K = \frac{L}{A}$$





معیار اصلی طراحی قوس قائم محدب؟  
فاصله دید حداقل در قوس قائم محدب؟



When  $S$  is less than  $L$ ,

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

When  $S$  is greater than  $L$ ,

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

AASHTO  
Eq. 3.41



AASHTO  
Eq. 3.43

When  $S$  is less than  $L$ ,

$$L = \frac{AS^2}{658}$$

When  $S$  is greater than  $L$ ,

$$L = 2S - \frac{658}{A}$$

❖ بر اساس فاصله دید توقف:

AASHTO  
Eq. 3.45

When  $S$  is less than  $L$ ,

$$L = \frac{AS^2}{864}$$

When  $S$  is greater than  $L$ ,

$$L = 2S - \frac{864}{A}$$

❖ بر اساس فاصله دید سبقت:





جدول ۵-۲۵- مقادیر حداقل K برای قوس قائم گنبدی برای فاصله دید توقف ( $L = \frac{AS^2}{658}$ )

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید توقف (متر)	میزان انحنای قائم طرح (k)
۲۰	۲۰	۱
۳۰	۳۵	۲
۴۰	۵۰	۴
۵۰	۶۵	۷
۶۰	۸۵	۱۱
۷۰	۱۰۵	۱۷
۸۰	۱۳۰	۲۶
۹۰	۱۶۰	۳۹
۱۰۰	۱۸۵	۵۲
۱۱۰	۲۲۰	۷۴
۱۲۰	۲۵۰	۹۵
۱۳۰	۲۸۵	۱۲۴

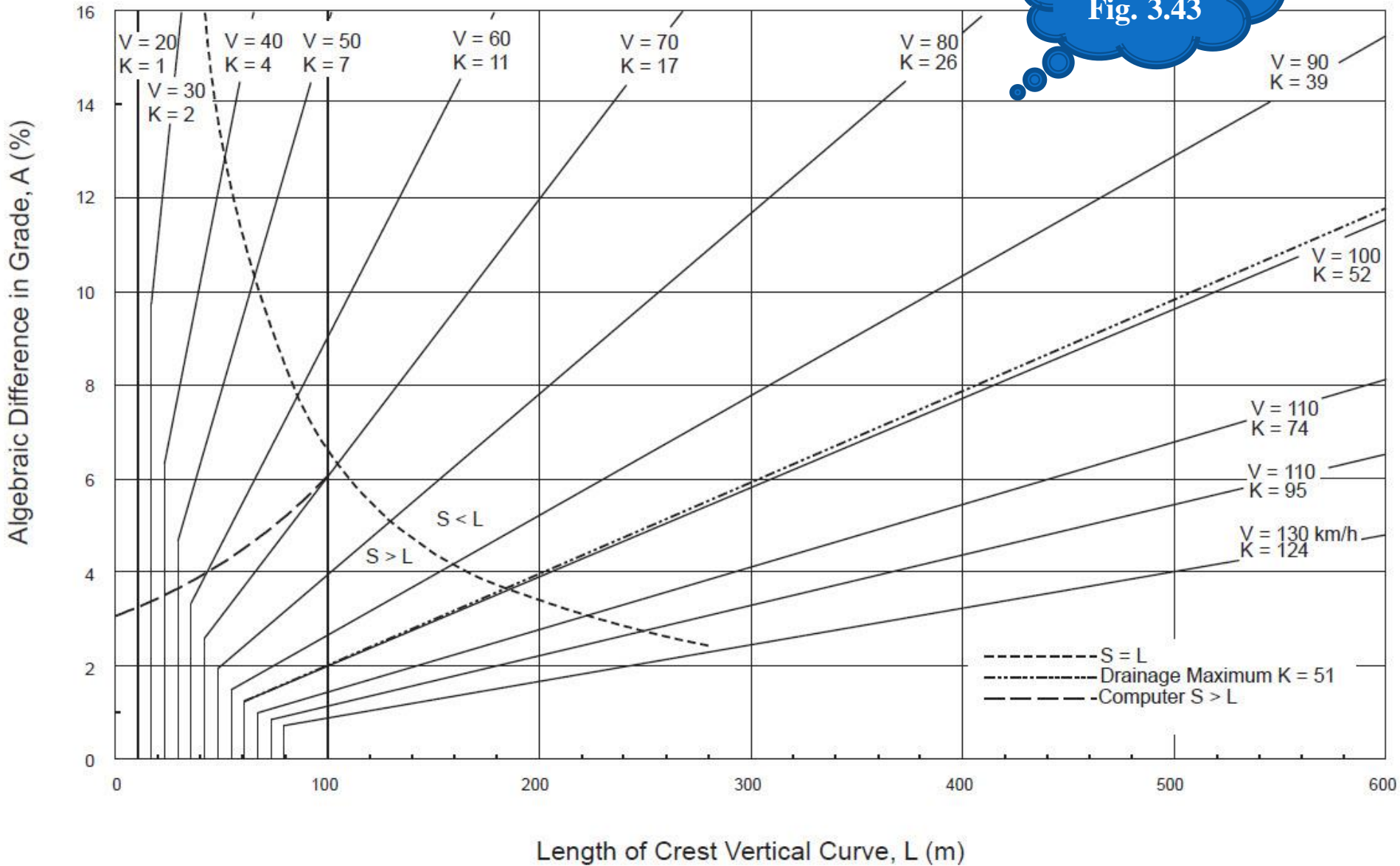


جدول ۵-۲۶- مقادیر حداقل K برای قوس قائم گنبدی برای فاصله دید سبقت ( $L = \frac{AS^2}{864}$ )

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید سبقت (متر)	میزان انحنای قائم طرح (k)
۳۰	۲۰۰	۴۶
۴۰	۲۷۰	۸۴
۵۰	۳۴۵	۱۳۸
۶۰	۴۱۰	۱۹۵
۷۰	۴۸۵	۲۷۲
۸۰	۵۴۰	۳۳۸
۹۰	۶۱۵	۴۳۸
۱۰۰	۶۷۰	۵۲۰
۱۱۰	۷۳۰	۶۱۷
۱۲۰	۷۷۵	۶۹۵
۱۳۰	۸۱۵	۷۶۹



(بر اساس فاصله دید توقف)



محدودیت سبقت در قوس قائم محذب در راههای با سرعت بالا. چرا؟



معیارهای طراحی قوس قائم مقعر:

۱- معیار فاصله دید نور چراغ جلو

۲- معیار آسایش مسافر

۳- معیار ظاهر و زیبایی

۴- معیار کنترل تخلیه آب



$$L = \frac{AS^2}{200[0.6 + S(\tan 1^\circ)]}$$

or,

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3.5S}$$

When  $S$  is greater than  $L$ ,

$$L = 2S - \frac{200[0.6 + S(\tan 1^\circ)]}{A}$$

or,

$$L = 2S - \frac{120 + 3.5S}{A}$$

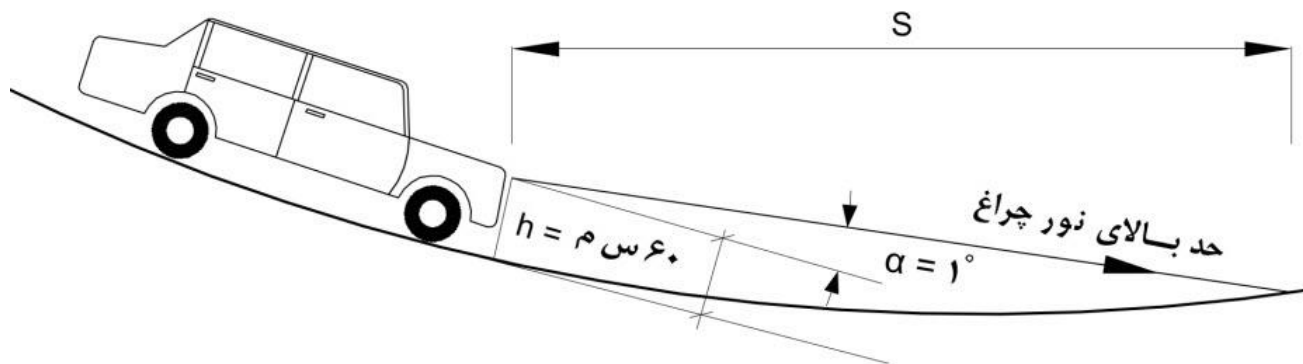


۱- فاصله دید نور چراغ جلو ( $S$ )

فرضیات محاسبات:

❖ نور پایین

❖ ارتفاع چراغ جلو و زاویه پخش نور



( $S$ =light beam distance)

## ۱- معیار فاصله دید نور چراغ جلو (S)

جدول ۵-۲۷- مقادیر حداقل K برای قوس قائم کاسه‌ای ( $L = \frac{AS^2}{120+3.5S}$ )

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید توقف (متر)	میزان انحنای قائم طرح (k)
۲۰	۲۰	۳
۳۰	۳۵	۶
۴۰	۵۰	۹
۵۰	۶۵	۱۳
۶۰	۸۵	۱۸
۷۰	۱۰۵	۲۳
۸۰	۱۳۰	۳۰
۹۰	۱۶۰	۳۸
۱۰۰	۱۸۵	۴۵
۱۱۰	۲۲۰	۵۵
۱۲۰	۲۵۰	۶۳
۱۳۰	۲۸۵	۷۳

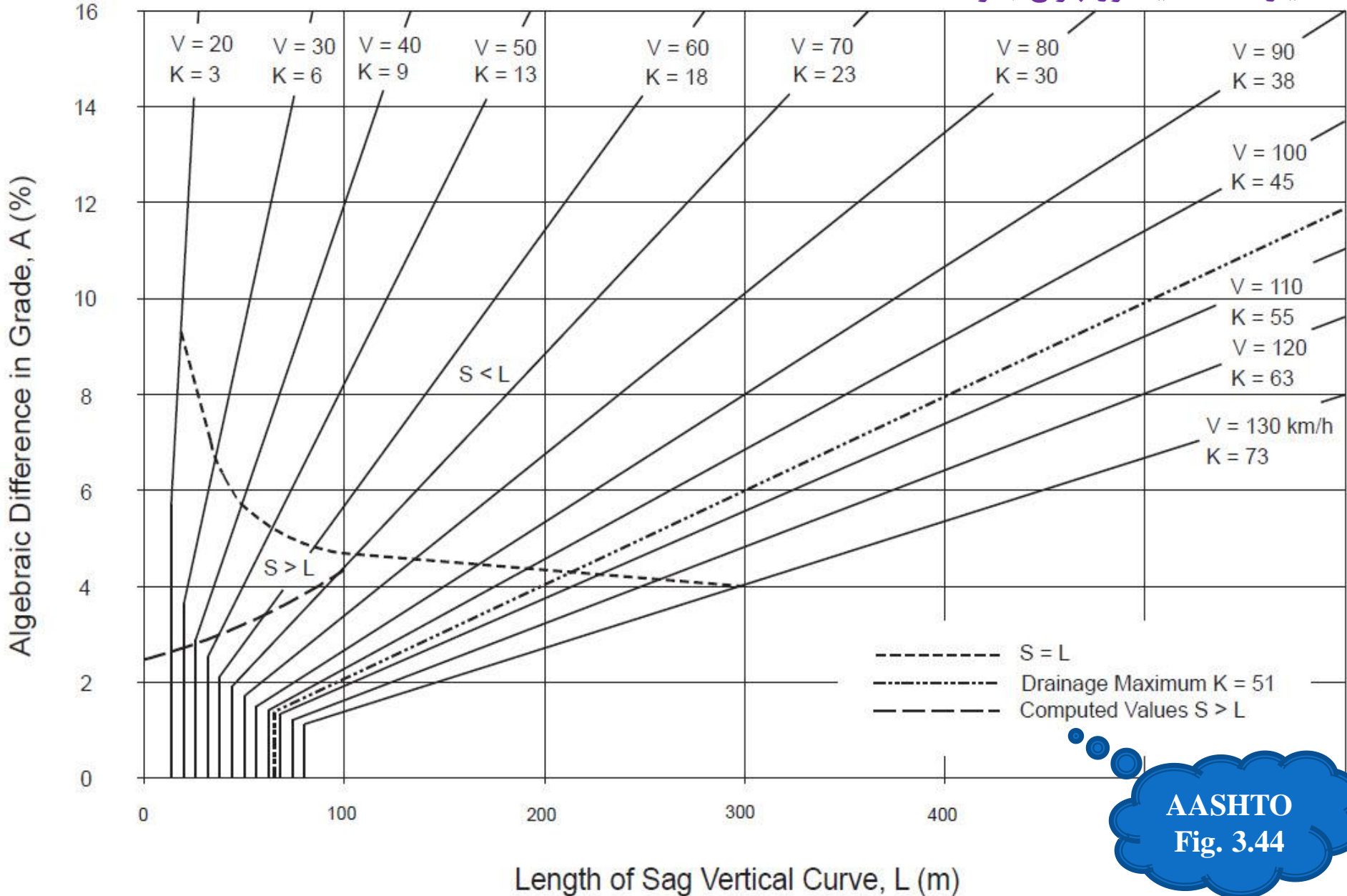
آیین نامه

۴۱۵



طرح هندسی

۱- معیار فاصله دید نور چراغ جلو (S)



**AASHTO**  
**Fig. 3.44**



حداکثر شتاب مرکزی برابر  $0.3 \text{ m/s}^2$ :

$$L = \frac{AV^2}{395}$$

where:

$L$  = length of sag vertical curve, m

$A$  = algebraic difference in grades, percent

$V$  = design speed, km/h

AASHTO  
Eq. 3.51

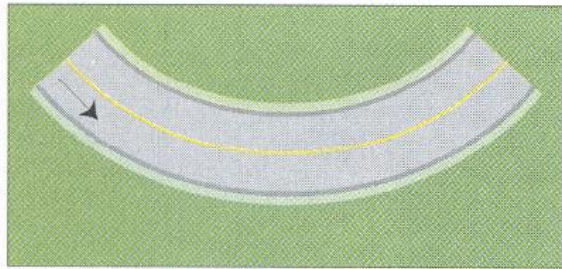
کنترل کننده؟ معیار فاصله دید چراغ یا معیار آسایش مسافر؟



$$L_{Min (m)} = \text{Max} \{ 0.6V_{D(km/h)}, 30A_{(m)} \}$$

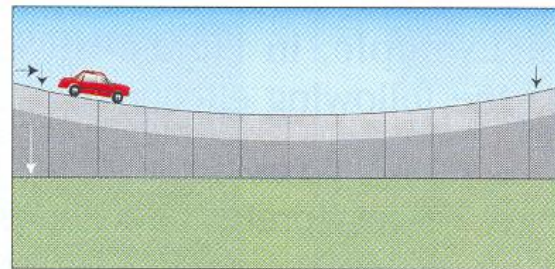
معیار زیبایی (ایمنی) چه لزومی دارد؟ خطای تشخیص شعاع

Figure HF-10 Optical illusion – Combination of horizontal and vertical curves



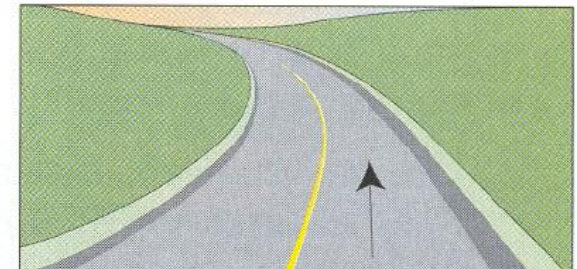
Horizontal curve

+



Sag vertical curve

=



Horizontal curve radius seems larger than in reality

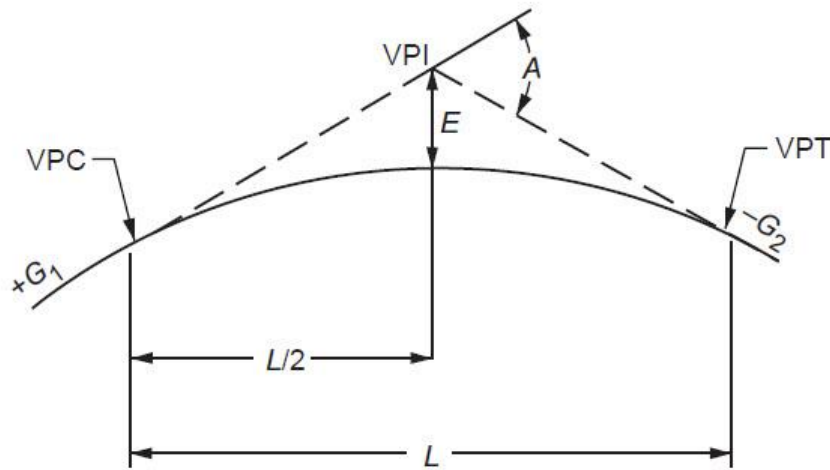


$$30 < K < 52$$

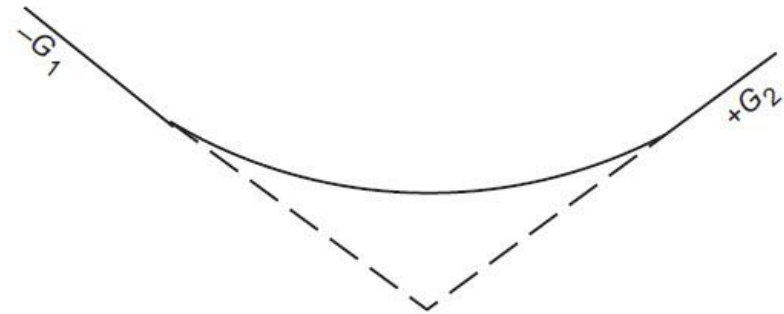
در قوس مقعر:

معیار زهکشی  $\Leftarrow$  اعمال محدودیت حداکثر طول

سایر معیارها  $\Leftarrow$  اعمال محدودیت حداقل طول



Type I



Type III



فاصله دید در زیرگذرها (Undercrossings)

خودروی طرح؟

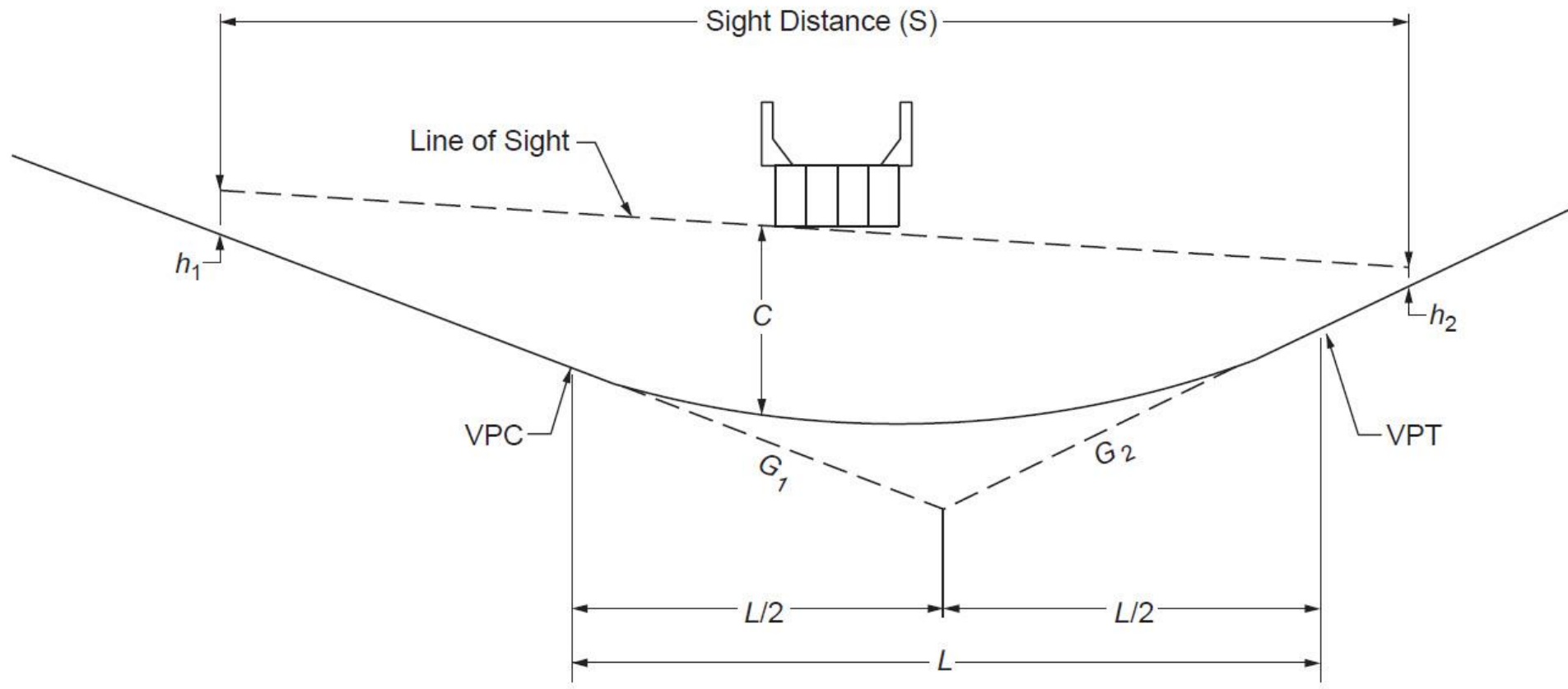
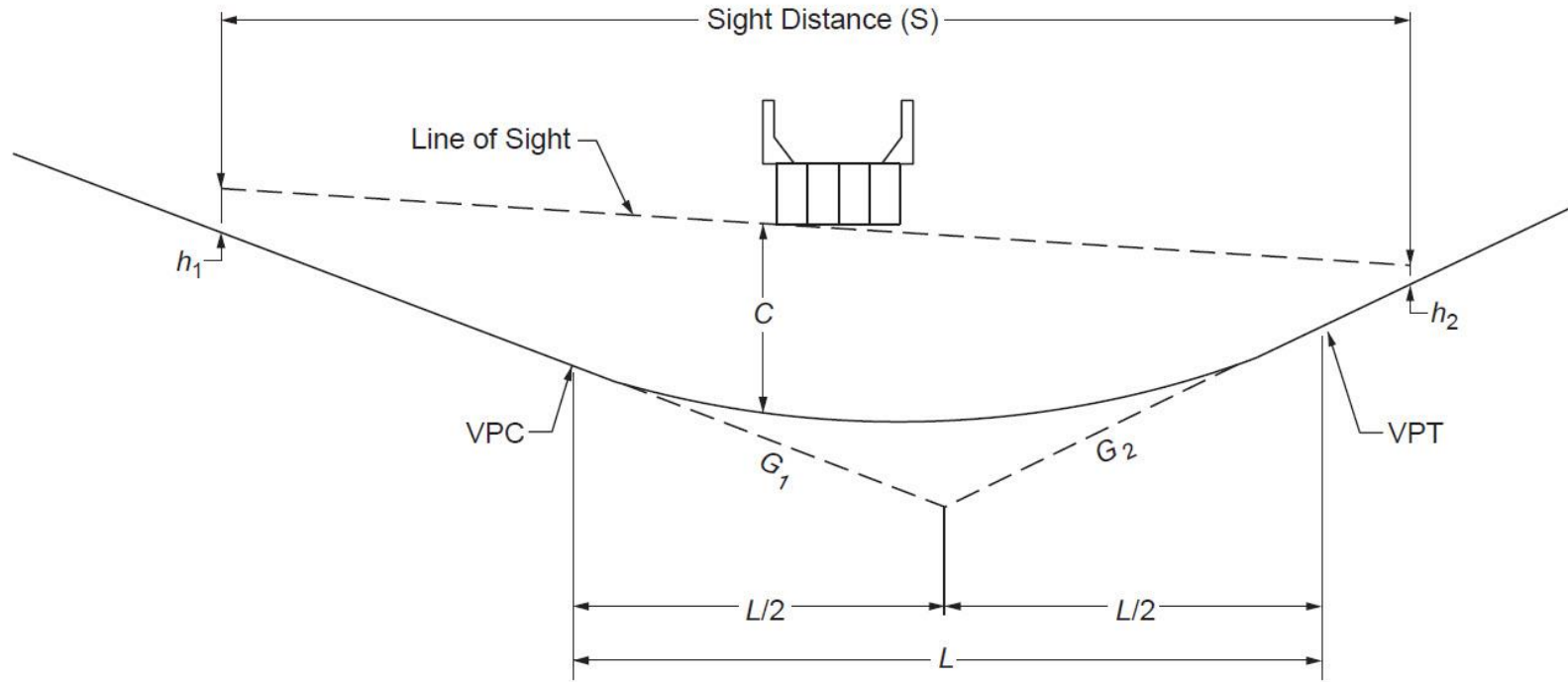


Figure 3-45. Sight Distance at Undercrossings



$$\mathbf{S > L} \Rightarrow L = 2S - \frac{800 \left[ C - \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \right]}{A}$$

$$\mathbf{S < L} \Rightarrow L = \frac{AS^2}{800 \left[ C - \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \right]}$$

$$\begin{cases} h_1 = 2400 \text{ mm} \\ h_2 = 600 \text{ mm} \end{cases}$$



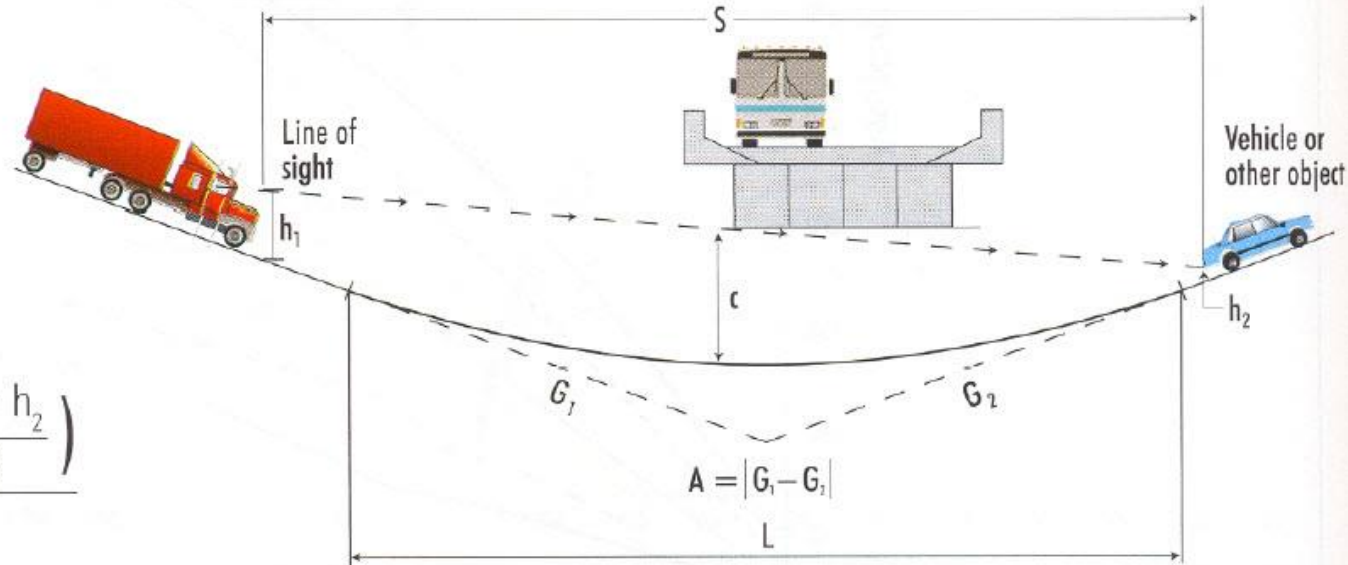
Sag vertical curve (structure overhanging the road)

For  $S < L$

$$L = \frac{A \times S^2}{800 \left( c - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}$$

For  $S > L$

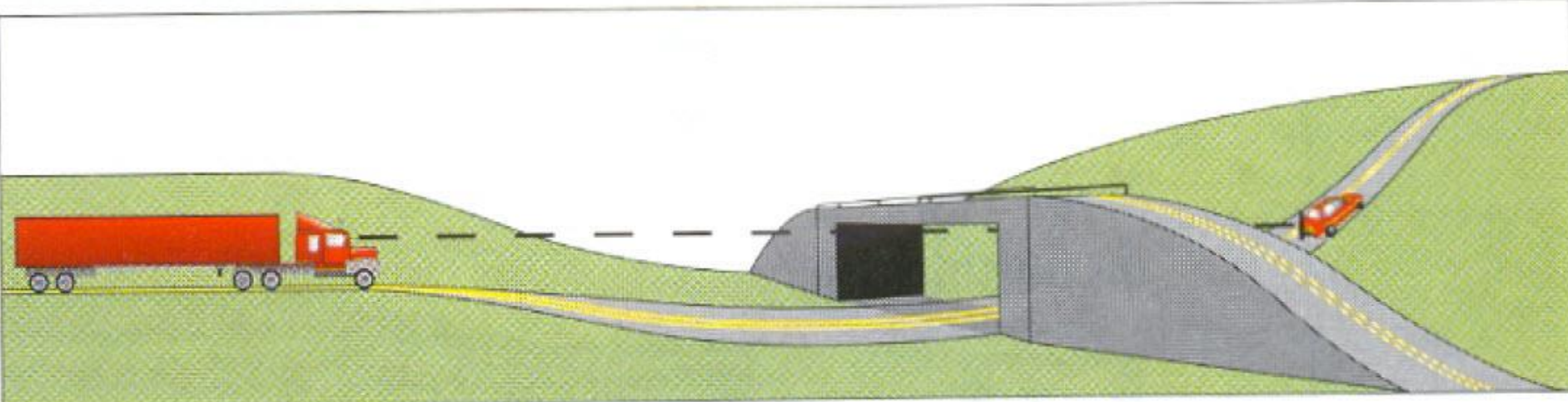
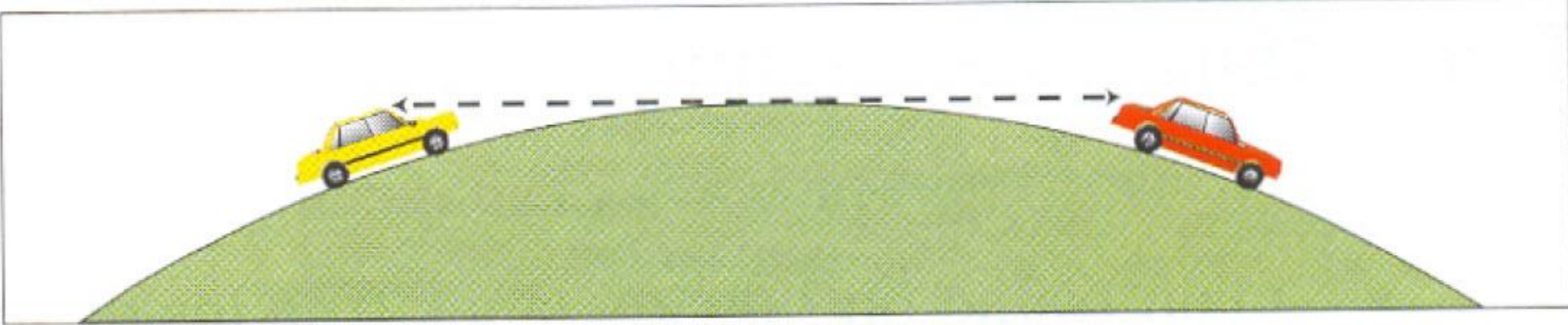
$$L = 2S - \frac{800 \left( c - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}{A}$$



- L = length of vertical curve (m)
- S = sight distance (m)
- h3 = height of head lamps (m)
- h2 = height of object (m)
- h1 = height of the driver's eyes (m)

- $\alpha$  = angle of light beam upward from plane vehicle
- A = algebraic difference in grades (percent)
- c = vertical clearance (m)
- $G_1, G_2$  = percentage of slopes (%)



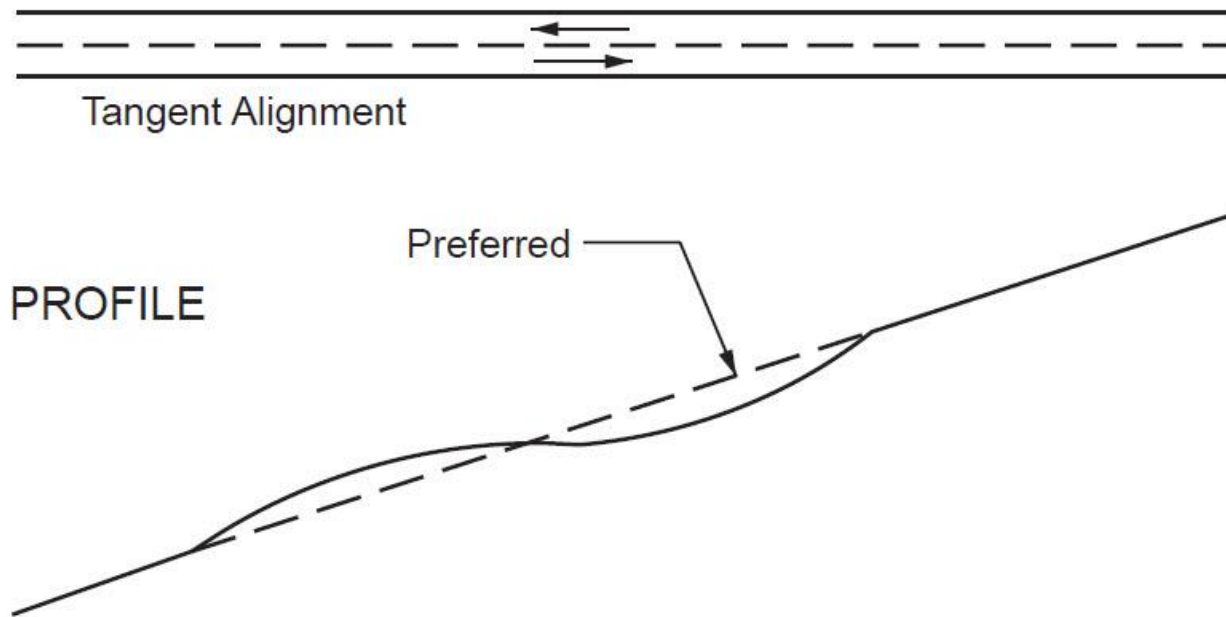


✓ پروفیل راه نباید موجی شکل باشد و نباید دارای گودی های کوچک ولی نهفته و ناپیدا (hidden-dip) باشد.

مشکل تأمین فاصله دید؟







Avoid designing little local dips in an otherwise long, uniform grade. These dips usually result from a desire to balance cut and fill and to reduce overhaul.

Profile with Tangent Alignment

- A -

AASHTO  
Eq. 3.46



طرح هندسی

✓ خط پروژه شامل شیب های محرک سرعت در طولهای زیاد به لحاظ تأثیر بر ترافیک باید ارزیابی شود.

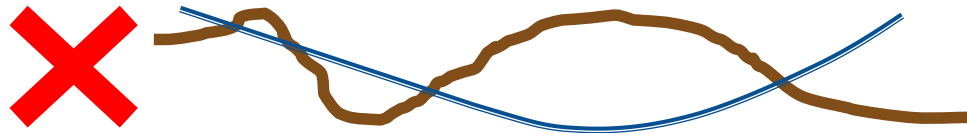
مصادیق و راهکارها؟



✓ در تقاطعات همسطح، شیب در محل تقاطع کاهش یابد.



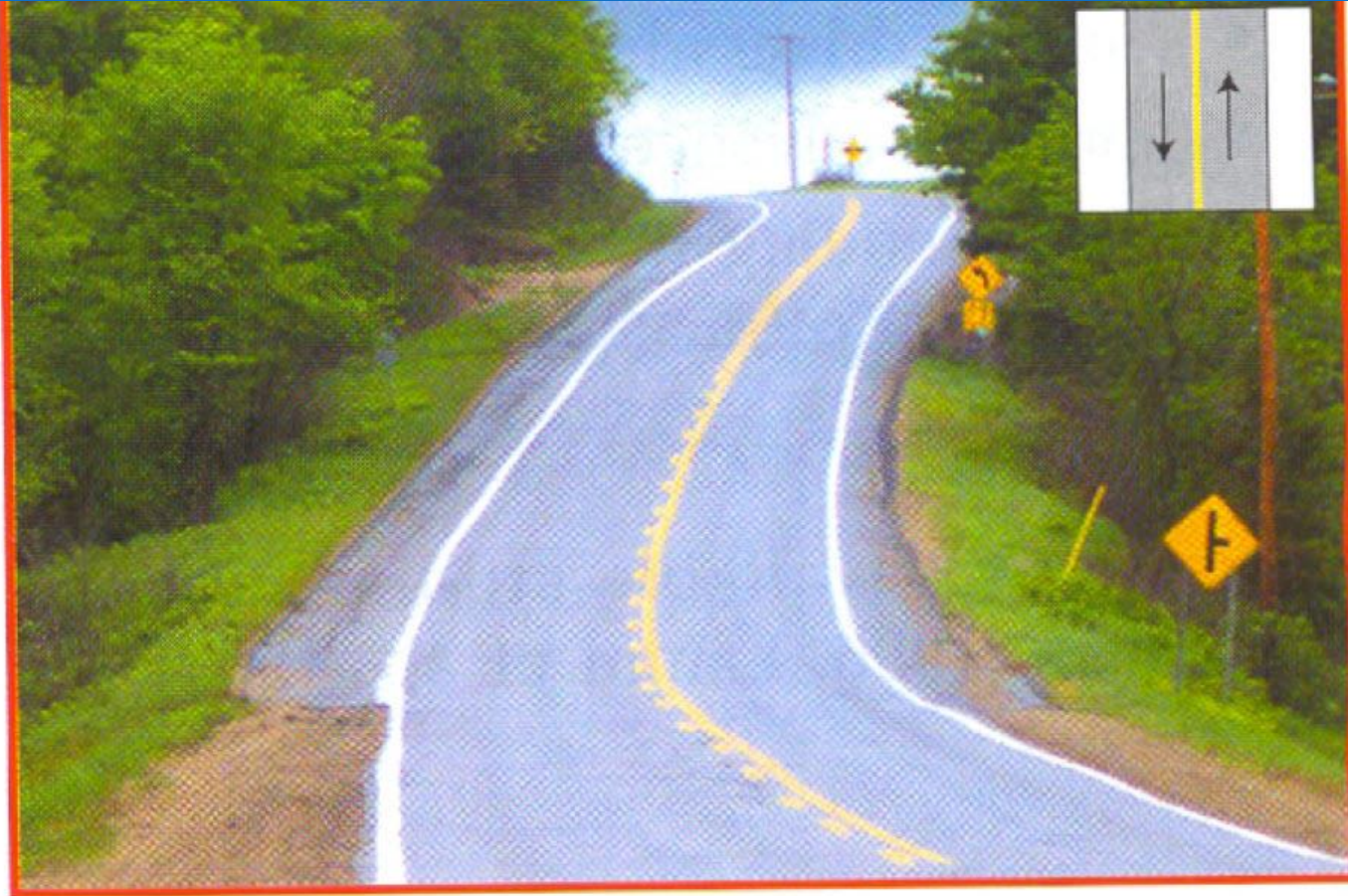
✓ باید از اینکه مکان قوس قائم مقعر، در خاکبرداری قرار گیرد اجتناب شود.





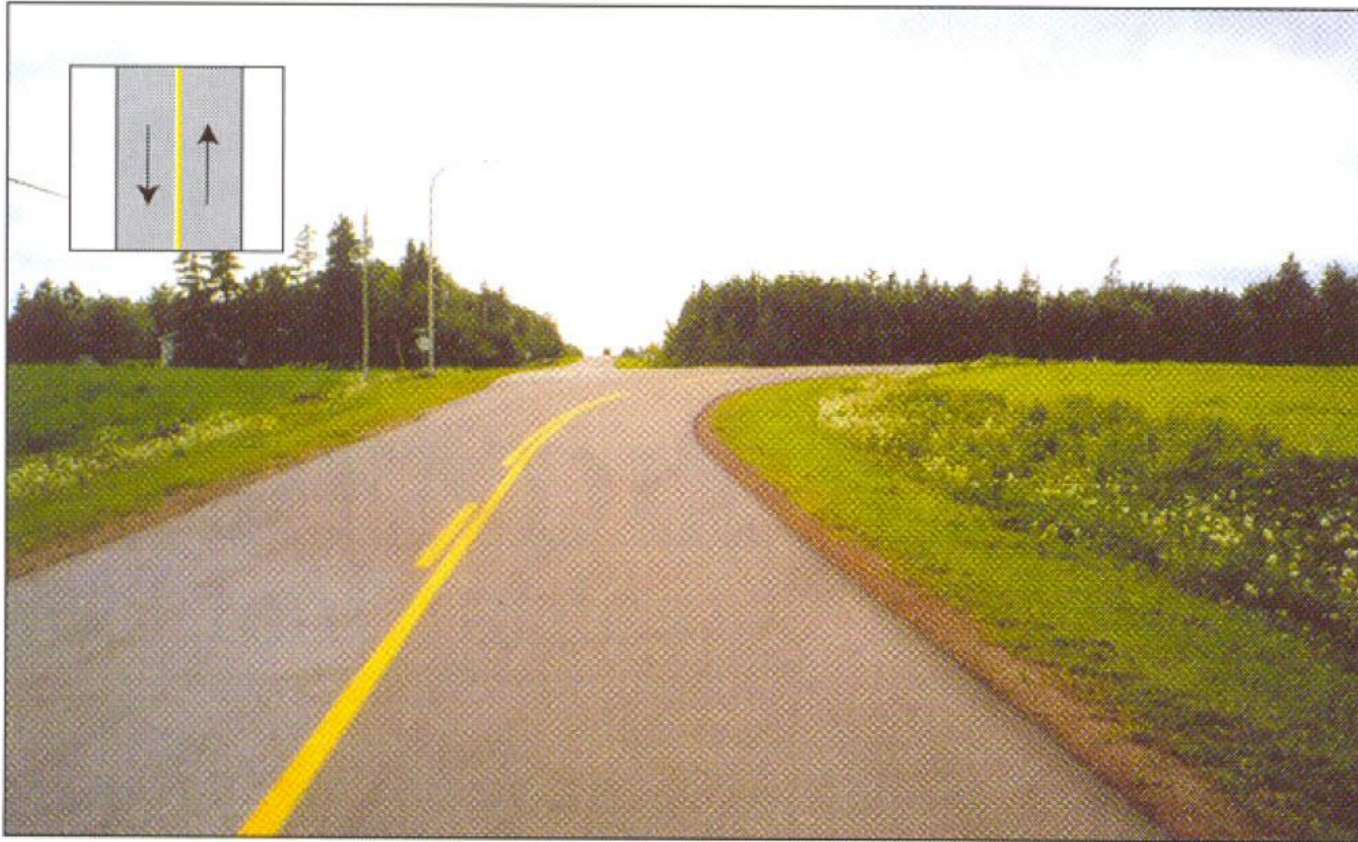
Combination of a downhill grade and sharp horizontal curve creating a sight distance restriction





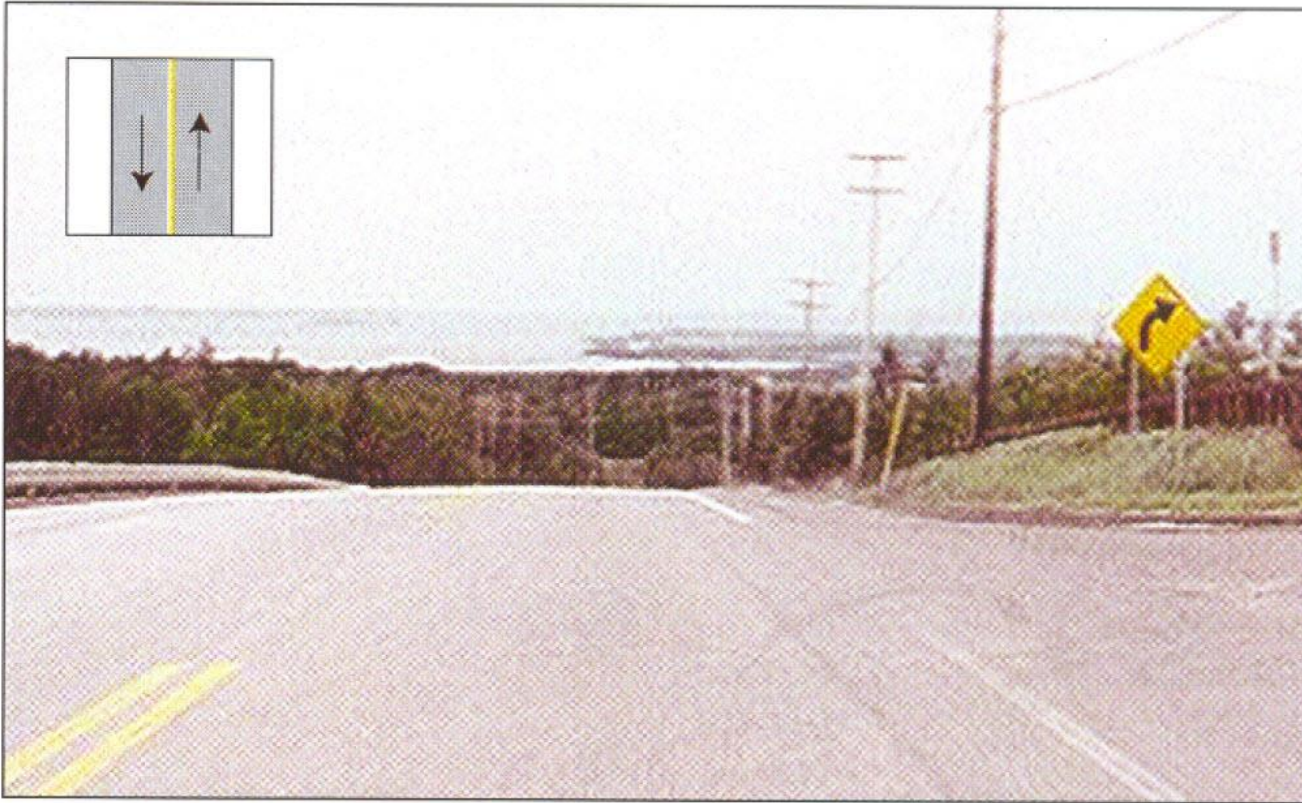
Due to the vertical curve, drivers may be surprised by the presence of the intersection and horizontal curve ahead





Unexpected road layout: the main road seems to go straight ahead but veers to right (possible traffic conflict).





Unsafe combination of vertical and horizontal alignments. Drivers do not see the horizontal curve beyond the vertical crest.





### انطباق انحناى قائم بر انحناى افقى و برعكس

- ✓ انطباق قوس قائم مقعر و افقى ناایمن است و اصلاً توصیه نمى شود.
- ✓ ترجیح (انطباق رأس قوس قائم محدب با قوس افقى) در راههای جداشده وجود ندارد.



✓ در صورت رئوس انطباق قوس افقی و قوس قائم محدب  
«طول قوس افقی به هیچ وجه از طول قوس قائم نباید کمتر شود»

