



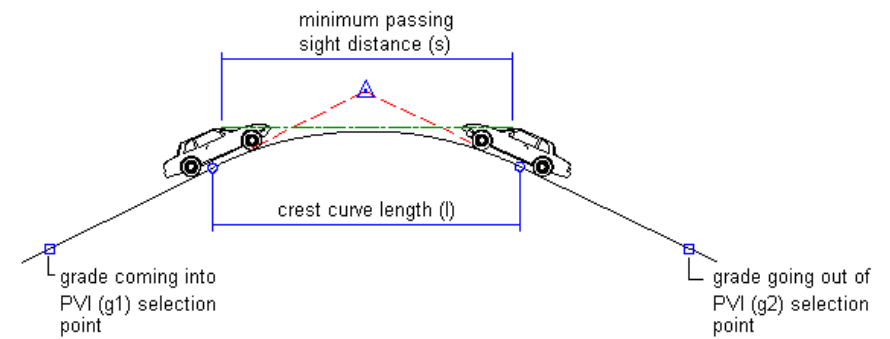
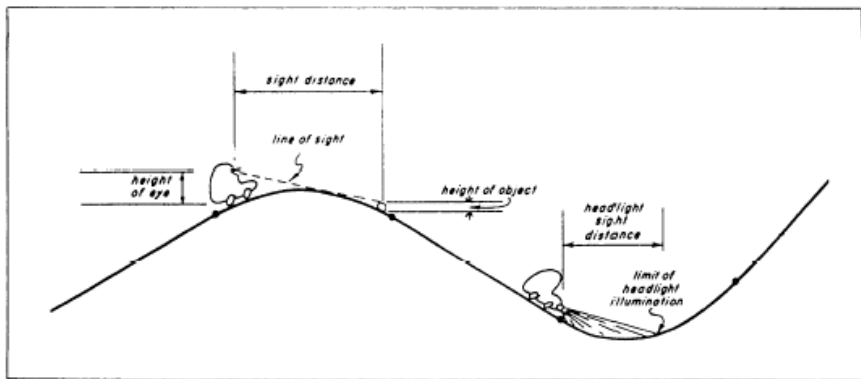
راهسازی

نیمسال اول 95-96
دانشگاه الزهراء (س)

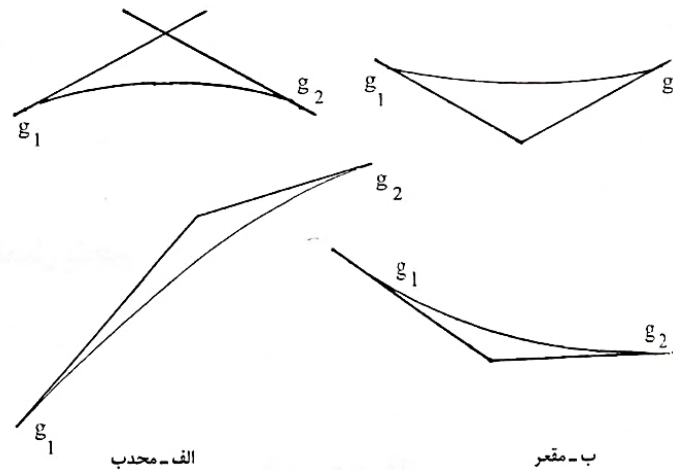
محمد احمدی

فصل 6: قوس قائم

قوس های قائم



قوس های قائم



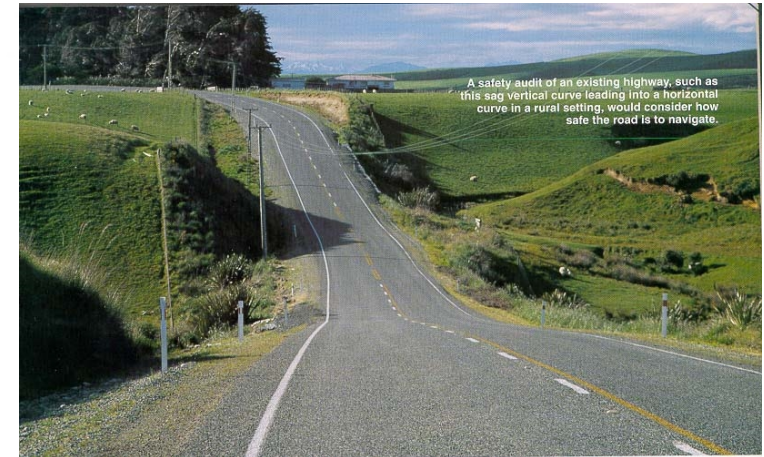
شکل ۵-۱- انواع قوسهای قائم مقعر و محدب

معمولاً شیب‌های طرفین مسیر با علامت g_1 و g_2 مشخص می‌شود که g_1 بیانگر مقدار شیب سمت چپ و g_2 بیانگر شیب طرف راست مسیر است. همچنین شیب سر بالایی یا صعودی با علامت جبری مثبت و شیب سرازیری یا نزولی با علامت جبری منفی مشخص می‌شود. اگر شیب‌های طرفین قوس با هم برابر باشند، قوس قائم متقارن خواهد بود.

۵-۲- انواع قوس‌های قائم

قوسهای قائم دارای اشکال مختلفی مانند قوس دایره‌ای ساده، سهمی درجه دوم و سهمی درجه سوم هستند. هنگامی که نسبت طول قوس دایره‌ای به شعاع آن کمتر از ۱۰ باشد، تفاوت بین شکل قوس قائم دایره‌ای با قوسی سهمی ناچیز و قابل اغماض است. در عمل به منظور سهولت در اجرا و نوع قوس، قوسهای قائم سهمی درجه دوم کاربرد زیادی در امتداد محور طولی راه و برای اتصال خطوط شکسته خط پروژه دارند.

قوس‌های قائم دایره‌ای معمولاً در حالاتی که شیب طرفین خط پروژه کم باشد برای ایجاد یک انحناء کوچک به عنوان قوس قائم مورد استفاده قرار می‌گیرند و به طور کل کاربرد آنها بعنوان قوس‌های قائم کم و محدود است. از قوسهای قائم سهمی درجه سوم نیز بندرت استفاده می‌شود.



۵-۱- تعریف

قوسهای قائم برای اتصال قسمت‌های مختلف خط پروژه راه در پروفیل طولی مسیر بکار می‌روند و سبب ایجاد شرایط مناسب برای حرکت وسایط نقلیه در طول مسیر راه‌ها می‌گردند. بطور کلی قوسهای قائم به دو دسته‌ی قوس‌های محدب و مقعر تقسیم می‌شوند. در قوس‌های محدب قوس قائم حالت برآمده داشته و محل تقاطع شیب‌های طرفین در بالا دست قوس قرار دارد در حالی‌که قوسهای مقعر قائم حالت فرو رفته دارند و محل تقاطع شیب‌های طرفین راه در پایین دست قوس قرار می‌گیرند. در شکل ۵-۱ چند نمونه از قوس‌های قائم مقعر و محدب نشان داده شده است.

۵-۳- قوس سهمی درجه دوم

همان طوری که گفته شد قوس سهمی درجه ۲ کاربردی ترین نوع قوس قائم در پروفیل طولی مسیر راه‌ها است. عامل تعیین کننده برای طراحی این گونه قوس‌ها، طول قوس می‌باشد که مقدار آن بستگی به عواملی مانند سرعت، مسافت دید و شیب‌های طرفین راه دارد. مقدار طول قوس قائم بر طبق آئین نامه طرح هندسی ایران برای قوس‌های محدب و مقعر سهمی شکل از رابطه‌ی زیر تعیین می‌گردد:

$$L \geq K A \quad (1)$$

در این رابطه A قدر مطلق تفاضل جبری شیب‌های طرفین است و K ضریبی است که تابع سرعت طرح و وضعیت روشنایی راه می‌باشد. مقدار K بر حسب مسافت دید توقف از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$K = \frac{S^2}{40.4} \quad \text{برای قوس‌های محدب}$$

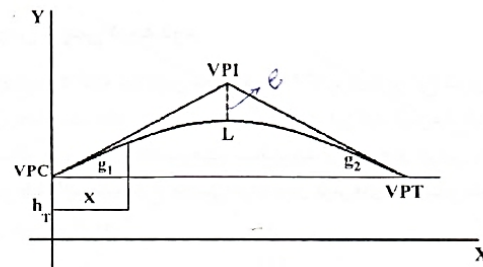
$$K = \frac{S^2}{122 + 3/5S} \quad \text{برای قوس‌های مقعر}$$

در این رابطه S مسافت دید توقف است. همچنین حداقل مقدار K برای طراحی قوسهای قائم بر حسب سرعت طرح و مسافت دید توقف از جدول ۵-۱ قابل تعیین است.

سرعت طرح km/h	۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰
مسافت دید توقف m	۲۹۰	۲۵۵	۲۲۰	۱۹۰	۱۶۰	۱۳۰	۱۰۵	۸۵	۶۵	۵۰	۳۰
حداقل k برای قوس قائم محدب m	۲۰۸	۱۶۱	۱۲۰	۸۹	۶۳	۴۲	۲۷	۱۸	۱۱	۷	۳
حداقل k برای قوس قائم مقعر m	۷۴	۶۴	۵۴	۴۶	۳۸	۲۹	۲۲	۱۷	۱۲	۸	۴

جدول ۵-۱ - مقادیر حداقل ضریب K برای قوس قائم محدب و مقعر

باید توجه داشت که حداقل مقدار طول قوس قائم نباید از ۳۰ متر کمتر باشد همچنین بهتر است این مقدار از $V/6$ که V سرعت طرح بر حسب کیلومتر بر ساعت است کمتر نباشد. در شکل ۵-۲ مشخصات یک قوس سهمی درجه‌ی دوم نشان داده شده است.



شکل ۵-۲ - مشخصات قوس قائم سهمی درجه‌ی دوم

معادله‌ی عمومی قوس سهمی درجه‌ی دوم به صورت زیر است:

$$y = ax^2 + bx + c$$

از آنجائی که معمولاً نقطه شروع سهمی دارای عرض از مبدأ (h_T) می‌باشد لذا خواهیم داشت:

$$x = 0$$

در نقطه شروع سهمی

$$y = h_T$$

بنابراین:

$$h_T = 0 + c \Rightarrow c = h_T$$

در این صورت معادله‌ی سهمی به صورت زیر خواهد بود:

$$y = ax^2 + bx + h_T \quad (2)$$

با توجه به اینکه در نقطه شروع سهمی مقدار مشتق برابر با شیب منحنی است لذا خواهیم داشت:

$$\frac{dy}{dx} = 2ax + b$$

$$\frac{dy}{dx} = g_1 = 2a \times 0 + b \Rightarrow b = g_1$$

بنابراین می‌توان معادله‌ی سهمی را به صورت زیر نوشت:

$$y = ax^2 + g_1 x + h_T \quad (3)$$

همچنین به طریقه مشابه در نقطه انتهایی سهمی مقدار مشتق برابر شیب منحنی است بنابراین:

$$\frac{dy}{dx} = 2ax + g_1$$

$$g_2 = 2aL + g_1$$

$$a = \frac{g_2 - g_1}{2L}$$

باید توجه داشت که به دلیل انحنای کم قوس سهمی و وجود شیب‌های طرفین نسبتاً کم در

ایستگاه	x	x ²	$\frac{g_2 - g_1}{2L} x^2$	g ₁ x	h _T	y
۳ - ۴۸۴	۰	۰	۰	۰	۴۳۵/۸	۴۳۵/۸
-۵۱۴	۳۰	۹۰۰	۰/۱۵	-۱/۵	۴۳۵/۸	۴۳۴/۴۵
-۵۴۴	۶۰	۳۶۰۰	۰/۶۲	-۳	۴۳۵/۸	۴۳۲/۴۲
-۵۷۴	۹۰	۸۱۰۰	۱/۴	-۴/۵	۴۳۵/۸	۴۳۲/۷
-۶۰۴	۱۲۰	۱۴۴۰۰	۲/۴۸	-۶	۴۳۵/۸	۴۳۲/۲۸
-۶۳۴	۱۵۰	۲۲۵۰۰	۳/۸۸	-۷/۵	۴۳۵/۸	۴۳۲/۱۸
-۶۶۴	۱۸۰	۳۲۴۰۰	۵/۵۸	-۹	۴۳۵/۸	۴۳۲/۶
-۶۹۴	۲۱۰	۴۴۱۰۰	۷/۶	-۱۰/۵	۴۳۵/۸	۴۳۲/۹
۳ - ۷۱۶	۲۳۲	۵۳۸۲۴	۹/۲۸	-۱۱/۶	۴۳۵/۸	۴۳۲/۴۸

۵-۴ - قوس قائم دایره‌ای

مشخصات قوس دایره‌ای ساده در فصل قبل بررسی گردید و روابط محاسبه اجزای این قوس ارائه گردید. تمامی این روابط هندسی برای تعیین اجزای یک قوس قائم دایره‌ای ساده نیز برقرار است، اما مقدار شعاع قوس افقی همان‌طوری که ذکر شد بر اساس تعادل وسیله‌ی نقلیه در قوس تحت اثر نیروی گریز از مرکز تعیین می‌گردد در حالی که شعاع قوس قائم دایره‌ای با استفاده از مسافت دید محاسبه می‌شود. اصولاً قوسهای قائم دایره‌ای کاربرد کمی در پروفیل طولی راه دارند. مقدار شعاع حداقل قوس قائم دایره‌ای بر طبق آئین نامه ایران و بر حسب اینکه مسافت دید کوچکتر و یا بزرگتر از طول قوس باشد از روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$R_{\min} = \frac{0.467S^2}{0.535}$$

ب - اگر طول قوس از مسافت دید کوچکتر باشد.

$$R_{\min} = \frac{Y_{00}}{A} \left(S - \frac{Y_{20}}{A} \right)$$

در این روابط:

R_{min} حداقل شعاع قوس قائم محدب و یا مقعر دایره‌ای

S مسافت دید توقف

A تفاضل جبری شیب‌های طرفین می‌باشند.

مسیر راه، طول قوس سهمی در هر نقطه با مختصات طول آن (x) برابر فرض می‌شود.

با جای‌گذاری مقدار a در معادله (۳) معادله‌ی عمومی سهمی به صورت زیر بدست می‌آید:

$$y = \frac{g_2 - g_1}{2L} X^2 + g_1 x + h_T \quad (۴)$$

برای طراحی و اجرای قوس سهمی پس از تعیین طول سهمی و جاگذاری مقادیر g₁، g₂ و h_T در معادله (۴) و با انتخاب مقادیر x مقادیر y یعنی ارتفاع نقاط مختلف سهمی تعیین می‌شود.

مقدار پارامتر e، یعنی فاصله وسط سهمی تا رأس قوس برابر است با:

$$e = \frac{(g_2 - g_1)L}{8} = \frac{AL}{8}$$

زیرا در وسط سهمی $x = \frac{L}{2}$ است و داریم:

$$y = \frac{g_2 - g_1}{2L} \times \frac{L^2}{4} + g_1 \times \frac{L}{2} + h_T$$

مقدار e بر طبق شکل ۵-۲ برابر است با:

$$e = h_T + g_1 \times \frac{L}{4} - \left[\frac{g_2 - g_1}{2L} \times \frac{L^2}{4} + g_1 \frac{L}{4} + h_T \right]$$

$$e = - \frac{(g_2 - g_1)L}{8}$$

علامت منفی به دلیل تعیین تفاضل در جهت عکس محور y ها است.

مثال: در پروفیل طولی یک راه اصلی با سرعت طراحی ۸۰ km/h، شیب‌های طرفین راه به ترتیب برابر با ۰.۵٪ و ۰.۳٪ می‌باشند. این شیب‌ها یکدیگر را در کیلومتر ۳+۶۰۰ قطع می‌نمایند. ارتفاع محل تقاطع ۴۳۰ متر است. پس از تعیین معادله سهمی، ارتفاع کلیه ایستگاه‌ها برای طراحی و اجرای قوس قائم را تعیین نمایند. فاصله هر دو ایستگاه متوالی ۳۰ متر در نظر گرفته می‌شود.

$$L \geq KA$$

با استفاده از جدول ۲-۱ مقدار k برای قوس قائم مقعر برابر است با

$$K = 29 \quad L \geq 29 \times | -0.5 - 0.3 | = 232m$$

بنابراین طول سهمی ۲۳۲ متر انتخاب می‌شود.

$$y = \frac{g_2 - g_1}{2L} x^2 + g_1 x + h_T$$

$$h_T = 0.05 \times \frac{232}{2} + 430 = 435/8$$

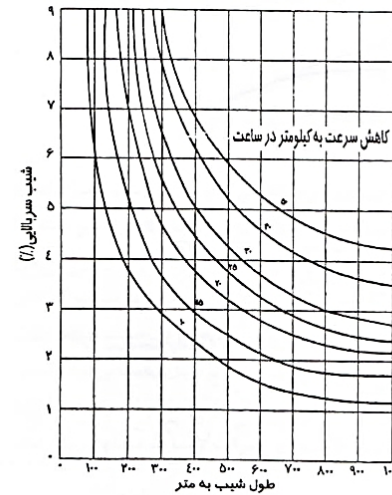
$$y = \frac{3 + 5}{100 \times 2 \times 232} x^2 - 0.05x + 435/8$$

$$y = \frac{x}{5800} - 0.05x + 435/8$$

مقادیر حداقل فوق لازم است با مقادیر حداقل شعاع‌های مورد نیاز برای تأمین راحتی راننده مقایسه و بزرگترین آنها به عنوان شعاع حداقل طراحی انتخاب گردد.

۵-۵- افزایش طول قوس به منظور کاهش حداکثر طول شیب

همان‌طوری که در فصل سوم ذکر شد مقدار شیب طولی راه با توجه به نوع راه و سرعت طراحی نباید از مقدار مجاز بیشتر باشد، همچنین طول شیب‌ها مخصوصاً در جاده‌هایی که کامیون‌های سنگین از آن عبور می‌نمایند نباید از مقدار معینی بیشتر شود. با افزایش درصد شیب مقدار حداکثر طول شیب مجاز کاهش می‌یابد. طول شیب بر ظرفیت جاده، سطح سرویس، تأخیر و ایمنی وسایط نقلیه تأثیر می‌گذارد. مقدار حداکثر طول شیب مجاز بر این اساس محاسبه می‌گردد که کاهش سرعت وسایط نقلیه سنگینی که از آن عبور می‌نمایند به حداکثر ۲۵ کیلومتر بر ساعت نسبت به سرعت متوسط ترافیک عبوری محدود گردند. آئین نامه طرح هندسی ایران نمودار شکل ۵-۳ را برای تعیین حداکثر طول شیب مجاز در سر بالایی پیشنهاد نموده است. با افزایش طول قوس قائم می‌توان طول شیب‌ها را کاهش داد. هر چه طول قوس قائم بزرگتر باشد، مسیر بین دو شیب در پروفیل طولی کوتاه‌تر می‌گردد.



شکل ۵-۳ - نمودار تعیین مقدار حداکثر طول شیب برای مقادیر مختلف کاهش سرعت (سرعت اولیه 90 km/h)

۵-۶- مسائل

- ۱- در پروفیل طولی یک بزرگراه مسیره‌ای طرفین یکدیگر را در کیلومتر $280 + 4$ با شیبهای $g_1 = 1\%$ و $g_2 = 2\%$ قطع می‌کنند. سرعت طراحی این بزرگراه 90 km/h است. اگر ارتفاع محل شروع قوس قائم سهمی برابر با 270 متر باشد به سؤالات زیر پاسخ دهید:
 - الف- ارتفاع نقاط را به فواصل 30 متر به 30 متر بر روی قوس قائم سهمی تعیین نمایید.
 - ب- فاصله عمودی محل تقاطع تا قوس سهمی را بدست آورید.
 - ج- فاصله مماس تا قوس در کیلومتر $320 + 4$ را تعیین نمایید.
- ۲- اگر در مسئله اول برای اتصال از یک قوس قائم دایره‌ای استفاده گردد و طول قوس دایره‌ای 200 متر باشد. مقدار حداقل شعاع لازم برای تأمین مسافت دید چقدر است.
- ۳- در یک جاده اصلی از یک شیب سر بالایی 5 درصدی استفاده گردیده است. مقدار حداکثر طول شیب مجاز را محاسبه نمایید.

