

(1)

Transition Curves

قوسهای انتقال (قوسهای پیوندی یا ترانزیت)

۱- کلیات در مورد قوسهای انتقال :

حما نظور که قبلاً اشاره شد، پلان مسیر راه تکلیف شده است از یک سری راستاهای مستقیم که در نقاطی تحت عنوان سوره دارای نوسانی هستند. تأمین امنیت و راحتی حرکت وسایل نقلیه ایجاب می نماید تا قسمتی از طرفین نقطه تکلیفی با یک قوس دایره ای همسایه بر راستاهای مستقیم جایگزین شود. لذا بر اساس شرط تعادل حرکت وسیله نقلیه (رابطه $(e+f) \geq \frac{V^2}{R \cdot g}$)، در قسمتی مستقیم راه ($R = \infty$) میزان دور برابر صفر بوده و در داخل قوس با شعاع R ، دور دایره ای مقدار معین e می باشد. بنابراین در محل تنظیم سطح جاده در محل تماس قسمت مستقیم با ابتدا و انتهای قوس، به عدت پیکان شدن آن، با مشکل مواجه می شود.

اولین راهکار پیشنهاد شده برای حل این مشکل، افزایش تدریجی شیب عرضی راه در طول مشخصی از مسیر مستقیم بود، به نحوی که در ابتدای قوس دایره ای، شیب عرضی به مقدار معین e می رسد و بعد در طول قوس میزان آن ثابت می ماند و مجدداً در انتهای قوس، شیب عرضی در همان طول مشخصه اولیه به تدریج از e به صفر کاهش داده می شود. این نامهای آن زمان بیان می نمود که طول مشخصه تأمین دور (یا شیب عرضی در قوس) باید تماماً بر روی قسمتهای مستقیم قبل و بعد از قوس واقع گردد. این مسئله تعادل عرضی وسایل نقلیه را دچار اختلال می کرد، زیرا در قسمتهای مستقیم که جاده نیاز به

شیب عرضی نداشت، به آن شیب راه می‌شد.

اما بر اساس رابطه $e + f \gg \frac{V^2}{R \cdot g}$ می‌توان نتیجه گرفت که میزان دور با کاهش شعاع قوس افزایش می‌یابد و عبارت

دیگر هر چه میزان انحنای قوس $(\frac{1}{R})$ بیشتر شود، میزان دور نیز بیشتر خواهد شد. با توجه به این خصوصیت، ایده

استفاده از منحنی‌های با انحنای تدریجی (جهت اعمال تدریجی دور از صفر به e) به جای قسمتهای مستقیم قوس گرفت.

به این ترتیب منحنی‌هایی مورد استفاده قرار گرفت که انحنای آنها در نقطه تماس با راستای مستقیم برابر صفر $(\frac{1}{r} = 0, r = \infty)$

بود و میزان انحنای در طول منحنی افزایش می‌یافت تا در شروع قوس با شعاع R به مقدار $\frac{1}{R}$ برسد. این منحنی‌ها، منحنی

با انحنای تدریجی و یا قوس انتقال نامیده می‌شوند.

۲- مزایای استفاده از قوسهای انتقال

الف - اعمال تدریجی دور بین قسمتهای مستقیم مسیر و ابتدا و انتهای قوس دایره‌ای و اجتناب از ایجاد پله

ب - وارد کردن تدریجی شتاب عرضی از صفر تا $\frac{V^2}{R}$ در یک فاصله مناسب و اجتناب از اعمال ناگهانی شتاب عرضی ناشی

از نیروی گریز از مرکز به وسیله تعلیق که ناراحتی سرنشینان و خطر واژگون شدن وسیله تعلیق را به همراه دارد.

ج - ایجاد دید بهتر برای راننده وسیله تعلیق جهت ورود از مسیر مستقیم به درون قوس دایره‌ای

۳- حداقل طول لازم برای قوس اتصال

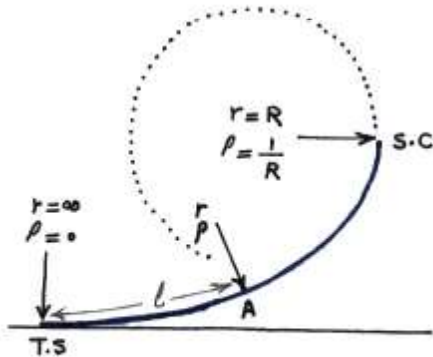
حداقل طول لازم برای قوس اتصال از سه رابطه زیر قابل محاسب است. حرکت از سه اندازه بدست آمده که بزرگتر باشد، برای احراز قوس اتصال انتخاب می شود. یادآوری می شود که طول قوس اتصال بزرگتر، راحتر و امنی راننده و وسیله نقلیه را افزایش می دهد.

الف - اعمال تدریجی دور و در نتیجه اعمال تدریجی شتاب گریز از مرکز $l_s = \frac{V^2}{27,187 R} \approx \frac{V^2}{28 R}$

ب - اعمال تدریجی دور و در نتیجه اعمال تدریجی عرض و وسیله نقلیه در منحنی قائم $l_s = 13,98 V.e \approx 14 V.e$

ج - فراهم شدن امکان دید بهتر برای راننده وسیله نقلیه $l_s = \sqrt{12R}$

۴- معادله عمومی قوسهای اتصال



همانطور که اشاره شد، برای تأمین دور تدریجی بین مسیر مستقیم و قوس دایره باید از منحنی استفاده کرد که انحنای آن در محل تماس با خط مستقیم برابر صفر است و میزان انحنای در طول منحنی به تدریج افزایش می یابد.

تا در نقطه برخورد با قوس دایره، انحنای مقدار معلوم $\rho = \frac{1}{R}$ برسد.

بر اساس تعریف فوق میزان انحنای در هر نقطه از قوس اتصال از رابطه روبرو قابل محاسب است: $\rho = \frac{1}{r} = k \cdot l$

مقدار ثابت تناسب (k)، با نوشتن رابطه فوق برای نقطه معلوم S.C. قابل محاسب است: $\frac{1}{R} = k \cdot l_s \rightarrow k = \frac{1}{R \cdot l_s}$

با جایگزینی کردن ثابت تناسب در رابطه اول خواهیم داشت: $\frac{1}{r} = \frac{1}{R \cdot l_s} l \rightarrow l \cdot r = l_s \cdot R = Cte$

(۴)

حاصل ضرب $l_s \times R$ مقداری ثابت از جنس سطح می باشد و بنابراین معادله عمومی قوس انتقال به صورت زیر خواهد بود:

$$l \cdot r = cte \quad \therefore \text{شعاع انحنای طول قوس رابطه عکس دارد}$$

بر اساس معادله عمومی فوق، فرمهای ریاضی مختلف (مهری درجه ۳، مهری درجه ۴، لپسینکات، مالدیید و لوتسید) برای قوسهای

انتقال ارائه شده است. در ادامه پیرامون قوسهای لوتسید به عنوان یکی از پرکاربردترین انواع قوسهای انتقال، فرمهای بیشتر

ارائه می شود.

۵- معادلات کلی قوسهای لوتسید

لوتسید عبارت است از منحنی که در نقطه آن دارای شعاع مخفی به آن نقطه است. معادله این واژه آلمانی در زبان فرانسه

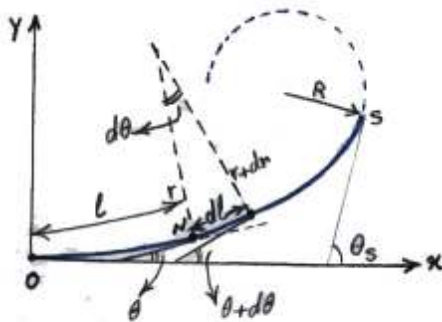


مارپیچ کربنو، در امریکا مارپیچ اولسر و در انگلیس اسپرال می باشد.

در لوتسید معادله ثابت را با A^2 نشان می دهند، از اینرو طبق معادله عمومی قوسهای انتقال برای لوتسید خواهیم داشت:

$$l \cdot r = A^2 \quad \text{معادله عمومی لوتسیدها}$$

$$A^2 = l_s \cdot R \rightarrow A = \sqrt{l_s \cdot R}$$



مقدار A که از جنس طول می باشد، پارامتر لوتسید نام دارد.

اگر مطابق شکل زاویه مماس بر منحنی در نقطه غیر مشخص N را با محور

x با برابر θ در نظر بگیریم و طول کوچک dl را بر روی منحنی انتخاب

(ω)

$$dl = r \cdot d\theta \rightarrow \frac{d\theta}{dl} = \frac{1}{r} \quad (1)$$

نمایم، خواهیم داشت:

$$A^r = l \cdot r \rightarrow r = \frac{A^r}{l} \quad (2)$$

$$(1), (2) \rightarrow \frac{d\theta}{dl} = \frac{l}{A^r} \rightarrow l \cdot dl = A^r \cdot d\theta \xrightarrow{\text{انتگرال}} \frac{1}{2} l^2 = A^r \cdot \theta$$

$$l = A\sqrt{2\theta} \quad (3)$$

$$\theta = \frac{l^r}{2A^r} \xrightarrow{A^r=r \cdot l} \theta = \frac{l}{2r}$$

اگر زاویه مماس بر نقطه پایان لوتسید را با θ_s نمایش دهیم، خواهیم داشت:

$$l_s = A\sqrt{2\theta_s}$$

$$\theta_s = \frac{l_s^r}{2A^r} = \frac{l_s}{2R}$$

از ترتیب روابط ارائه شده برای θ و θ_s رابطه کمربری زیر حاصل می شود:

$$\theta = \left(\frac{l}{l_s}\right)^2 \cdot \theta_s$$

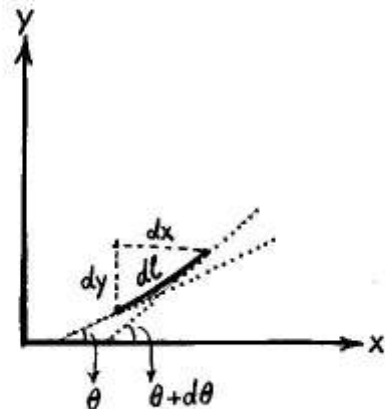
برای ارائه معادلات قوس لوتسید در دستگاه مختصات کارتزین (x, y) نیز به صورت زیر عمل می شود:

$$dx = dl \cdot \cos\theta = dl \left(1 - \frac{\theta^2}{2!} + \frac{\theta^4}{4!} - \frac{\theta^6}{6!} + \dots\right)$$

$$dy = dl \cdot \sin\theta = dl \left(\theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots\right)$$

$$(1), (2) \rightarrow dl = \frac{A^r}{l} \cdot d\theta \xrightarrow{(3)} dl = \frac{A^r}{A\sqrt{2\theta}} d\theta$$

با جایگزینی مقدار dl در روابط ارائه شده برای dx و dy خواهیم داشت:



(V)

tangent to spiral : TS : نقطه شروع لولیتید : نقطه تغییر از تازانت به لولیتید

spiral to circle : SC : نقطه پایان لولیتید : نقطه تغییر از لولیتید به دایره

circle to spiral : CS : نقطه پایان دایره : نقطه تغییر از دایره به لولیتید

PI : نقطه تقاطع تازانتها

l_s : طول کمان لولیتید : فاصله نقطه A تا C (از روابط متبوعی می شود)

l : طول لولیتید تا نقطه مماس N بر روی آن

θ_s : زاویه لولیتید

$\theta = (\frac{l}{l_s}) \theta_s$ ← زاویه خط مماس در نقطه M مسطح با طول l

Δ : زاویه تقاطع دو اسکاد مماس (بوسیله طرح معین می شود)

Δ_c : زاویه مرکزی مسطح نسبت دایره ← $\Delta_c = \Delta - 2\theta_s$

$T_s = k + (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2}$ ← طول کمان خط مماس

$E_s = (R_c + P) \sec \frac{\Delta}{2} - R_c = (R_c + P)(\sec \frac{\Delta}{2} - 1) + P$ ← فاصله خارجی یا خنثی قوس

$L.T = AB = X_s - \frac{Y_s}{\tan \theta_s}$ ← طول مماس نزدیک لولیتید

$S.T = BC = \frac{Y_s}{\sin \theta_s}$ ← طول مماس کوچک لولیتید

R_c : شعاع قوس دایره

X : طول هر نقطه بر روی لولیتید

X_s : طول نقطه پایان لولیتید (SC)

Y : عرض هر نقطه بر روی لولیتید

Y_s : عرض نقطه پایان لولیتید (SC)

$P = Y_s - R_c (1 - \cos \theta_s)$ ← فاصله مماس دایره موازی با مماس لولیتید

$k = X_s - R_c \sin \theta_s$ ← فاصله مرکز دایره تا نقطه شروع لولیتید