۱- شعاع ، سرعت طرح ، اصطکاک ، بربلندی

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)}$$ **صفحه ۵۸ آیین نامه طرح هندسی (نشریه ۴۱۵)**

$$L_T = L_t + L_r = \left(\frac{e_{NC}}{e_d} \times L_r\right) + \left(\frac{W.n.e_d.b_w}{\Delta}\right)$$ **صفحه ۷۱ تا ۷۳ آیین نامه طرح هندسی (نشریه ۴۱۵)**

$$L_{S_{min}} = max\begin{cases} 2.19\sqrt{R} \\ 0.018\frac{V^3}{R} \end{cases} \qquad L_{S_{max}} = 4.9\sqrt{R}$$ **صفحه ۶۲ آیین نامه طرح هندسی (نشریه ۴۱۵)**

آزمون نظام مهندسی ترافیک-بهمن۱۳۹۷

سطح مقطع یک راه دو خطه معمولی دوطرفه به عرض ۸ متر دارای شیب عرضی ثابت ۲ درصد از محور است .اگر بر بلندی قوس افقی ۵ درصد باشد ، الف) حداقل شعاع قوس افقی لازم چند متر است ؟ ب) حداقل طول سرشکن برای سرعت طرح ۸۰ کیلومتر بر ساعت چند متر است ؟

۱) ۲۷۰-۸۴

۲) ۲۵۰-۸۴

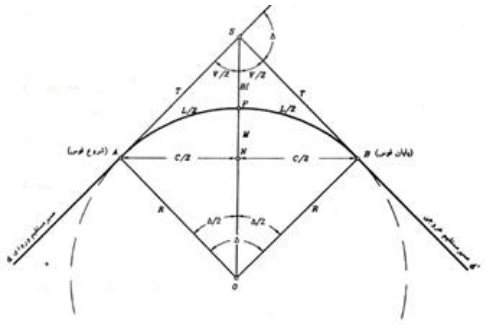
۳) ۲۵۰-۴۲

۴) ۲۷۰-۴۲

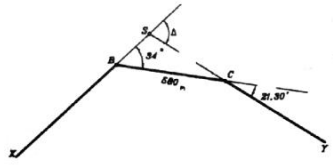
تمرین) در یک آزاد راه چهار خطه در منطقه کوهستانی با برف و یخبندان زیاد و با سرعت طرح ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت که قوس های افقی آن با سیستم کلوتئید-قوس دایره ای-کلوتئید می باشند ، چنانچه شعاع یکی از قوس های دایره ای افقی آن ۵۵۰ متر ، شیب عرضی ۲ درصد و عرض هر خط ۳,۶۵ متر باشد ، طول تامین بربلندی این قوس را با فرض دوران حول محور راه به دست آورید .

۲- قوس دایره ای ساده

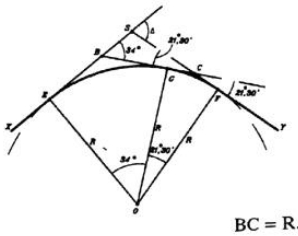
طول تانژانت	$T = R \cdot tg\frac{\Delta}{2}$
طول قوس دایره	$L = R \cdot \Delta_{rad} = R \cdot \Delta^{\circ} \cdot \frac{\pi}{180} = R \cdot \Delta^{g} \frac{\pi}{200}$
طول وتر بزرگ دایره	$C = 2R \cdot Sin\frac{\Delta}{2}$
طول بی‌سیکتریس (فاصله بیرونی قوس)	$BI = E = R\left(\frac{1}{Cos\frac{\Delta}{2}} - 1\right) = R\left(Sec\frac{\Delta}{2} - 1\right) = R.tg\frac{\Delta}{2}.tg\frac{\Delta}{4} = T.tg\frac{\Delta}{4}$
فاصله درونی قوس	$M = R\left(1 - Cos\frac{\Delta}{2}\right)$
کیلومتراژ شروع قوس	$KM_A = KM_S - T$
کیلومتراژ وسط قوس	$KM_P = KM_A + \frac{L}{2}$
کیلومتراژ انتهای قوس	$KM_B = KM_P + \frac{L}{2} = KM_A + L$



می‌خواهیم یک کمان دایره را به‌سه امتداد مستقیم XS و SY و BC مماس کنیم.
چنانچه کیلومتراژ نقطه B در شکل زیر 1000 متر باشد مطلوب است:
الف) محاسبه شعاع قوس دایره.
ب) محاسبه کیلومتراژ شروع و انتهای قوس.
ج) تعیین فواصل SB و SC.



پاسخ :



$BC = BG + GC = 580_m$

$BG = R.tg\frac{34^{\circ}}{2}$

$GC = R.tg\frac{21^{\circ},30'}{2}$

$BC = R.tg\frac{34^{\circ}}{2} + R.tg\frac{21^{\circ},30'}{2} = 580_m$

$R\left(tg\frac{34^{\circ}}{2} + tg\frac{21^{\circ},30'}{2}\right) = 580_m$

$BE = BG = R.tg\frac{34^{\circ}}{2} = 1170.33 \times tg\frac{34^{\circ}}{2} = 357.81_m$

$KM_E = 1000 - 357.81 = 642.19_m = 00_{km} + 642.19_m$

$KM_F = 642.19 + 1133.65 = 1775.84 = 1_{km} + 775.84_m$

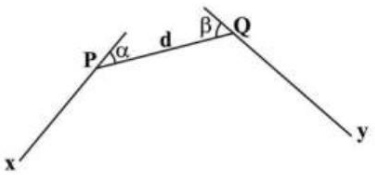
$KM_E = KM_B - BE =$ کیلومتراژ شروع قوس

$KM_F = KM_E + L =$ کیلومتراژ پایان قوس

مقادیر SB و SC را مطابق شکل زیر از حل مثلث SBC می‌توان بدست آورد

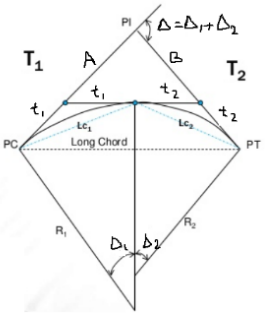
ارشد مهندسی عمران ـ سال ۱۳۹۷

سه راستای مسیر xp، PQ و Qy با زوایای انحراف $\alpha = ۳۰^{\circ}$ و $\beta = ۶۰^{\circ}$ در شکل زیر نشان داده شده است.
طول لازم برای PQ، (d) به نحوی‌که قوس با شعاع R بر هر سه راستا مماس شود، کدام است؟ $(\tan ۱۵^{\circ} = ۰/۲۷)$



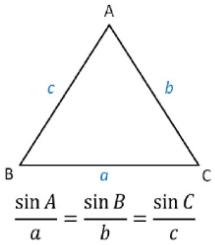
۱) $۲/۳۱R$
۲) $۲R$
۳) R
۴) $۰/۸۵R$

۳- قوس دایره ای مرکب (دو مرکزی)



$T_1 = A + t_1$

$T_2 = B + t_2$



$$\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$$

در یک قوس دایره‌ای مرکب مقادیر Δ، Δ_1، T_1 و T_2 به‌شرح زیر معلوم می‌باشد.

$\Delta = 75^\circ \qquad \Delta_1 = 30^\circ \qquad T_1 = 674.51_m \qquad T_2 = 739.58$

مطلوب است تعیین شعاع قوس اول و دوم یعنی R_1 و R_2.

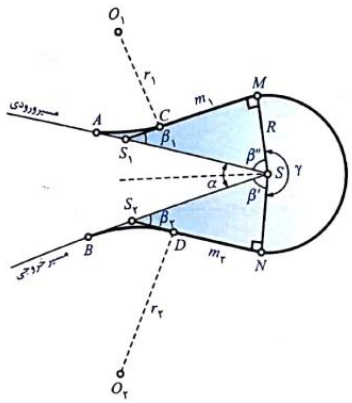
مثال) بزرگراه همت با سرعت طرح ۹۰ کیلومتر بر ساعت و بزرگراه اشرفی اصفهانی با سرعت طرح ۷۰ کیلومتر بر ساعت در نقطه ای به کیلومتراژ $۸۰۰ + ۷$ و با زاویه ۶۰ نسبت به شمال متقاطع اند . مطلوب است طراحی هندسی رمپ ورودی از بزرگراه اشرفی به بزرگراه همت با قوس دو مرکزی .($\frac{R_۱}{R_۲} = \frac{\Delta_۱}{\Delta_۲}$)

۴- قوس معکوس

$$d = (R_۱ + R_۲)sin\Delta \qquad p = (R_۱ + R_۲)(۱ - cos\Delta)$$

مثال)در یک مسیر فرعی درجه۳ منتهی به اسکله در استان گلستان به دلیل وجود زمین های کشاورزی راستای یک مسیر به اندازه ۱۰۰ متر بصورت موازی با راستای اولیه جابجا شده است بطوریکه سه راستای بوجود آمده دو به دو دارای زاویه برخورد ۴۰ درجه هستند . اگر شعاع قوس ها برابر باشند کیلومتراژ نقطه پایان قوس معکوس را بیابید . (کیلومتراژ نقطه شروع ۴۶۰ + ۶)

۵- قوس سرپانتین



$$L_T = L_R + 2L_r + 2m = \frac{\pi R\gamma}{180} + 2\frac{\pi r\beta}{180} + 2m$$

اجزای اصلی	روابط
زاویهٔ انحراف قوس دایره‌ای سادهٔ ورودی	$\tan\frac{\beta_1}{2} = \frac{-m_1 + \sqrt{m_1^2 + R(2r_1 + R)}}{2r_1 + R}$
زاویهٔ انحراف قوس دایره‌ای سادهٔ خروجی	$\tan\frac{\beta_2}{2} = \frac{-m_2 + \sqrt{m_2^2 + R(2r_2 + R)}}{2r_2 + R}$
زاویهٔ قوس اصلی	$\gamma = 180 + \beta_1 + \beta_2 - \alpha$
طول کل قوس سرپانتین	$L_T = L_R + L_{r_1} + L_{r_2} + m_1 + m_2$

تمرین ۱: در یک مسیر کوهستانی برای عبور از یک سمت کوه به سمت دیگر آن از قوس‌های سرپانتین استفاده شده است. اگر اولین قوس، قوس سرپانتین متقارن با شعاع قوس اصلی $50\ m$، شعاع قوس‌های ورودی و خروجی $30\ m$، طول رابط مستقیم $20\ m$ و زاویهٔ پیچ برابر با 25° باشد، مطلوب است:

الف) تعیین زاویهٔ رأس قوس‌های ورودی و خروجی برحسب درجه

ب) محاسبهٔ طول کل قوس سرپانتین برحسب متر

● **حل:**

الف) زاویهٔ رأس یا انحراف قوس‌های ورودی و خروجی (β) از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید که با جایگذاری داده‌های مسئله در این رابطه داریم:

$$\tan\frac{\beta}{2} = \frac{-m + \sqrt{m^2 + R(2r + R)}}{2r + R} = \frac{-20 + \sqrt{20^2 + 50(2\times 30 + 50)}}{2\times 30 + 50} = \frac{56/81}{110} \cong 0/51 \Rightarrow \frac{\beta}{2} = \tan^{-1} 0/51 \Rightarrow \beta \cong 54/62^\circ$$

ب) طول کل قوس سرپانتین متقارن نیز برابر است با مجموع طول قوس اصلی، دو قوس ورودی و خروجی و دو رابط مستقیم، بنابراین داریم:

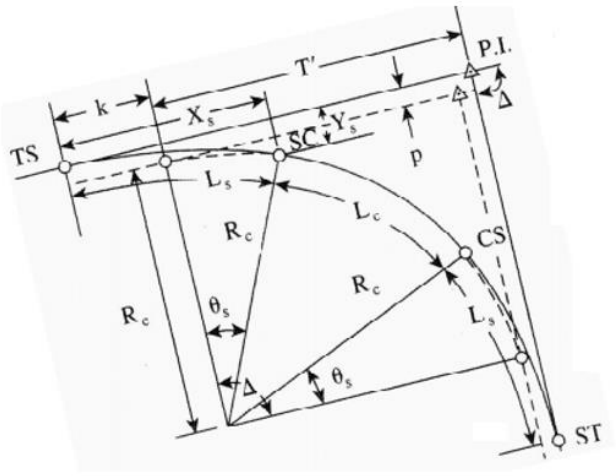
$$L = 2(L_r + m) + L_R$$

با جایگذاری طول اجزای قوس در رابطهٔ طول قوس خواهیم داشت:

$$\begin{cases} L_r = \frac{\pi r\beta}{180} = \frac{\pi\times 30\times 54/62}{180} = 28/59\ m \\ \gamma = 180 + 2\beta - \alpha = 180 + 2\times 54/62 - 25 = 264/24^\circ \\ L_R = \frac{\pi R\gamma}{180} = \frac{\pi\times 50\times 264/24}{180} = 230/59\ m \end{cases} \Rightarrow L = 2(28/59 + 20) + 230/59 = 327/77\ m \Rightarrow L = 327/77\ m$$

تمرین) مطلوب است طراحی قوس سرپانتین متقارن برای اتصال دو واریانت یک راه فرعی درجه۲ با تردد ۵۰۰ وسیله نقلیه در روز و متقاطع با زاویه ۱۵۰ درجه در منطقه کوهستانی با برف و یخبندان .(کیلومتراژ تقاطع ۱۱۰ + ۲۰)

۶- قوس اتصال تدریجی(کلوتئید)



زاویه راس کلوتوئید $\theta_s = \dfrac{L_s}{2R_c}$

پارامتر کلوتوئید $A = \sqrt{L_s R_c}$

$$X_s = L_s - \frac{L_s^5}{40A^4}$$

$$Y_s = \frac{L_s^3}{6A^2} - \frac{L_s^7}{336A^6}$$

$$p = Y_s - R_c(1-\cos\theta_s)$$

$$T' = (R_c + p)\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$k = X_s - R_c \sin\theta_s$$

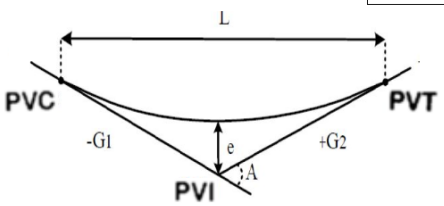
شرط استفاده از قوس کلوتوئید

$$2\theta_S \le \Delta$$

مثال)دو واریانت بخشی از محور مواصلاتی قدیم اردبیل زنجان با زاویه ۱۰۰ درجه متقاطعند . مطلوب است طراحی سیستم کلوتئید-قوس دایره ای-کلوتئید برای اتصال این دو واریانت بر اساس ضوابط نشریه ۴۱۵ .(کیلومتراژ تقاطع ۳۰۰ + ۱۲)

۶- قوس قائم

$$L \geq AK \qquad A = |G_2 - G_1|$$



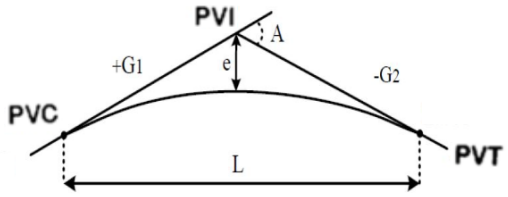
کاسه‌ای (مقعر)

بر اساس فاصله دید سبقت: $L = \frac{AS^2}{120 + 3.5S}$

$$S < L \qquad L_m = \frac{AS^2}{800(H_C - 1.5)}$$

$$S > L \qquad L_m = 2S - \frac{800(H_C - 1.5)}{A}$$

زیر گذر



گنبدی (محدب)

بر اساس فاصله دید توقف: $L = \frac{AS^2}{658}$

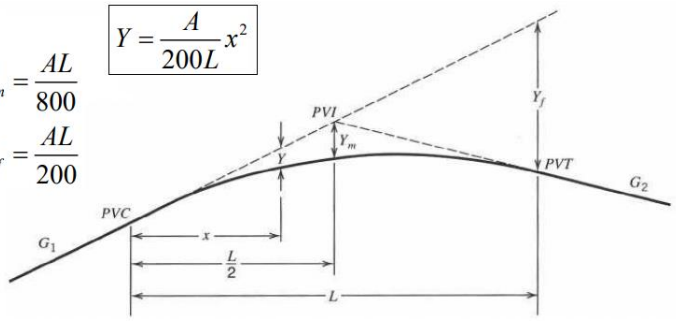
بر اساس فاصله دید سبقت: $L = \frac{AS^2}{864}$

صفحه ۹۶ تا ۹۹ آیین نامه طرح هندسی (نشریه ۴۱۵)

$$Y = \frac{A}{200L}x^2$$

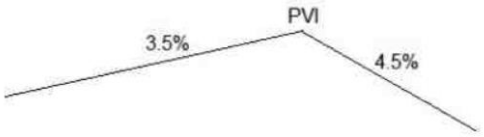
$$Y_m = \frac{AL}{800}$$

$$Y_f = \frac{AL}{200}$$



ارشد مهندسی عمران – سال ۱۳۹۴

برای اتصال دو شیب زیر از یک خم به شکل سهمی ساده و به طول ۱۰۰ متر استفاده شده است. رقوم نقطه‌ای که روی خم واقع شده و فاصله آن از شروع خم ۵۰ متر است، چند متر می‌باشد؟ رقوم PVI برابر ۲۲۵ متر است.



۱) ۲۲۲
۲) ۲۲۳
۳) ۲۲۳/۵
۴) ۲۲۴

آزمون ورود به حرفه مهندسان- بهمن ماه ۱۳۹۷ رشته ترافیک

در نقطه‌ای از مسیر راه، یک قوس قائم محدب به‌طول 300 متر قرار گرفته که شیب 4%+ را به شیب 2%- متصل می‌کند. اگر ارتفاع نقطه برخورد دو شیب (PVI) 120 متر باشد، ارتفاع حداکثر روی قوس برابر با چند متر است؟

۱) 114.7 ۲) 117.4 ۳) 118.0 ۴) 119.5

آزمون ورود به حرفه مهندسان- بهمن ماه ۱۳۹۷ رشته ترافیک

شیب 7.5+ درصد در یک راه برون شهری کوهستانی در نقطه‌ای به شیب افقی متصل می‌شود. اگر طول قوس برابر با 120 متر باشد، حداکثر سرعت ایمن در این نقطه از راه چند کیلومتر بر ساعت است؟

۱) 60 ۲) 45 ۳) 75 ۴) 80

آزمون ورود به حرفه مهندسان- اردیبهشت ۹۷ رشته ترافیک

در نقطه‌ای از مسیر راه یک قوس قائم مقعر به طول 600 متر قرار گرفته که شیب 4%- را به شیب 1%+ متصل می‌کند. کیلومتراژ نقطه شروع (PVC)، 100+4 و ارتفاع آن 290 متر است. ارتفاع و کیلومتراژ نقطه برخورد دو شیب (PVI)، به ترتیب برابر است با:

۱) 287 متر و 400 + 4 ۲) 278 متر و 400 + 4
۳) 291 متر و 700 + 4 ۴) 291 متر و 450 + 4

آزمون ورود به حرفه مهندسان- مهر ۱۳۹۶ رشته ترافیک

طول یک قوس قائم سهمی گنبدی که دو شیب 2+ درضد و 1.5- درصد را به یکدیگر وصل می‌کند، 800 متر است. اگر سرعت طرح 80 کیلومتر بر ساعت باشد، آیا روی این قوس سبقت مجاز است؟

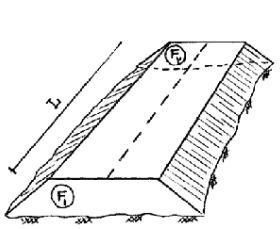
۱) اطلاعات داده شده برای پاسخ کافی نیست.
۲) بله
۳) خیر
۴) قوس قائم گنبدی را برای مسافت دید سبقت نمی‌توان طراحی کرد.

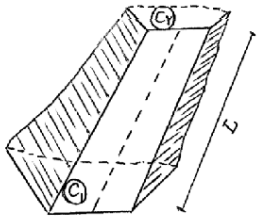
آزمون ورود به حرفه مهندسان- اردیبهشت ۹۷ رشته ترافیک

در طراحی یک قوس قائم زیرگذر لازم است فاصله قائم زیر پل تا خط پروژه (C)، برابر 6 متر باشد. اگر شیب سرازیری و سر بالایی مساوی و 6% باشد، با توجه به رابطه تعیین طول قوس $L = \frac{AS^2}{800(C-1.5)}$ (S = مسافت دید و A= اختلاف شیب) و محدودیت طول قوس که باید 154 متر در نظر گرفته شود، سرعت مجاز برای اعلام به وسائل نقلیه عبوری با احتساب 15 درصد کاهش نسبت به سرعت طرح، چند کیلومتر بر ساعت می‌باشد؟

۱) 88 ۲) 98 ۳) 105 ۴) 110

۷- عملیات خاکی

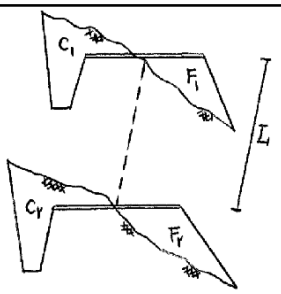




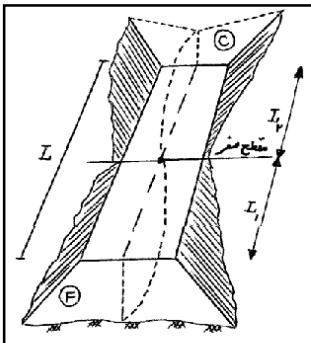
C_1: سطح مقطع خاکبرداری اول
C_2: سطح مقطع خاکبرداری دوم

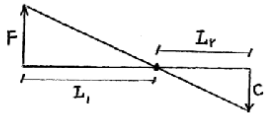
F_1: سطح مقطع خاکریزی اول
F_2: سطح مقطع خاکریزی دوم

$$V_{Fill} = \frac{F_1 + F_2}{2} \times L \qquad V_{cut} = \frac{C_1 + C_2}{2} \times L$$



$$V_{Fill} = \frac{F_1 + F_2}{2} \times L \qquad V_{cut} = \frac{C_1 + C_2}{2} \times L$$



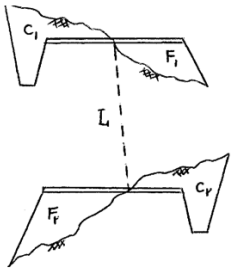


$$\frac{F}{C} = \frac{L_1}{L_2} \Rightarrow \frac{F}{F+C} = \frac{L_1}{L_1+L_2}$$

$$L_1 = \frac{F \cdot L}{F+C} \quad , \quad L_2 = \frac{C \cdot L}{F+C}$$

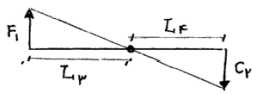
$$V_{Fill} = \frac{F+0}{2} \times L_1 = \frac{F}{2} \times L_1$$

$$V_{cut} = \frac{C+0}{2} \times L_2 = \frac{C}{2} \times L_2$$



$$L_1 = \frac{C_1 L}{C_1 + F_2} \quad , \quad L_2 = \frac{F_2 L}{C_1 + F_2}$$

مطابق حالات قبل:



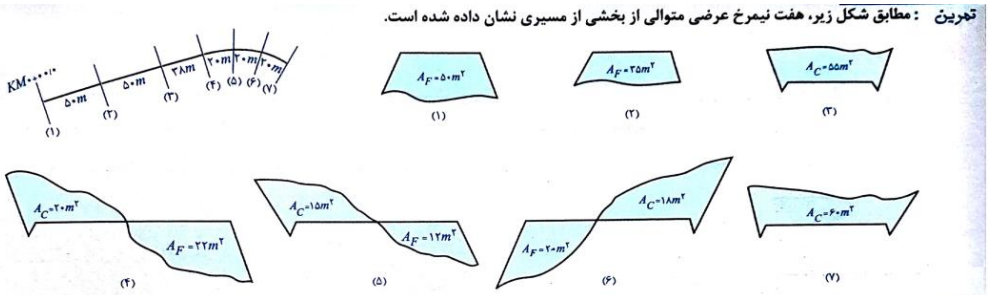
$$L_3 = \frac{F_1 L}{F_1 + C_2} \quad , \quad L_4 = \frac{C_2 L}{F_1 + C_2}$$

به همین روش:

$$V_{Fill} = \frac{F_2}{2} \times L_2 + \frac{F_1}{2} \times L_3$$

$$V_{cut} = \frac{C_1}{2} \times L_1 + \frac{C_2}{2} \times L_4$$

تمرین : مطابق شکل زیر، هفت نیمرخ عرضی متوالی از بخشی از مسیری نشان داده شده است.



مطلوب است محاسبهٔ حجم کل عملیات خاکی در این بخش از مسیر.

● **طرح** برای به‌دست آوردن حجم کل عملیات خاکی مسیر بایستی حجم خاکبرداری و خاکریزی را بین هر دو مقطع متوالی محاسبه کنیم که در نهایت مجموع حجم خاکبرداری و خاکریزی به‌عنوان حجم کل عملیات خاکی معرفی می‌شود. بنابراین برای هر دو نیمرخ عرضی متوالی می‌توان نوشت:

الف) برآورد حجم عملیات خاکی بین نیمرخ‌های (۱) و (۲): با توجه به اینکه هر دو نیمرخ (۱) و (۲) در خاکریزی هستند، پس داریم:

$$\begin{cases} V_{F_۱}=\dfrac{A_{F_۱}+A_{F_۲}}{۲}\times L=\dfrac{۵۰+۳۵}{۲}\times ۵۰=۲۱۲۵\,m^۳ \\ V_{C_۱}=۰ \end{cases}$$

ب) برآورد حجم عملیات خاکی بین نیمرخ‌های (۲) و (۳): از آنجاکه نیمرخ (۲) در خاکریزی و نیمرخ (۳) در خاکبرداری است، داریم:

$$\text{بخش اول}: \begin{cases} L_F=\dfrac{A_F}{A_C+A_F}\times L=\dfrac{۳۵}{۳۵+۵۵}\times ۵۰=۱۹/۴۴\,m \\ L_C=\dfrac{A_C}{A_C+A_F}\times L=\dfrac{۵۵}{۳۵+۵۵}\times ۵۰=۳۰/۵۵\,m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_{F_۲}=\dfrac{A_F}{۲}\times L_F=\dfrac{۳۵}{۲}\times ۱۹/۴۴=۳۴۰/۲\,m^۳ \\ V_{C_۲}=\dfrac{A_C}{۲}\times L_C=\dfrac{۵۵}{۲}\times ۳۰/۵۵=۸۴۰/۱۲\,m^۳ \end{cases}$$

پ) برآورد حجم عملیات خاکی بین نیمرخ‌های (۳) و (۴): با توجه به اینکه نیمرخ (۳) در خاکبرداری و نیمرخ (۴) یک نیمرخ مختلط است، پس خواهیم داشت:

$$\text{بخش اول}: \begin{cases} (V_{C_۱})_۳=\dfrac{۰+A_{C_۲}}{۲}\times L=\dfrac{۲۰}{۲}\times ۳۸=۳۸۰\,m^۳ \\ (V_{F_۱})_۳=۰ \end{cases}$$

$$\text{بخش دوم}: \begin{cases} L_C=\dfrac{A_{C_۱}}{A_{C_۱}+A_F}\times L=\dfrac{۵۵}{۵۵+۲۲}\times ۳۸=۲۷/۱۴\,m \\ L_F=\dfrac{A_F}{A_{C_۱}+A_F}\times L=\dfrac{۲۲}{۵۵+۲۲}\times ۳۸=۱۰/۸۵\,m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (V_{C_۱})_۳=\dfrac{A_{C_۱}}{۲}\times L_C=\dfrac{۵۵}{۲}\times ۲۷/۱۴=۷۴۶/۳۵\,m^۳ \\ (V_{F_۲})_۳=\dfrac{A_{F_۲}}{۲}\times L_F=\dfrac{۲۲}{۲}\times ۱۰/۸۵=۱۱۹/۳۵\,m^۳ \end{cases}$$

$$V_{C_۳}=۳۸۰+۷۴۶/۳۵=۱۱۲۶/۳۵\,m^۳ \quad , \quad V_{F_۳}=۰+۱۱۹/۳۵=۱۱۹/۳۵\,m^۳$$

ت) برآورد حجم عملیات خاکی بین نیمرخ‌های (۴) و (۵): از آنجاکه هر دو نیمرخ (۴) و (۵) از نوع نیمرخ‌های مختلط مشابه می‌باشند، از این‌رو می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} V_{C_۴}=\dfrac{A_{C_۱}+A_{C_۲}}{۲}\times L=\dfrac{۲۰+۱۵}{۲}\times ۲۰=۳۵۰\,m^۳ \\ V_{F_۴}=\dfrac{A_{F_۱}+A_{F_۲}}{۲}\times L=\dfrac{۲۲+۱۲}{۲}\times ۲۰=۳۴۰\,m^۳ \end{cases}$$

ث) برآورد حجم عملیات خاکی بین نیمرخ‌های (۵) و (۶): با توجه به شکل، نیمرخ‌های (۵) و (۶) از نوع نیمرخ‌های مختلط مخالف بوده و داریم:

$$\text{بخش اول}: \begin{cases} L_{F_۲}=\dfrac{A_{F_۲}}{A_{C_۱}+A_{F_۲}}\times L=\dfrac{۲۰}{۱۵+۲۰}\times ۲۰=۱۱/۴۲\,m \\ L_{C_۱}=\dfrac{A_{C_۱}}{A_{C_۱}+A_{F_۲}}\times L=\dfrac{۱۵}{۱۵+۲۰}\times ۲۰=۸/۵۷\,m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (V_{C_۱})_۵=\dfrac{A_{C_۱}}{۲}\times L_{C_۱}=\dfrac{۱۵}{۲}\times ۸/۵۷=۶۴/۲۷\,m^۳ \\ (V_{F_۲})_۵=\dfrac{A_{F_۲}}{۲}\times L_{F_۲}=\dfrac{۲۰}{۲}\times ۱۱/۴۲=۱۱۴/۲\,m^۳ \end{cases}$$

$$\text{بخش دوم}: \begin{cases} L_{F_۱}=\dfrac{A_{F_۱}}{A_{C_۲}+A_{F_۱}}\times L=\dfrac{۱۲}{۱۸+۱۲}\times ۲۰=۸\,m \\ L_{C_۲}=\dfrac{A_{C_۲}}{A_{C_۲}+A_{F_۱}}\times L=\dfrac{۱۸}{۱۸+۱۲}\times ۲۰=۱۲\,m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (V_{C_۲})_۵=\dfrac{A_{C_۲}}{۲}\times L_{C_۲}=\dfrac{۱۸}{۲}\times ۱۲=۱۰۸\,m^۳ \\ (V_{F_۱})_۵=\dfrac{A_{F_۱}}{۲}\times L_{F_۱}=\dfrac{۱۲}{۲}\times ۸=۴۸\,m^۳ \end{cases}$$

بنابراین حجم کل خاکبرداری و خاکریزی بین دو نیمرخ (۵) و (۶) برابر است با:

$$\begin{cases} V_{C_۵}=(V_{C_۱})_۵+(V_{C_۲})_۵=۶۴/۲۷+۱۰۸=۱۷۲/۲۷\,m^۳ \\ V_{F_۵}=(V_{F_۱})_۵+(V_{F_۲})_۵=۴۸+۱۱۴/۲=۱۶۲/۲\,m^۳ \end{cases}$$

ج) برآورد حجم عملیات خاکی بین نیمرخ‌های (۶) و (۷): از آنجاکه نیمرخ (۶) مختلط بوده و نیمرخ (۷) در خاکبرداری است از اینرو خواهیم داشت:

$$\text{بخش اول}: \begin{cases} L_C = \dfrac{A_{C_2}}{A_{C_2}+A_{F_1}} \times L = \dfrac{۶۰}{۶۰+۲۰} \times ۲۰ = ۱۵\,m \\ L_F = \dfrac{A_{F_1}}{A_{C_2}+A_{F_1}} \times L = \dfrac{۲۰}{۶۰+۲۰} \times ۲۰ = ۵\,m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (V_{C_1})_۶ = \dfrac{A_{C_2}}{۲} \times L_C = \dfrac{۶۰}{۲} \times ۱۵ = ۴۵۰\,m^۳ \\ (V_{F_1})_۶ = \dfrac{A_{F_1}}{۲} \times L_F = \dfrac{۲۰}{۲} \times ۵ = ۵۰\,m^۳ \end{cases}$$

$$\text{بخش دوم}: \begin{cases} (V_{C_2})_۶ = \dfrac{A_{F_2}+A_{C_1}}{۲} \times L = \dfrac{۰+۱۸}{۲} \times ۲۰ = ۱۸۰\,m^۳ \\ (V_{F_2})_۶ = ۰ \end{cases}$$

بنابراین حجم کل عملیات خاکی بین نیمرخ‌های (۶) و (۷) برابر است با:

$$V_{C_۶} = (V_{C_1})_۶ + (V_{C_2})_۶ = ۴۵۰+۱۸۰ = ۶۳۰\,m^۳ \quad , \quad V_{F_۶} = (V_{F_1})_۶ + (V_{F_2})_۶ = ۵۰+۰ = ۵۰\,m^۳$$

حال پس از به‌دست آوردن احجام خاکبرداری و خاکریزی بین هر دو نیمرخ متوالی می‌توان حجم کل عملیات خاکی در این بخش ازمسیر را به‌صورت زیر برآورد کرد:

$$V_{C_{کل}} = V_{C_1}+V_{C_2}+V_{C_3}+V_{C_4}+V_{C_5}+V_{C_6} = ۰+۸۴۰/۱۲+۱۱۲۶/۳۵+۳۵۰+۱۷۲/۲۷+۶۳۰ = ۳۱۱۸/۷۴\,m^۳$$

$$V_{F_{کل}} = V_{F_1}+V_{F_2}+V_{F_3}+V_{F_4}+V_{F_5}+V_{F_6} = ۲۱۲۵+۳۴۰/۲+۱۱۹/۳۵+۳۴۰+۱۶۲/۲۰+۵۰ = ۳۱۳۶/۷۵\,m^۳$$

$$V_{کل} = V_{C_{کل}} + V_{F_{کل}} = ۳۱۱۸/۷۴+۳۱۳۶/۷۵ = ۶۲۵۵/۴۹\,m^۳$$

در ادامه، جدول عملیات خاکی مربوط به این بخش از مسیر تنظیم شده است.

شمارهٔ ایستگاه یا نیمرخ	کیلومتراژ نیمرخ	سطح مقطع ($m^۲$)		فاصلهٔ بین دو نیمرخ (m)	احجام خاکبرداری ($m^۳$)		احجام خاکریزی ($m^۳$)	
		سطوح خاکبرداری	سطوح خاکریزی		احجام جزئی	احجام کلی	احجام جزئی	احجام کلی
۱	۰+۰۰/۰	۰	۵۰					
				۵۰	۰	۰	۲۱۲۵	۲۱۲۵
۲	۰+۰۵۰	۰	۳۵					
				۵۰	۸۴۰/۱۲	۸۴۰/۱۲	۳۴۰/۲	۲۴۶۵/۲
۳	۰+۱۰۰	۵۵	۰					
				۳۸	۱۱۲۶/۳۵	۱۹۶۶/۴۷	۱۱۹/۳۵	۲۵۸۴/۵۵
۴	۰+۱۳۸	۲۰	۲۲					
				۲۰	۳۵۰	۲۳۱۶/۴۷	۳۴۰	۲۹۲۴/۵۵
۵	۰+۱۵۸	۱۵	۱۲					
				۲۰	۱۷۲/۲۷	۲۴۸۸/۷۴	۱۶۲/۲۰	۳۰۸۶/۷۵
۶	۰+۱۷۸	۱۸	۲۰					
				۲۰	۶۳۰	۳۱۱۸/۷۴	۵۰	۳۱۳۶/۷۵
۷	۰+۱۹۸	۶۰	۰					

آزمون ورود به حرفه مهندسان - شهریور ۱۳۹۵ رشته ترافیک

فاصله دو نیمرخ عرضی متوالی در مسیر یک راه 60 متر است. نیمرخ اول در خاک‌ریزی و مساحت آن 62 مترمربع و نیمرخ دوم در خاک‌برداری و مساحت آن 43.2 مترمربع است. حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی بین این دو نیمرخ برحسب مترمکعب به ترتیب برابر است با:

۱) 532 و 1096
۲) 766 و 1578
۳) 1021 و 2104
۴) 426 و 877

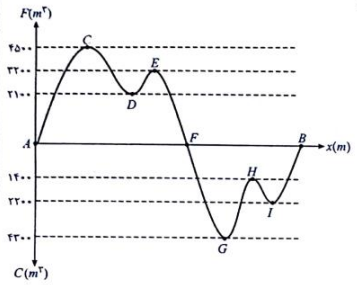
۸-منحنی بروکنر

خاک بهتر است از کدام نقطه تهیه شود و به کدام نقطه منتقل شود تا کمترین فاصله حمل ایجاد شود = خط پخش بهینه

عزم حمل : $S = Vd \ \ (m^3.m)$

فاصله حمل متوسط : $\bar{d} = \frac{S}{V} = \frac{\text{مساحت سطوح منحنی بروکنر با محور افقی}}{\text{حجم خاک جا به جا شده}} \ \ (m)$

تمرین : در منحنی بروکنر نشان داده شده، حجم خالص خاکی که باید بین A و B جابه‌جا شود و نیز حجم کل عملیات خاکی چند متر مکعب است؟ (فرض کنید حجم پنهان برابر با صفر است.)



حل: می‌دانیم که حجم کل خاک جابه‌جا شده برابر است با مجموع تصویر قائم شاخه‌های خاکبرداری (شاخه‌های نزولی) و مجموع تصویر قائم شاخه‌های خاکریزی (شاخه‌های صعودی) به‌علاوهٔ دو برابر حجم پنهان. بنابراین با توجه به شکل فوق تصویر قائم شاخه‌های صعودی برابر است با:

تصویر قائم $AC = ۴۵۰۰$
تصویر قائم $DE = ۳۲۰۰ - ۲۱۰۰ = ۱۱۰۰$
تصویر قائم $GH = (-۱۴۰۰) - (-۴۳۰۰) = ۲۹۰۰$
تصویر قائم $IB = ۰ - (-۲۲۰۰) = ۲۲۰۰$
$\Rightarrow$ حجم خالص خاکبرداری $= ۴۵۰۰ + ۱۱۰۰ + ۲۹۰۰ + ۲۲۰۰ = ۱۰۷۰۰ m^3$

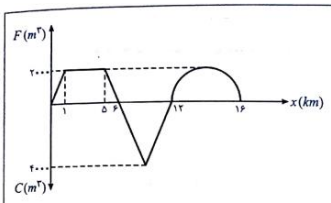
همچنین تصویر قائم شاخه‌های نزولی برابر است با:

تصویر قائم $CD = ۴۵۰۰ - ۲۱۰۰ = ۲۴۰۰$
تصویر قائم $EG = |(-۴۳۰۰) - (۳۲۰۰)| = ۷۵۰۰$
تصویر قائم $HI = |(-۲۲۰۰) - (-۱۴۰۰)| = ۸۰۰$
$\Rightarrow$ حجم خالص خاکبرداری $= ۲۴۰۰ + ۷۵۰۰ + ۸۰۰ = ۱۰۷۰۰ m^3$

بنابراین حجم خالص خاکی که باید بین A و B جابه‌جا شود برابر است با: $V_{NH} = V_1 = V_2 = ۱۰۷۰۰ m^3$

همچنین حجم کل عملیات خاکی برابر است با: $V_T = V_1 + V_2 + ۲V_{Del} = ۱۰۷۰۰ + ۱۰۷۰۰ + (۲\times۰) = ۲۱۴۰۰ m^3$

تمرین : با توجه به منحنی بروکنر مقابل، فاصلهٔ متوسط حمل چند متر است؟



حل: برای تعیین فاصلهٔ متوسط حمل، کافی است عزم حمل خاک را که برابر است با مساحت سطح تعادل محصور شده بین منحنی بروکنر و محور افقی (مسافت) به حجم خالص خاک جابه‌جا شده که در این حالت همان جمع شاخه‌های صعودی است، تقسیم کنیم. بنابراین با توجه به اینکه منحنی بروکنر از یک ذوزنقه، مثلث و نیم‌دایره تشکیل شده است، داریم:

فاصلهٔ متوسط حمل $= \frac{\text{(مساحت سطوح منحنی بروکنر با محور افقی) عزم حمل کل}}{\text{حجم خاک جابه‌جا شده}}$

مساحت ذوزنقه $= (\frac{۶۰۰۰ + ۴۰۰۰}{۲}) \times ۲۰۰۰ = ۱۰ \times ۱۰^6 m^3.m$ مساحت مثلث $= \frac{۶۰۰۰ \times ۴۰۰۰}{۲} = ۱۲ \times ۱۰^6 m^3.m$

مساحت نیم‌دایره $= \frac{\pi R^2}{۲} = \frac{\pi \times (۲۰۰۰)^2}{۲} = ۶/۲۸ \times ۱۰^6 m^3.m$ مساحت کل سطوح محصور $= ۱۰ \times ۱۰^6 + ۱۲ \times ۱۰^6 + ۶/۲۸ \times ۱۰^6 = ۲۸/۲۸ \times ۱۰^6 m^3.m$

جمع شاخه‌های صعودی = حجم خالص خاک جابه‌جا شده در کل پروژه $= ۲۰۰۰ + ۴۰۰۰ + ۲۰۰۰ = ۸۰۰۰ m^3$

از این‌رو می‌توان نوشت:

فاصلهٔ متوسط حمل $= \frac{S}{V} = \frac{۲۸/۲۸ \times ۱۰^6}{۸۰۰۰} = ۳۵۳۵ m \Rightarrow \bar{d} = ۳۵۳۵ m$

تمرین : در هر یک از منحنی‌های بروکنر زیر، خط پخش بهینه را با هدف حداقل ساختن نیاز به قرضه و دپو تعیین کنید.