

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۴
پیشگفتار	۴
ملزومات پروژه راه	۵
فصل دوم: پلان راه	۷
۱- تعریف پلان راه	۷
۲- تعیین نوع منطقه و راه	۷
۳- سرعت طرح	۸
۴- تعیین حداکثر شیب طولی	۸
۵- مسیریابی اولیه به روش پرگار زنی	۹
۶- انواع قوس های افقی	۱۱
۷-۲ اجزای قوس های افقی	۱۱
۸-۲ به دست آوردن حداقل شعاع قوس	۱۳
۹-۲ تعیین مسیر بهینه	۱۳
۱۰-۲ ارزیابی فنی مسیر	۱۴
۱۰-۲-۱ مسیر ۱	۱۴
۱۰-۲-۲ مسیر ۲	۱۴
۱۰-۲-۳ مسیر ۳	۱۴
۱۰-۲-۴ مسیر ۴	۱۴
۱۱-۲ تعداد خطوط و عرض سواره رو	۱۵
۱۲-۲ شیب عرض سواره رو	۱۶

۱۶	.....	۱۳-۲- شانه راه
۱۶	.....	۱۴-۲- تعریض در قوس افقی
۱۹	.....	۱۵-۲- خط کمکی
۲۰	.....	فصل سوم: پروفیل طولی
۲۰	.....	۱-۳- تعریف پروفیل طولی
۲۰	.....	۲-۳- مراحل رسم پروفیل طولی
۲۱	.....	۳-۲-۱- تعیین مختصات ارتفاعی نقاط در پروفیل طولی
۲۴	.....	۳-۳- قوس های قائم
۲۵	.....	۳-۴- تعیین قوس های گنبدی و کاسه ای پروژه
۴۰	.....	فصل چهارم: پروفیل عرضی
۴۰	.....	۴-۱- پروفیل عرضی
۴۰	.....	۴-۲- ترسیم پروفیل عرضی
۴۶	.....	فصل پنجم: محاسبات حجم عملیات خاکی
۴۶	.....	۵-۱- تعاریف
۴۷	.....	۵-۲- روش های محاسبه مساحت نیم رخ های عرضی
۴۸	.....	۵-۳- محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو نیم رخ عرضی متواالی
۵۰	.....	۵-۴- جدول محاسبات عملیات خاکی
؟	.....	فصل ششم: منحنی بروکنر
؟	.....	۶-۱- منحنی بروکنر
؟	.....	۶-۲- ترسیم منحنی بروکنر
؟	.....	۶-۳- حالات منحنی بروکنر

فصل اول: مقدمه

پیشگفتار

ماهیت درس راه سازی و آشنایی و یادگیری روابط و ضوابط ساخت راه و آشنایی با عنوانی از قبیل پلان راه، پروفیل طولی و عرضی، عملیات خاکریزی و خاکبرداری و ... ایجاب می کند تا درسی با عنوان پروژه راه در دروس مهندسین عمران گنجانده شود تا دانشجویان با نحوه به کارگیری از روابط و استفاده از ضوابط راه سازی را به طور ملموس درک کرده و به صورت عملی از آموخته هایشان در درس راه سازی استفاده نمایند. بدین منظور پس از تشکیل گروه ۴ نفره و تهیه نقشه توپوگرافی و مشخص کردن نقاط مبدأ و مقصد و یک نقطه اجباری بر روی نقشه توپوگرافی و تعیین نوع عملکرد مسیر توسط استاد گرامی مراحل پروژه آغاز گردید. مقیاس نقشه توپوگرافی برای پروژه راه ۱:۲۰۰۰ می باشد که شامل منحنی میزان می باشد. و تمام مراحل برای ساخت یک راه از قبیل مسیریابی اولیه و طراحی قوس های افقی در پلان، ترسیم پروفیل طولی و طراحی خم ها، ترسیم پروفیل های عرضی، محاسبه حجم عملیات خاکی و در نهایت رسم منحنی بروکنر انجام گردید. که توضیحات آن در فصول مختلف گنجانده شده است. علاوه براین گزارش نقشه های پلان، پروفیل طولی، پروفیل عرضی و منحنی بروکنر ارائه شده است.

ملزومات پروژه راه

۱. تهیه و تحويل فایل های نقشه توپوگرافی توسط استاد راهنما و پرینت توسط دانشجو بر روی کاغذ A با مقیاس ۱:۲۰۰
۲. تشکیل گروه های ۱-۴ نفره
۳. مشخص کردن نقاط مبدا و مقصد و دو نقطه اجباری توسط استاد راهنما به نحوی که طول مسیر در حدود ۱,۵ ۲,۵ کیلومتر باشد
۴. مشخص کردن نوع عملکردی مسیر، تعداد خطوط عبور، ترافیک طرح مسیر و اتومبیل طرح توسط استاد راهنما
۵. تعیین نوع منطقه براساس شیب عمومی نقشه توپوگرافی
۶. مسیریابی و تعیین حداقل ۳ واریانت
۷. طرح قوس های دایره ای ساده در محل شکستگی های واریانت های مرحله ۶
۸. ارزیابی ۳ واریانت مرحله ۷ با در نظر گرفتن معیارهای طول مسیر، تعداد قوس های افقی، درصد مستقیم مسیر و درصد هموار مسیر
۹. انتخاب واریانت بهینه براساس معیارهای گفته شده در مرحله ۸
۱۰. تبدیل حداقل سه قوس دایره ای ساده واریانت بهینه به قوس های دو مرکزه، سه مرکزه و کلوتوئید (اختیاری)
۱۱. پیاده کردن زمین طبیعی از روی نقشه پلان بر روی پروفیل طولی (مقیاس افقی پروفیل طولی ۱:۲۰۰۰ و مقیاس عمودی پروفیل طولی ۱:۲۰۰ و فواصل ایستگاه ها ۵۰ متر در نظر گرفته شوند)
۱۲. تبدیل خط زمین طبیعی به خطوط شکسته بر روی پروفیل طولی با در نظر گرفتن معیارهای زیر:
 - رعایت حداقل و حداکثر شیب طولی
 - رعایت حداکثر طول برای هر شیب (طول بحرانی هر شیب)
 - تعادل حجم عملیات خاکی (سطوح خاکبرداری و خاکریزی بر روی پروفیل طولی به هم نزدیک باشند و از طرفی هر کدام از این سطوح به تنهایی مینیمم شوند)
 - قرار نگرفتن قوس های قائم بر روی قوس های کلوتوئید
۱۳. طراحی قوس های قائم در محل خطوط شکسته رسم شده در مرحله ۱۲ بر روی پروفیل طولی
۱۴. ترسیم پروفیل های عرضی در فواصل ۵۰ متری بر روی کاغذ A با مقیاس ۱:۲۰۰

۱۵. تعیین سطوح خاکبرداری و خاکریز پروفیل های عرضی
۱۶. بدست آوردن حجم عملیات خاکی بین ایستگاه های متوالی
۱۷. تهیه جدول عملیات خاکی
۱۸. ترسیم منحنی بروکنر و تعیین خط پخش بهینه
۱۹. به دست آوردن مقادیر تعریض در محل قوس های افقی
۲۰. تعیین ضرورت وجود خط عبور کمکی در محل قوس های قائم با معیارهای آیین نامه طرح هندسی راه (۴۱۵)
۲۱. تعیین طول تامین بر بلندی (اختیاری)
۲۲. ترسیم پروفیل طولی نحوه تامین بر بلندی در طول تامین بر بلندی (اختیاری)
۲۳. تعیین فاصله پاکسازی در محل قوس های افقی (اختیاری)
۲۴. طراحی کالورت ها در محل قوس های قائم کاسه ای واقع در خط القعرها (اختیاری)
۲۵. طرح روسازی بر اساس عنوان پیشنهادی (اختیاری)
۲۶. تهیه و تحويل گزارش شرح کار، محاسبات و طراحی های انجام شده، پلان، پروفیل طولی و پروفیل های عرضی

فصل دوم: پلان راه

۱-۱- تعریف پلان راه

پلان راه عبارت است از تصویر امتداد مسیر بر روی سطح افق. نقشه های پلان برای بیان مختصات نقاط زمین و مسیر راه و همچنین قوس های مسیر راه در سطح افقی کاربرد دارد. پلان راه بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ ترسیم می گردد.

۱-۲- تعیین نوع منطقه و راه

برای اینکه مشخص شود که راه در چه نوع منطقه ای از نظر پستی و بلندی قرار دارد در نقاط مختلف خطوطی عمود بر خطوط توپوگرافی رسم کرده و با استفاده از رابطه ۱-۱ شیب آنها را به دست آورده و با مقایسه آنها نوع منطقه تعیین می شود که در ادامه محاسبات شیب ها ملاحظه می شود.

$$i_{AB} = \frac{|h_B - h_A|}{l' * \beta} * 100 \quad \text{رابطه ۱-۱}$$

$$i_1 = \frac{|1850 - 1855|}{0.02 * 2000} * 100 = 12.5$$

$$i_2 = \frac{|1850 - 1840|}{0.043 * 2000} * 100 = 11.6$$

$$i_3 = \frac{|1845 - 1835|}{0.034 * 2000} * 100 = 14.7$$

$$i_4 = \frac{|1845 - 1835|}{0.042 * 2000} * 100 = 11.9$$

$$i_5 = \frac{|1840 - 1835|}{0.045 * 2000} * 100 = 5.5$$

$$i_6 = \frac{|1835 - 1825|}{0.031 * 2000} * 100 = 16.1$$

همانگونه که مشاهده می شود شیب های بدست آمده اکثرا از شیب ۷ بزرگتر هستند. طبق بند ۳-۳ آیین نامه مسیر راه در منطقه کوهستانی قرار می گیرد.

نوع عملکرد راه این پروژه راه اصلی درجه یک می باشد که ویژگی های آن به شرح زیر می باشد:

الف) جزئی از شبکه یکپارچه راه های ملی است.

ب) ایجاد کننده دهليز سفرهای عبوری از کشور و داخل کشور است.

پ) ارتباط بین مراکز استان ها و یا شهر های بزرگ درون استانی را برقرار می کند.

ت) راه ارتباطی بین شهرهای بالاتر از ۵۰۰۰۰ نفر جمعیت است.

راه اصلی درج یک، می تواند دو خطه، چند خطه جدا شده یا نشده باشد. تفاوت مهم راه اصلی درجه یک با آزاد راه و بزرگراه در حداقل تعداد خطوط، نحوه و تعداد دسترسی است.

۲-۳- سرعت طرح

سرعت طرح سرعتی است که برای تعیین حداقل مشخصات مربوط به طرح هندسی (قوس افقی، قوس قائم، شیب و...) قطعه مورد نظر راه انتخاب می شود.

عوامل موثر در انتخاب سرعت طرح عبارتند از :

عملکرد مسیر، کاربری زمین های مجاور، نکات اقتصادی، انتظار و تمایلات رانندگان، نوع و حجم ترافیک، منظر آرایی مسیر، کاربران مسیر.

طبق جدول ۴-۲ آیین نامه برای راه اصلی در یک جدا نشده در منطقه کوهستانی سرعت طرح برابر ۹۰ کیلومتر در ساعت می باشد.

۲-۴- تعیین حداقل شیب طولی (i_{\max})

طبق جدول ۵-۲۱ آیین نامه که بر اساس سرعت طرح و نوع منطقه می باشد مقدار حداقل شیب طولی راه اصلی درجه یک برای سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت در منطقه کوهستانی برابر ۶ در نظر گرفته می شود. باید در نظر داشت که نباید در هیچ قسمت از طول مسیر شیب راه از مقدار ۶ درصد تجاوز کند.

۲-۵- مسیریابی اولیه به روش پرگار زنی

برای تعیین مسیرهای ابتدایی از روش پرگار زنی استفاده می شود. برای این کار دهانه پرگار را به اندازه l' که با توجه به فرمول زیر برابر $4,1$ سانتیمتر می باشد باز کرده سپس از نقطه مبدأ به شعاع $4,1$ سانتیمتر شروع به کمان زدن می شود.

$$l' = \frac{\Delta h}{i_{\max}} * \frac{1}{\beta} = \frac{5}{0.06} * \frac{1}{2000} = 0.041m = 4.1cm$$

(Δh): اختلاف تراز منحنی های میزان متوالی نقشه توپوگرافی

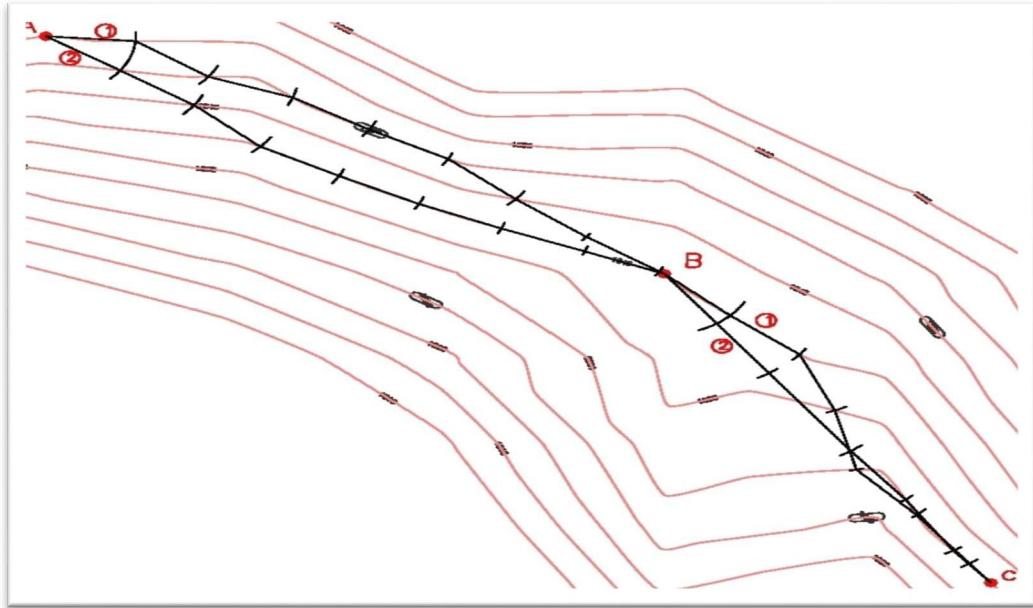
(i): حداقل شیب طولی مسیر

(β): مقیاس نقشه توپوگرافی

کمان ترسیم شده نسبت به خطوط میزان نقشه دارای 3 حالت زیر می باشند:

۱. کمان خطوط تراز بعدی را در دو نقطه قطع کند: در این صورت از هر دو نقطه می توان استفاده کرد. نقطه ای که به سمت مقصد می باشد بهتر است.
۲. کمان با خط تراز بعدی مماس شود: که در این صورت بهترین حالت همان نقطه مماس است.
۳. کمان هیچ نقطه ای از خط تراز را قطع نکند: در این حالت شیب زمین از i_{\max} کمتر بوده و هر نقطه روی خط تراز بعدی به سمت مقصد مناسب می باشد.

همانگونه که در تصویر ۱-۱ مشاهده می شود بعد از اتمام پرگار زنی مسیر دارای خطوط شکسته فراوانی است که به دلیل پیچ و خم های بسیار قابل اجرا نیست. به منظور تامین راحتی رفت و آمد وسایل نقلیه و ایجاد مسیری مستقیم تر با پیچ و قوس کمتر و استاندارد از یک سری خطوط برآیند استفاده می شود. این خط نماینده بهتر است که به خطوط شکسته نزدیک باشد و دارای زاویه مناسب باشند.



تصویر ۱-۱: مسیر یابی اولیه به روش پرگار زنی

که پس از رسم خطوط نماینده ۴ واریانت مختلف به دست آمد که در تصویر ۱-۲ مشاهده می شود.



تصویر ۱-۲: خطوط نماینده مسیر

۶-۶ انواع قوسهای افقی

قوس‌های افقی انواع زیر را دار می‌باشند:

۴. قوس‌های دایره‌ای ساده: ساده، مرکب، معکوس، سرپانتین

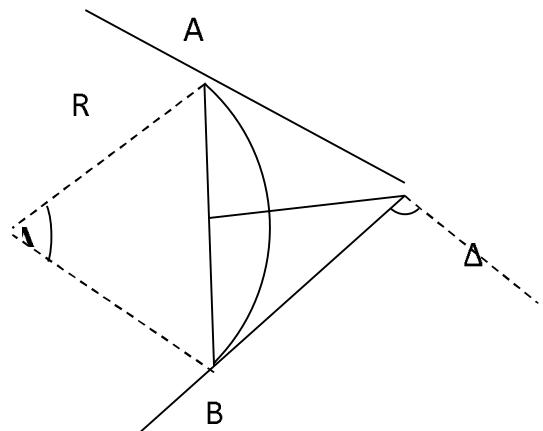
۵. قوس‌های اتصال: کلوئید، سهمی درجه ۳، لمنی‌سکات، مالویید

۶. قوس‌های ترکیبی: ترکیبی از قوس‌های اتصال و دایره‌ای

قوس استفاده شده در این پروژه قوس دایره‌ای ساده می‌باشد.

۷-۲ اجزای قوس افقی

قوس دایره‌ای ساده: قوسی است که توسط یک کمان دایره‌ای شکل دو قسمت مستقیم یک جاده را به یکدیگر متصل می‌کند. با در نظر گرفتن تصویر ۱-۳ اجزا قوس دایره‌ای بیان می‌شود:



تصویر ۱-۳: اجزا قوس افقی

راس قوس یا سومه: محل تقاطع دو قسمت مستقیم مسیر یا محل تلاقی امتداد مماس‌ها را راس قوس می‌نامند.

زاویه تقاطع: زاویه خارجی تشکیل شده از تقاطع دو قسمت مستقیم را زاویه تقاطع یا زاویه قوس می‌نامند. این زاویه مساوی زاویه مرکزی رو بروی قوس می‌باشد.

طول مماس یا طول تانژانت: فاصله راس قوس تا شروع و یا پایان قوس را طول مماس یا طول تانژانت می‌نامند، که از رابطه ۲-۱ به دست می‌آید.

$$T_1 = T_2 = R * \operatorname{tg}\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{رابطه ۲-۱}$$

طول قوس: فاصله نقطه A تا B روی مسیر منحنی را طول قوس می‌نامند و مقدار آن از رابطه ۳-۱ به دست می‌آید.

$$\text{رابطه ۳-۱}$$

$$L_c = \frac{\pi * R * \Delta}{180}$$

طول وتر: خط اتصال AB که ابتدا و انتهای قوس را به هم متصل می‌کند، طول وتر بزرگ نامیده می‌شود و که مقدار آن از رابطه ۴-۱ قابل محاسبه است.

$$AB = 2 * R * s \operatorname{in}\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{رابطه ۴-۱}$$

فاصله خارجی: فاصله راس قوس تا وسط قوس را فاصله بیرونی می‌نامند که مقدار آن از رابطه ۵-۱ قابل محاسبه است.

$$\text{رابطه ۵-۱}$$

$$E = R * \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - 1 \right)$$

فاصله میانی یا داخلی: فاصله میان وتر بزرگ و وسط قوس را فاصله میانی یا داخلی می‌نامند که از رابطه ۶-۱ قابل محاسبه است.

$$\text{رابطه ۶-۱}$$

$$M = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right)$$

۸-۲- به دست آوردن حداقل شعاع قوس

شعاع قوس دایره با توجه به مقادیر e_{max} و f_{max} از رابطه ۷-۱ تعیین می شود.

رابطه ۷-۱

$$R_{min} = \frac{V^2}{127.2 * (e_{max} + f_{max})}$$

V : سرعت طرح می باشد که در این پروژه برابر ۹۰ کیلومتر در ساعت تعیین شده است.

e_{max} : مقدار حداکثر دور یا بربلندی می باشد که آیین نامه در بند ۵-۲-۱ برای راه اصلی و مناطق با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا مقدار ۸ درصد را پیشنهاد می کند.

f_{max} : حداکثر ضریب اصطکاک جانبی می باشد که مقدار آن بر حسب سرعت طرح و مقدار حداکثر دور طبق جدول ۵-۵ آیین نامه برابر ۰،۱۳ می باشد.

اینک با مقادیر بالا می توان مقدار حداقل شعاع قوس را به دست آورد:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127.2 * (e_{max} + f_{max})} = \frac{90^2}{127.2 * (0.08 + 0.13)} = 302m$$

همانگونه که مشاهده می شود مقدار حداقل شعاع قوس ۳۰۲ متر به دست آمد. آیین نامه در جدول ۵-۵ مقدار گرد شده برای شرایط این پروژه را ۳۰۵ متر پیشنهاد می کند که برای محاسبات بعدی از این مقدار استفاده شده است.

۹-۲- تعیین مسیر بهینه

برای یافتن بهترین واریانت برای انتخاب مسیر پارامترهای زیر را در نظر گرفته می شود:

۱. طول مسیر: کوچکترین مسیر نمره صفر می گیرد و مسیر های دیگر به ازای هر ۱۰۰ متر اضافه مسیر یک نمره منفی می گیرند.
۲. تعداد قوس های افقی: به ازای هر قوس افقی راه یک نمره منفی اختصاص داده می شود.
۳. نسبت مستقیم مسیر: که در نمره نهایی راه در نظر گرفته می شود.

که در ادامه همه این موارد بررسی قرار گرفته و در جدول ۱-۱ گنجانده شده است.

۱۰-۲- ارزیابی فنی مسیرها:

۱- مسیر ۱-۱۰-۲

$\Delta(^{\circ})$	شعاع R(cm)	طول تانژانت T(cm)	طول قوس C(cm)
28	14	3.49	6.84
20	14	2.5	4.88
40	11	4	7.68

۲- مسیر ۲-۱۰-۲

$\Delta(^{\circ})$	شعاع R(cm)	طول تانژانت T(cm)	طول قوس C(cm)
32	14	4	7.81
25	14	3.1	6.1

۳- مسیر ۳-۱۰-۲

$\Delta(^{\circ})$	شعاع R(cm)	طول تانژانت T(cm)	طول قوس C(cm)
45	11	4.5	8.64
45	12	5	9.42
15	14	1.8	3.66

۴- مسیر ۴-۱۰-۲

$\Delta(^{\circ})$	شعاع R(cm)	طول تانژانت T(cm)	طول قوس C(cm)
45	11	4.5	8.64
60	11	6	11.52
64	11	7	13.44
50	14	6.53	12.22

جدول ۱-۱: ارزیابی فنی مسیرها

نمره کل	نسبت مستقیم مسیر	تعداد قوس های افقی	طول مسیر	پارامتر مسیر
-6.095	$\frac{29.5}{45.18} = 0.652$	-6	-0.747	1
-3.5335	$\frac{42}{34.28} = 1.22$	-4	-0.7535	2
-5.39	$\frac{43.31}{31.9} = 1.36$	-6	-0.7521	3
-4.06	$\frac{31.19}{44.5} = 0.7$	-4	-0.7569	4

با ارزیابی جدول بالا مشخص می شود که بهینه ترین واریانت مسیر 2 می باشد. بنابراین همه طراحی ها و محاسبات برای این مسیر خواهد بود.

۱۱-۲ - تعداد خطوط و عرض سواره رو:

تعداد خطوط راه به نوع راه و حجم ترافیک عبوری از آن بستگی دارد. عرض خطوط سواره رو تاثیر زیادی بر اینمی و راحتی رانندگی داشته و در سطح خدمت دهی و ظرفیت راه نیز موثر است.

طبق بند ۱-۲-۶ آین نامه راه های اصلی درجه یک دارای یک خط ترافیک عبوری در هر طرف یا بیشتر می باشند. عرض مطلوب یک خط سواره رو در راه های اصلی درجه یک، ۳۶۵ متر است. که برای این پروژه طبق توصیه استاد گرامی تعداد یک خط عبوری در هر جهت عبوری و عرض ۳۶ متر در نظر گرفته شده است.

۱۲-۲ - شب عرضی سواره رو:

شب عرضی برای تخلیه و هدایت آب از سطح رویه به خارج از مسیر می باشد. شب عرضی برای رویه های آسفالتی و بتی جدید و روکش ها، ۱,۵ تا ۲,۵ درصد و برای رویه های شنی ۳ تا ۵ درصد است. از نظر هدایت و کنترل خودرو، بهتر است شب عرضی سواره رو کمتر از ۲ درصد باشد. شب های عرضی تندتر از ۲ درصد از نظر تخلیه آب بارش، مطلوب تر است. در این پروژه طبق توصیه استاد گرامی مقدار شب عرضی سواره رو ۲,۵ درصد در نظر گرفته شده است.

۱۳-۲ - شانه:

شانه بخشی از کف راه است که در طرفین سواره رو قرار می گیرد و برای توقف اضطراری خودرو ها به کار می رود. لایه شنی، نوعی نگهدار برای لایه های آستر و رویه راه است. طبق جدول ۴-۶ آین نامه عرض شانه راه اصلی درجه یک دو خطه بین ۱,۸۵ تا ۲,۸۵ متر می باشد. که طبق توصیه استاد گرامی برای این پروژه ۱,۸ متر در نظر گرفته شده است. و شبی عرضی آن نیز ۵ درصد در نظر گرفته شده است.

۱۴-۲ - تعریض در قوس افقی

گاهی لازم است عرض سواره رو در قوس افقی افزایش داده شود. دلیل های این افزایش عرض عبارت است از:

۱. وسیله نقلیه در قوس افقی عرض بیشتری اشغال می کند.
۲. معمولاً راننده در قوس افقی به سختی می تواند از محور خطی که در آن حرکت می کند، پیروی کند.
۳. مقدار اضافه عرض سواره رو در قوس افقی برای راه دو خطه از رابطه های زیر بدست می آید.

$$W = W_c - W_n$$

$$W_c = 2(U + C) + F_A + Z$$

که در آن:

$$W = \text{اضافه عرض سواره رو در قوس افقی برای راه های دوخطه (متر)}$$

$$W_c = \text{عرض سواره رو راه دو خطه در قوس افقی (متر)}$$

$$W_n = \text{عرض سواره رو راه دو خطه در قسمت مستقیم (متر)}$$

$$U = \text{عرضی که توسط وسیله نقلیه (خارج به خارج چرخ ها) در قوس اشغال می شود (متر)}$$

$$C = \text{فاصله آزاد جانبی وسیله نقلیه، برای سواره رو ها با عرض ۷,۳ متر این مقدار ۰,۹ متر فرض می شود.}$$

$$F_A = \text{عرض پیش آمدگی جلو وسایل نقلیه (متر) که برابر فاصله شعاعی مسیر چرخش لبه بیرونی با لبه بیرونی بدن وسیله نقلیه می باشد}$$

$$Z = \text{عرض اضافی مجاز به دلیل دشواری رانندگی در قوس (متر)}$$

مقادیر U و Z از رابطه های زیر بدست می آیند:

$$U = U_0 + R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

$$F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$$

$$Z = \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

که در آن:

U_0 = عرضی که توسط وسیله نقلیه (فاصله خارجی چرخ ها) در مسیر مستقیم اشغال می شود (متر)

R = شعاع محور راه دو خطه در قوس افقی (متر)

L = فاصله بین محورهای جلو و عقب (متر)

A = فاصله بین پیش آمدگی جلو وسیله نقلیه و محور جلو (متر)

V = سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت).

برای تعیین مقدار اضافه عرض روسازی در قوس افقی، لازم است وسیله نقلیه مناسبی که نماینده نوع وسیله نقلیه در راه مورد نظر است انتخاب شده و مبنای طرح قرار گیرد.

جدول ۱-۲: مشخصات وسایل نقلیه طرح مختلف

خودرو طرح						مشخصات
کامیون نوع دوم	کامیون نوع اول	کامیون نوع دوم	اتوبوس نوع اول	اتوبوس نوع اول	سیک	
۱۸/۹	۱۵/۲	۹/۳	۷/۶	۳/۴		فاصله محور ابتدا و انتها
۱/۲	۰/۹	۱/۸	۲/۱	۰/۹		پیش آمدگی جلو
۰/۸	۰/۶	۲/۶	۲/۴	۱/۵		پیش آمدگی عقب
۲۰/۹	۱۶/۸	۱۳/۷	۱۲/۲	۵/۸		طول وسیله نقلیه
۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۱		عرض وسیله نقلیه
۴/۱	۴/۱	۴/۱	۴/۱	متغیر		ارتفاع وسیله نقلیه
۲/۴	۵/۲۰	۷/۸	۷/۵	۴/۴۰		حداقل شعاع دایره داخلی گردش
۱۲/۷	۱۲/۷	۱۲/۷	۱۲/۸	۷/۳		حداقل شعاع دایره خارجی گردش
۱۴/۱	۱۳/۹	۱۴/۶	۱۳/۹	۷/۸		شعاع گردش لبه خارجی

با توجه به اینکه در این پژوهه نوع وسیله نقلیه طرح کامیون نوع اول می باشد، برای بدست آوردن مقدار تعريفی در قوس های افقی می توان از جدول ۱-۳ نیز به طور مستقیم (بدون نیاز به روابط بالا) استفاده کرد. که با توجه به اینکه شعاع قوس پژوهه برابر ۳۰۵ متر و سرعت طرح آن برابر ۹۰ کیلومتر بر ساعت می باشد مقدار تعريفی در قوس های افقی برابر با ۸۰ متر خواهد بود.

جدول ۱-۳: مقدار تعريفی پیهای راهها بر خطهای عرض ۷,۳ متر (متر)

سرعت طرح (کیلومتر بر ساعت)						شعاع قوس (متر)
۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	
+	+	+	+	+	+	۳۰۰۰
+	+	+	+	+	+	۲۵۰۰
۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۲۰۰۰
۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰	۰	۱۵۰۰
۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۱۰۰۰
۰,۳	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۱	۰,۱	۹۰۰
۰,۳	۰,۳	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۱	۸۰۰

۰,۴	۰,۳	۰,۳	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۷۰۰
۰,۴	۰,۴	۰,۳	۰,۳	۰,۲	۰,۲	۶۰۰
۰,۵	۰,۵	۰,۴	۰,۴	۰,۳	۰,۳	۵۰۰
۰,۶	۰,۶	۰,۵	۰,۵	۰,۴	۰,۴	۴۰۰
۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۰,۶	۰,۵	۳۰۰
	۰,۹	۰,۸	۰,۸	۰,۷	۰,۶	۲۵۰
		۱	۱	۰,۹	۰,۸	۲۰۰

۱۵- خط عبور کمکی

آزادی و ایمنی حرکت در راه ها علاوه بر آنکه تابعی از تعداد و طول قطعه های سبقت مجاز است، به طور معکوس تحت تاثیر حرکت کامیون در شیب با طول زیاد قرار دارد. این عامل سبب کاهش سرعت خودروهای پشت سر می شود. به علت افزایش تصادف ها در شیب های طولانی باید براساس نیاز ترافیک، ساخت خط کمکی سربالابی در طرح راه های جدید و همچنین برای راه های موجود در نظر گرفته شود. لذا در راه های دو خطه دو طرفه که طول هر خط شیب دار روی پروفیل طولی از طول بحرانی شیب بیشتر شده است، از خط عبور کمکی استفاده می شود. در این پروژه چون تمام طول بحرانی شیب رعایت شده نیاز به خط عبور کمکی نمی باشد.

فصل سوم: پروفیل طولی

۱-۳- پروفیل طولی مسیر

پروفیل یا نیمیرخ طولی مسیر عبارت است از نمایش تصویر گستردگی مسیر بر روی صفحه قائم.

پس از تکمیل شدن پلان راه، اینکه سطح نهایی مسیر در چه ارتفاعی نسبت به سطح زمین طبیعی دارد، نیازمند ترسیم پروفیل طولی یا نمایش ارتفاعی خط زمین طبیعی و سپس خط پروژه راه می باشد.

این پروفیل از دو خط و یک جدول مشخصات تشکیل شده است.

خط زمین طبیعی: وضعیت ارتفاعی زمین طبیعی محور راه را نشان می دهد.

خط پروژه: وضعیت ارتفاعی سطح تمام شده محور راه را پس از ساخت نشان می دهد.

در ترسیم پروفیل طولی مقیاس طول ها با مقیاس ارتفاعات متفاوت در نظر گرفته می شود عموماً مقیاس ۱:۲۰۰۰ برای طول ها و به علت محدودیت ارتفاع کاغذ، ۱:۲۰۰ برای ارتفاعات در نظر گرفته می شود.

۲-۳- مراحل ترسیم پروفیل طولی

مراحل رسم پروفیل طولی به شرح زیر می باشد:

گام اول: ترسیم خط زمین طبیعی

ابتدا تعدادی ایستگاه بر روی محور راه تعیین کرده و موقعیت آنها را در پلان مشخص می نمائیم.

مشخصات این ایستگاه ها به شرح زیر می باشد:

۱. فاصله ایستگاهها در دشت ۵۰ متر انتخاب می شود.
۲. فاصله ایستگاهها در کوهستان ۲۰ متر انتخاب می شود.
۳. در قوس ها فاصله ایستگاهها $1/10$ تا $1/20$ شاعع قوس انتخاب می شود.
۴. در ابتدا و انتهای قوس ها، محل های تغییر شیب، محل های تلاقی خط زمین با خط پروژه، نهرها، رودخانه ها و خط القعرها ایستگاه اضافی در نظر گرفته می شود.

در این پروژه فاصله ایستگاه ها با اینکه مسیر در منطقه کوهستانی می باشد بنا به فرموده استاد گرامی ۵۰ متر در نظر گرفته شده است. و در ابتداء وسط و انتهای هر قوس نیز ایستگاه ها قرار داده شده اند. که در مجموع ۲۶ ایستگاه گردید.

۵. ایستگاهها از مبدا به سمت مقصد شماره گذاری می‌شوند و شماره‌ها از سمت چپ به راست در ردیف(نیمرخهای عرضی) درج می‌گردد.

۶. برای هر ایستگاه یک فاصله و یک ارتفاع اندازه‌گیری می‌شود.

۷. با انتخاب یک سطح سنجش مناسب و در نظر گرفتن ۱:۲۰۰ در طول و ۱:۲۰۰ در ارتفاع، به کمک نتایج مرحله قبل، ایستگاهها را روی دو محور مختصات پیاده و آن‌ها را به هم وصل می‌کنند. خط شکسته حاصل که معمولاً با رنگ سیاه رسم می‌گردد، خط زمین طبیعی می‌باشد.

بدست آوردن سطح تراز مبنا(سطح سنجش): به علت محدودیت ارتفاع کاغذ برای رسم پروفیل طولی می‌باشد یک سطح سنجش مشخص گردد. با توجه به کمترین ارتفاع نقطه‌ی موجود در مسیر که ۱۸۳۰ متر بود، ۱۸۲۵ متر را به عنوان سطح سنجش مینا انتخاب شد.

۱-۲-۳- تعیین مختصات ارتفاعی نقاط در پروفیل طولی:

$$\text{فاصله ارتفاعی از سطح سنجش} = \frac{\text{رقم زمین}}{200} \times 100$$

$$\frac{1802.5 - 1800}{200} \times 100 = 1.25\text{cm} \quad \text{ایستگاه شماره ۱:}$$

شماره ایستگاه	رقم زمین	فاصله ارتفاعی از سطح سنجش
۲	۱۸۰۳,۵۴	۱,۷۷
۳	۱۸۰۵,۸	۲,۹
۴	۱۸۱۰,۹	۵,۴۵
۵	۱۸۱۵	۹
۶	۱۸۱۹,۶	۹,۸
۷	۱۸۲۴,۴	۱۲,۲
۸	۱۸۲۹	۱۴,۵
۹	۱۸۳۳,۰۸	۱۶,۵۴
۱۰	۱۸۳۵	۱۷,۵
۱۱	۱۸۳۸,۳	۱۹,۱۵
۱۲	۱۸۴۰,۵	۲۰,۲۵
۱۳	۱۸۴۳,۱	۲۱,۵۵
۱۴	۱۸۴۵	۲۲,۵
۱۵	۱۸۴۷,۱	۲۳,۵۵
۱۶	۱۸۴۹	۲۴,۵
۱۷	۱۸۵۰	۲۵
۱۸	۱۸۵۳,۳۳	۲۶,۶۶

۲۸,۷۵	۱۸۵۷,۵	۱۹
۳۰,۲۵	۱۸۶۰,۵	۲۰
۳۲,۲۵	۱۸۶۴,۵	۲۱
۳۴,۲۸	۱۸۶۸,۰۷	۲۲
۳۶,۲۵	۱۸۷۲,۵	۲۳
۳۸	۱۸۷۶	۲۴
۳۹,۵	۱۸۷۹	۲۵
۴۱	۱۸۸۲	۲۶
۴۱,۷۳	۱۸۸۳,۴۷	۲۷
۴۲,۱۱	۱۸۸۴,۲۳	۲۸
۴۲,۵	۱۸۸۵	۲۹
۴۲,۷۲	۱۸۸۵,۴۵	۳۰
۴۲,۹۱	۱۸۸۵,۸۳	۳۱
۴۲,۷۱	۱۸۸۵,۴۲	۳۲
۴۲,۹۲	۱۸۸۵,۸۳	۳۳
۴۳,۴۴	۱۸۸۶,۸۸	۳۴
۴۵	۱۸۹۰	۳۵
۴۶,۳۳	۱۸۹۲,۶۶	۳۶
۴۶,۶۶	۱۸۹۳,۳۳	۳۷
۴۸,۱۶	۱۸۹۶,۳۳	۳۸
۵۲,۵	۱۹۰۵	۳۹
۵۲,۵	۱۹۰۵	۴۰
۵۲,۸	۱۹۰۵,۵	۴۱
۵۳	۱۹۰۶	۴۲
۵۳,۴	۱۹۰۶,۱	۴۳
۵۳,۷	۱۹۰۷,۴	۴۴
۵۴,۱	۱۹۰۸,۲	۴۵
۵۵	۱۹۱۰	۴۶
۵۵	۱۹۱۰	۴۷
۵۵	۱۹۱۰	۴۸
۵۴,۶	۱۹۰۹,۲	۴۹
۵۳,۲	۱۹۰۸,۴	۵۰
۵۲,۵	۱۹۰۵	۵۱
۵۱,۳	۱۹۰۴,۶	۵۲
۵۲,۵	۱۹۰۵	۵۳

گام دوم. ترسیم خط پروژه:

در طرح خط پروژه موارد زیر مورد توجه قرار گرفته است:

۱-شیب طولی خط پروژه در تمام مسیر از شیب حداکثر مجاز کمتر است. طبق جدول ۲۱-۵ آین نامه مقدار حداکثر شیب طولی برای راه های اصلی در مناطق کوهستانی و برای سرعت طرح ۹۰ کیلومتر در ساعت برابر با ۶ درصد می باشد.

نکته: هر اندازه توپوگرافی منطقه به کوهستان نزدیک شود حداکثر شیب طولی مجاز افزایش می یابد دلیل این امر جلوگیری از تحمیل هزینه های بیش از حد به پروژه و همچنین کاهش مشکلات اجرایی است.

۲-مقادیر حداقل شیب طولی مطلوب و مطلق رعایت شده است. با توجه به ضرورت تخلیه سطح روسازی، جدول و آبروی کناری از آب های سطحی حاصل از بارندگی طبق جدول ۲۴-۵ مقادیر حداقل شیب مطلوب و مطلق به ترتیب برابر ۳، ۰، ۰، ۳ می باشد.

۳-طول بحرانی شیب در مقاطع سربالایی کنترل گردیده است. مقدار شیب طولی راه، به تنها یی عامل کنترل کننده طرح نیست، بلکه لازم است علاوه بر مقدار شیب، طول آن نیز در نظر گرفته شود. وسایل سنگین معمولاً در شیب های سربالایی بیش از ۳ درصد چنانچه سر بالایی از یک طولی بیشتر ادامه پیدا کند دچار افت سرعت محسوس و به اصطلاح خزش می شوند. در بسیاری از آین نامه ها از جمله آین نامه طرح هندسی راه های ایران در بند ۳-۳-۵ افت سرعت بیش از ۱۵ کیلو متر در ساعت را در نزد کامیون ها و سایر وسایل سنگین خزش نامیده و این گونه حرکت کند آنها را مزاحم سایر وسایل نقلیه موجود در جریان ترافیک معرفی می کند. لذا برای هر مقطع سربالایی آن طولی از شیب که باعث افت سرعت ۱۵ کیلومتر بر ساعت نسبت به سرعت طرح می شود را طول بحرانی نامیده و با ۷۰ نمایش می دهند.

مقدار بحرانی شیب از شکل ۸-۵ آین نامه به وسیله گراف هایی بر حسب شیب و کاهش سرعت مشخص می شوند. با توجه به شیب مسیر در مقاطع مختلف این پروژه که در زیر محاسبه گردیده و کاهش سرعت ۱۵ کیلومتر بر ساعت مقدار طول بحرانی شیب در ادامه برای هر مقطع کنترل گردیده است.

$$i_{A-10} = \frac{1855 - 1845}{474} \times 100 = 2.1 \leq 6 \rightarrow OK$$

$$L_{A-10} = 474m$$

$$900 \geq 474 \rightarrow OK$$

$$i_{10-20} = \frac{1845 - 1831.1}{478} \times 100 = 2.9 \leq 6 \rightarrow OK$$

$$L_{10-20} = 478 m$$

$$550 \geq 478 \rightarrow OK$$

$$i_{20-25} = \frac{1831.1 - 1830}{210} \times 100 = 0.5 \leq 6 \rightarrow 0K$$

$$L_{20-25} = 210 \text{ m}$$

$$= 1000 \geq 210 \rightarrow 0K$$

نکته: چنانچه طول مقطع سربالایی از طول بحرانی شیب بیشتر در نظر گرفته شود باید یک یا دو خط کمکی در سربالایی به عنوان خط کند رو یا خط بالا رو یا به اصطلاح باند خوش از کناره سمت راست مسیر به آن اضافه گردد، که در این پروژه به دلیل رعایت طول بحرانی شیب نیازی به خط کمکی نمی باشد.

خط پروژه نهایی با رنگ قرمز نمایش داده می شود.

گام سوم: تکمیل جدول مشخصات

جدول مشخصات: این جدول شامل ردیفهای زیر می باشد:

۱. شماره نیمرخهای عرضی
۲. کیلومتر از
۳. ارتفاع خط پروژه
۴. ارتفاع زمین طبیعی
۵. فواصل بین نیمرخهای عرضی
۶. شیب خط زمین طبیعی

۳-۳- قوس های قائم:

تغییر شیب طولی به صورت تدریجی و به وسیله قوس قائم صورت پذیرد و همچنین این قوس تامین کننده مسافت دید کافی و تخلیه مناسب آب سطحی، اینمی، آسایش راننده و زیبایی ظاهری راه خواهد بود. بر اساس آئین نامه فقط در مراحلی که جمع جبری شیب های طرفین کمتر از ۵ درصد باشد وجود قوس قائم ضروری نیست.

قوس های قائم به دو دسته قوس های قائم گنبدی (قوس های برآمده) و قوس های قائم کاسه ای (قوس های فرو ریخته) تقسیم می شوند که هر کدام از آنها دارای دو نوع می باشند.

در قوس های قائم یکی از مهمترین مسائل کنترل فاصله دید می باشد. فاصله دید به ۳ نوع قابل تقسیم بندی است:

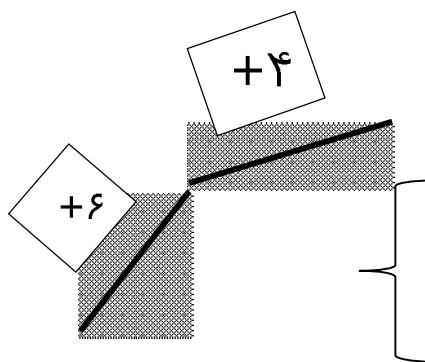
۱-فاصله دید توقف

۲-فاصله دید سبقت

۳-فاصله دید انتخاب

که در این پروژه بنا به توصیه استاد گرامی فقط معیار فاصله دید توقف در نظر گرفته شده و از دو معیار دیگر صرف نظر شده است. که طبق جدول ۵-۲۷ آین نامه برای سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت برابر با ۱۶۰ متر می باشد.

۳-۴- تعیین قوس های گنبدی و کاسه ای پروژه:



$$K=39 \text{ m} (V=90 \text{ km/s})$$

$$S=30 \text{ m}$$

قوس شماره (۱):

$$L \geq L_{\min} = K * A = 2 * 39 = 78 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad L = 90 \text{ m}$$

$$\text{راس قوس} A = |G_2 - G_1| = |4 - 6| = 2 \text{ km} = 100 \text{ m} / H = 1834 \text{ m} (17 \text{ cm})$$

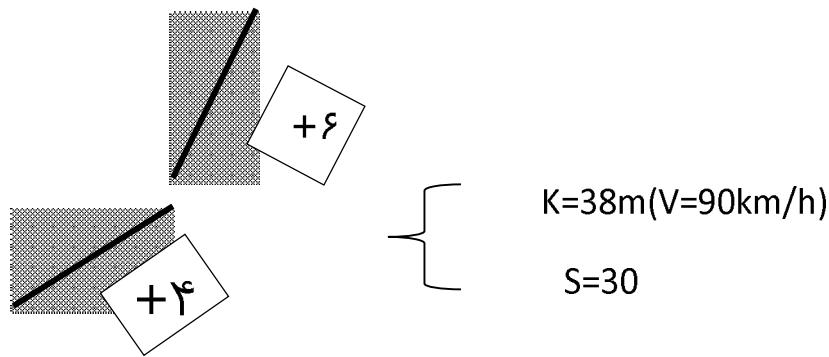
$$\left. \begin{array}{l} km = 100 - (90/2) = 55 \text{ m} \\ H = 1834 - (\frac{90}{2} * \frac{6}{100}) = 1831.3 \text{ m} \end{array} \right\} \text{ابتداي قوس:}$$

$$H = 1834 + (\frac{90}{2} * \frac{4}{100}) = 1835.8 \text{ m} \quad km = 100 + (90/2) = 145 \text{ m} \quad \text{انتهای قوس:}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتدا	30	ابتدا Km=55(2.75)	1831.3	0	1831.3(15.65)
1	30	85(4.25)	1833.1	0.1	1833(16.5)
2	30	115(5.75)	1834.9	0.4	1834.5(17.25)
انتهای		145(7.25)	1836.7	0.9	1835.8(17.9)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره(۲):



$$L \geq L_{\min} = K * A = 2 * 38 = 76\text{m} \implies L = 90\text{m}$$

$$\text{راس قوس } A = |G_2 - G_1| = |6 - 4| = 2\text{km} = 200\text{m} / H = 1838\text{m}(19\text{cm})$$

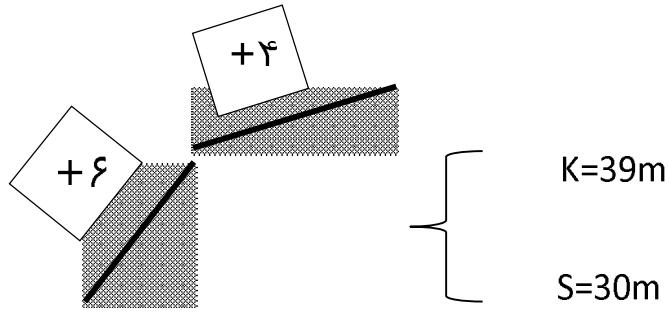
$$H = 1838 - \left(\frac{90}{2} * \frac{4}{100}\right) = 1836.2\text{m} \quad ||| \text{km} = 200 - (90/2) = 155\text{m} : \text{ابتدای قوس}$$

$$H = 1838 + \left(\frac{90}{2} * \frac{6}{100}\right) = 1840.7\text{m} \quad \text{km} = 200 + (90/2) = 245\text{m} : \text{انتهای قوس}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتدا	30	Km=155(7.75)	1836.2	0	1836.2(18.1)
1	30	185(9.25)	1837.4	0.1	1837.5(18.75)
2	30	215(10.75)	1838.6	0.4	1839(19.5)
انتها		245(12.25)	1839.8	0.9	1840.7(20.35)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره (۳):



$$L \geq L_{\min} = K * A = 39 * 2 = 78 \text{ m} \quad L = 90 \text{ m}$$

$$\text{اراس قوس } A = |G_2 - G_1| = |6 - 4| = 2 \text{ km} = 300 \text{ m} / H = 1844 \text{ m} (22 \text{ cm})$$

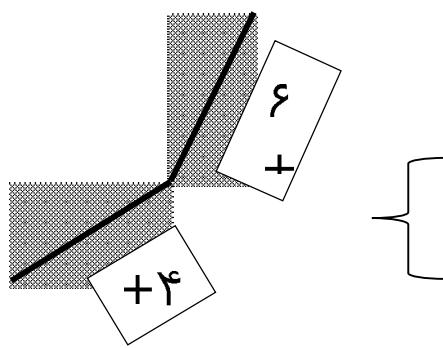
$$H = 1844 - \left(\frac{90}{2} * \frac{6}{100} \right) = 1841.3 \text{ m} \quad \text{ابتدای قوس: } km = 300 - (90/2) = 255 \text{ m}$$

$$H = 1844 + \left(\frac{90}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1845.8 \text{ m} \quad \text{انتهای قوس: } km = 300 + (90/2) = 345 \text{ m}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتدا	30	ابدا Km=255(12.75)	1841.3	0	1841.3(20.65)
1	30	285(14.25)	1843.1	0.1	1843(21.5)
2	30	315(15.75)	1844.9	0.4	1844.5(22.25)
انتها		345(17.25)	1846.7	0.9	H=1845.8(22.9)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره(۴):



$$L \geq L_{min} = K * A = 38 * 2 = 76 \text{ m} \rightarrow L = 90 \text{ m}$$

$$\text{اراس قوس} = |G_2 - G_1| = |6 - 4| = 2 \text{ km} = 400 \text{ m} / H = 1848 \text{ m} (24 \text{ cm})$$

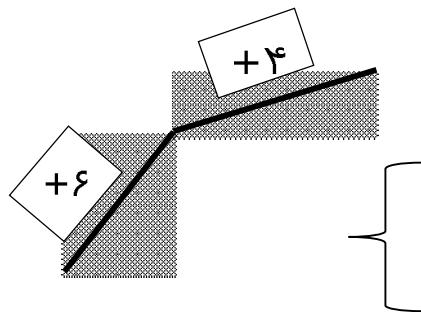
$$H = 1848 - \left(\frac{90}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1846.2 \text{ m} \quad ||| \text{ km} = 400 - (90/2) = 355 \text{ m} \quad \text{ابتدای قوس:}$$

$$H = 1848 + \left(\frac{90}{2} * \frac{6}{100} \right) = 1850.7 \text{ m} \quad \text{km} = 400 + (90/2) = 445 \text{ m} \quad \text{انتهای قوس:}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتدا	30	ابتدا Km=355(17.75)	1846.2	0	1846.2(23.1)
1	30	385(19.25)	1847.4	0.1	1847.5(23.75)
2	30	415(20.75)	1848.6	0.4	1849(24.5)
انتها		445(22.25)	1849.8	0.9	1850.7 (25.35)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره(۵):



$$K=39(v=90\text{km/h})$$

$$S=30\text{m}$$

$$L \geq L_{\min} = K * A = 39 * 2 = 78 \text{ m} \quad \rightarrow \quad L = 90\text{m}$$

$$\text{راس قوس} = |G_2 - G_1| = |4 - 6| = 2\text{km} = 500\text{m} / H = 1845\text{m}(27\text{cm})$$

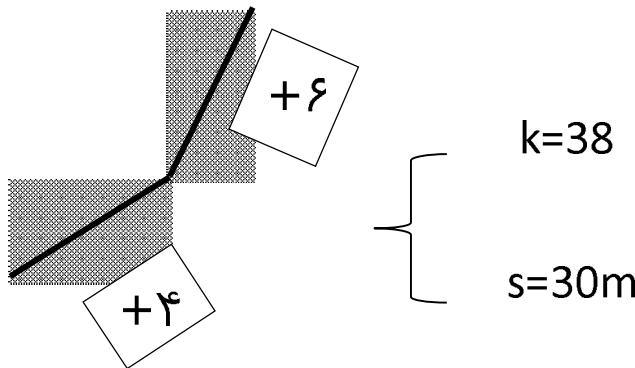
$$H = 1845 - \left(\frac{90}{2} * \frac{6}{100}\right) = 1851.3\text{m} \quad ||| \text{km} = 500 - (90/2) = 455\text{m} \quad \text{ابتدای قوس:}$$

$$H = 1845 + \left(\frac{90}{2} * \frac{4}{100}\right) = 1855.8\text{m} \quad \text{km} = 500 + (90/2) = 545\text{m} \quad \text{انتهای قوس:}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتدا	30	ابتدا Km=455(22.75)	1851.3	0	1851.3(25.65)
1	30	485(24.25)	1853	0.1	1853(26.5)
2	30	515(25.75)	1854.9	0.4	1854.5(27.25)
انتهای		545(27.25)	1851.7	0.9	1855.8(27.9)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره (۶):



$$L \geq L_{\min} = K * A = 38 * 2 = 76 \text{ m} \quad L = 90 \text{ m}$$

راس قوس $A = |G_2 - G_1| = |6 - 4| = 2 \text{ km} = 600 \text{ m} / H = 1858 \text{ m} (29 \text{ cm})$

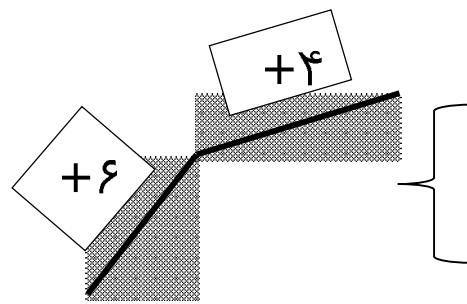
$$H = 1858 - \left(\frac{90}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1856.2 \text{ m} \quad \text{ابتدای قوس: } km = 600 - (90/2) = 555 \text{ m}$$

$$H = 1858 + \left(\frac{90}{2} * \frac{6}{100} \right) = 1860.7 \text{ m} \quad \text{انتهای قوس: } km = 600 + (90/2) = 645 \text{ m}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتدا	30	Km=555(27.75)	1856.2	0	1856.2(28.1)
1	30	585(29.25)	1857.4	0.1	1857.5(28.75)
2	30	615(30.75)	1858.6	0.4	1859(29.5)
انتها		645(32.25)	1859.8	0.9	1860.7(30.35)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره (۷):



$K=39$

$S=30$

$$L \geq L_{\min} = K * A = 39 * 2 = 78 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad L = 90 \text{ m}$$

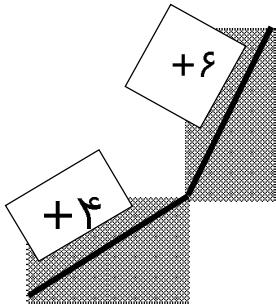
$$\text{راس قوس} = |G_2 - G_1| = |4 - 6| = 2 \text{ km} = 700 \text{ m} / H = 1864 \text{ m} (32 \text{ cm})$$

$$H = 1864 - \left(\frac{90}{2} * \frac{6}{100} \right) = 1861.3 \text{ m} \quad ||| \text{ km} = 700 - (90/2) = 655 \text{ m} \quad \text{ابتدای قوس:}$$

$$H = 1864 + \left(\frac{90}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1865.8 \text{ m} \quad \text{km} = 700 + (90/2) = 745 \text{ m} \quad \text{انتهای قوس:}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتداء	30	ابتداء Km=655(32.75)	1861.3	0	1861.3(30.65)
1	30	685(34.25)	1863	0.1	1863(31.5)
2	30	715(35.75)	1864.9	0.4	1864.5(32.25)
انتهای		745(37.25)	1866.7	0.9	1865.8(32.9)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.



قوس شماره (۸):

$$K=38$$

$$S=20$$

$$L \geq L_{\min} = K * A = 38 * 1 = 38 \text{ m} \rightarrow L = 40 \text{ m}$$

$$\text{اراس قوس} = |G_2 - G_1| = |5 - 4| = 1 \text{ km} = 800 \text{ m} / H = 1868 \text{ m} (34 \text{ cm})$$

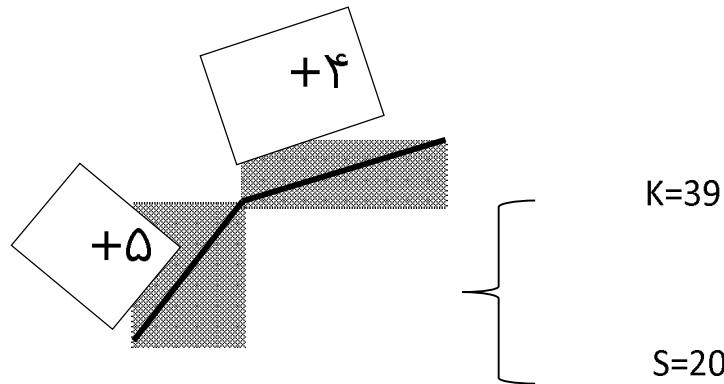
$$H = 1868 - \left(\frac{40}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1867.2 \text{ m} \quad ||| \text{ km} = 800 - (40/2) = 780 \text{ m} \quad : \text{ابتدای قوس}$$

$$H = 1868 + \left(\frac{40}{2} * \frac{5}{100} \right) = 1869 \text{ m} \quad \text{km} = 800 + (40/2) = 820 \text{ m} \quad : \text{انتهای قوس}$$

میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط	ارتفاع نقاط روی قوس
اول	اول و نقاط	اول	اول	اول و نقاط	قوس
ابتدا	20	Km=780(39)	1867.2	0	1867.2(33.6)
1	20	800(40)	1868	0.05	1868.05(34.025)
انتها		820(41)	1868.8	0.2	1869(34.5)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره (۹):



$$L \geq L_{\min} = K * A = 39 * 1 = 39 \text{ m} \quad \rightarrow \quad L = 40 \text{ m}$$

$$\text{ارس قوس} = |G_2 - G_1| = |4 - 5| = 1 \text{ km} = 920 \text{ m} / H = 1874 \text{ m} (37 \text{ cm})$$

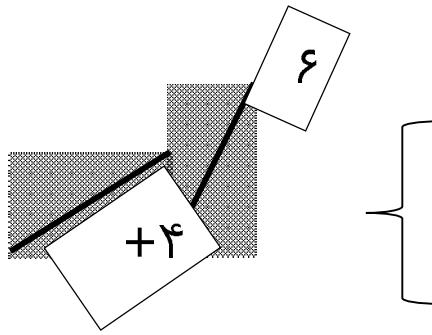
$$H = 1874 - \left(\frac{40}{2} * \frac{5}{100} \right) = 1873 \text{ m} \quad || \text{ km} = 920 - (40/2) = 900 \text{ m} \quad \text{ابتدای قوس:}$$

$$H = 1874 + \left(\frac{40}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1874.8 \text{ m} \quad \text{km} = 920 + (40/2) = 940 \text{ m} \quad \text{انتهای قوس:}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتداء	20	ابتداء Km=900(45)	1873	0	1873(36.5)
1	20	920(46)	1874	0.05	1873.95(37)
انتهای		940(47)	1875	0.2	1874.8(37.4)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره (۱۰):



$$L \geq L_{\min} = K * A = 38 * 2 = 76 \text{ m} \rightarrow L = 90 \text{ m}$$

$$\text{اراس قوس} = |G_2 - G_1| = |6 - 4| = 2 \text{ km} = 1020 \text{ m} / H = 1878 \text{ m} (39 \text{ cm})$$

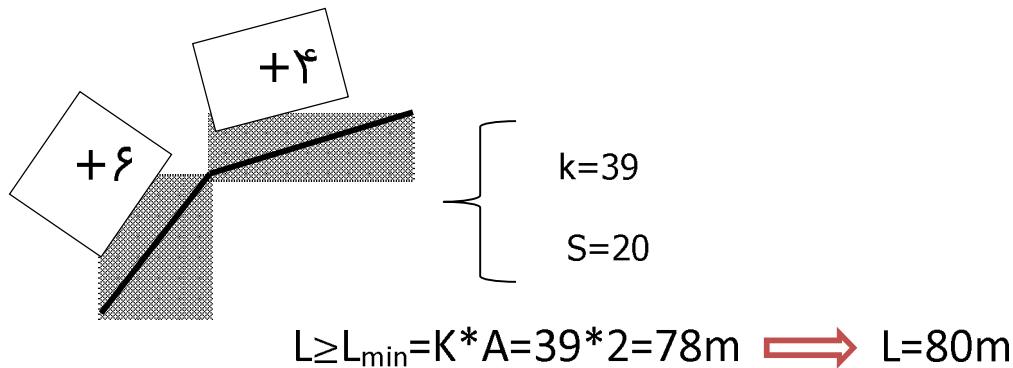
$$H = 1878 - \left(\frac{90}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1876.2 \text{ m} \quad ||| \text{ km} = 1020 - (90/2) = 975 \text{ m} \quad \text{ابتدای قوس:}$$

$$H = 1878 + \left(\frac{90}{2} * \frac{6}{100} \right) = 1880.7 \text{ m} \quad \text{km} = 1020 + (90/2) = 1065 \text{ m} \quad \text{انتهای قوس:}$$

میانی	شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتداء	30	ابتداء Km=975(48.75)	1867.2	0	0	1876.2(38.1)
1	30	1005(50.25)	1877.4	0.1	0.1	1877.5(38.75)
2	30	1035(51.75)	1878.6	0.4	0.4	1879(39.5)
انتهای		1065(53.25)	1879.8	0.9	0.9	1880.7(40.35)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره (۱۱):



$$\text{راس قوس} = |G_2 - G_1| = |4 - 6| = 2\text{km} = 1120\text{m} / H = 1884\text{m}(42\text{cm})$$

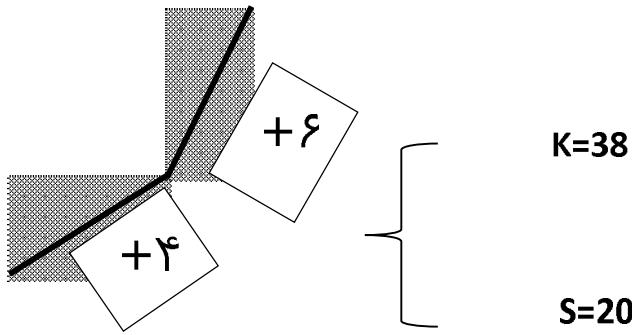
$$H = 1884 - \left(\frac{80}{2} * \frac{6}{100} \right) = 1881.6\text{m} \quad \text{ابتدای قوس:}$$

$$H = 1884 + \left(\frac{80}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1885.6\text{m} \quad km = 1120 + (80/2) = 1160\text{m} \quad \text{انتهای قوس:}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتدا	20	Km=1080(54)	1881.6	0	1881.6(40.8)
1	20	1100(55)	1882.8	0.05	1882.75(41.375)
2	20	1120(56)	1884	0.2	1883.8(41.9)
3	20	1140(57)	1885.2	0.45	1884.75(42.375)
انتهای		1160(58)	1886.4	0.8	1885.6(42.8)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره (۱۲):



$$L \geq L_{\min} = K * A = 38 * 2 = 76 \text{ m} \quad \rightarrow \quad L = 80 \text{ m}$$

$$\text{راست قوس } A = |G_2 - G_1| = |6 - 4| = 2 \text{ km} = 1220 \text{ m} / H = 1888 \text{ m (44 cm)}$$

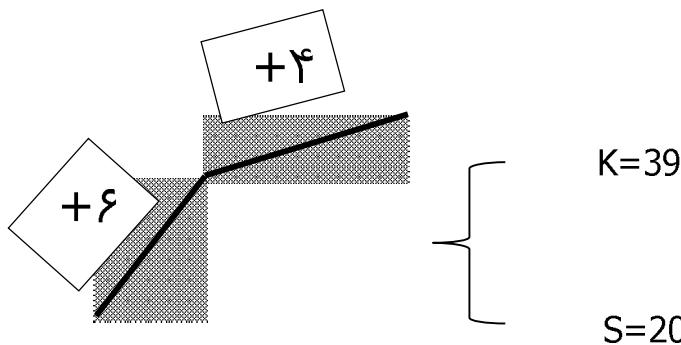
$$H = 1888 - \left(\frac{80}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1886.4 \text{ m} \quad ||| \text{ km} = 1220 - (80/2) = 1180 \text{ m} \quad \text{ابتدای قوس:}$$

$$H = 1888 + \left(\frac{80}{2} * \frac{6}{100} \right) = 1890.4 \text{ m} \quad \text{km} = 1220 + (80/2) = 1260 \text{ m} \quad \text{انتهای قوس:}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتدا	20	Km=1180(59)	1886.4	0	1886.4(43.2)
1	20	1200(60)	1887.2	0.05	1887.25(43.625)
2	20	1220(61)	1888	0.2	1888.2(44.1)
3	20	1240(62)	1888.8	0.45	1889.25(44.625)
انتها		1260(63)	1889.6	0.8	1890.4 (45.2)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره (۱۳):



$$L \geq L_{\min} = K * A = 39 * 2 = 78m \rightarrow L = 80m$$

$$A = |G_2 - G_1| = |4 - 7| = 2km = 1320m / H = 1894m(47cm)$$

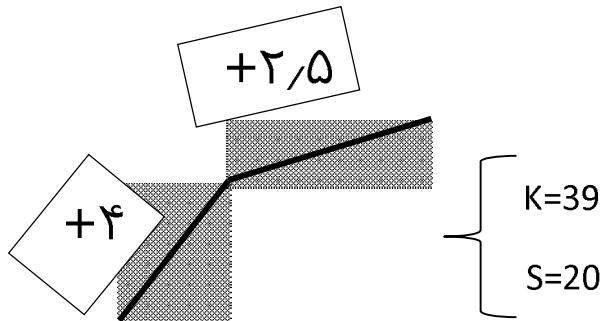
$$H = 1894 - \left(\frac{80}{2} * \frac{6}{100} \right) = 1891.6m \quad km = 1320 - (80/2) = 1280m \quad \text{ابتدای قوس:}$$

$$H = 1894 + \left(\frac{80}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1895.6m \quad km = 1320 + (80/2) = 1360m \quad \text{انتهای قوس:}$$

میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط	اختلاف ارتفاع نقاط روی خط	ارتفاع نقاط روی قوس
اول	اول و نقاط	اول	اول و نقاط	اول و نقاط	اول و نقاط
ابتدا	20	Km=1280(64)	1891.6	0	1891.6(45.8)
1	20	1300(65)	1892.8	0.05	1892.75(46.4)
2	20	1320(66)	1894	0.2	1893.8(46.9)
3	20	1340(67)	1895.2	0.45	1894.75(47.4)
انتها		1360(68)	1896.4	0.8	1895.6(47.8)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

قوس شماره (۱۴) :



$$L \geq L_{\min} = K * A = 39 * 1.5 = 58.8 \text{ m} \implies L = 60 \text{ m}$$

$$\text{اراس قوس } A = |G_2 - G_1| = |2.5 - 4| = 1.5 \text{ km} = 1420 \text{ m} / H = 1898 \text{ m (49 cm)}$$

$$H = 1898 - \left(\frac{60}{2} * \frac{4}{100} \right) = 1896.8 \text{ m} \quad ||| \text{ km} = 1420 - (60/2) = 1390 \text{ m} \quad \text{ابتداي قوس :}$$

$$H = 1898 + \left(\frac{60}{2} * \frac{2.5}{100} \right) = 1898.75 \text{ m} \quad \text{km} = 1420 + (60/2) = 1450 \text{ m} \quad \text{انتهاي قوس :}$$

شماره نقاط میانی	فاصله بین نقاط	کیلومتر از	ارتفاع نقاط میانی روی خط اول	ارتفاع نقاط روی خط اول و نقاط قوس	ارتفاع نقاط روی قوس
ابتدا	20	ابتدا Km=1390(69.5)	1896.8	0	1896.8(48.4)
1	20	1410(70.5)	1897.6	0.05	1897.55(48.78)
2	20	1430(71.5)	1898.4	0.2	1898.2(49.1)
انتها		1450(72.5)	1899.2	0.45	1898.75(49.4)

اعداد داخل پرانتز مقادیر روی پروفیل طولی می باشند.

لازم به توضیح است که قوس های محاسبه شده می تواند تعدادی کمتر از تعداد فوق داشته باشد و طول آنها نیز در محدوده ۴۰۰ — ۵۰۰ متر قرار دارد. (با توجه به cracking)

فصل چهارم: پروفیل عرضی

۱-۴- پروفیل عرضی مسیر

چنانچه صفحه قائمی در هر نقطه ایستگاهی و عمود بر محور راه گذرانده شود آنگاه فصل مشترک این مقطع عرضی با زمین، پروفیل عرضی مسیر در آن مقطع را مشخص می باشد.

در نقشه های پروفیل عرضی وضعیت ارتفاعی خط پروژه و خط زمین طبیعی در امتداد عمود بر مسیر نشان داده می شوند. معمولا به ازای هر ایستگاه در پروفیل طولی یک پروفیل عرضی برداشت می شود و با مقیاس ۱:۲۰۰ بر روی کاغذ ترسیم می گردد.

۴-۲- ترسیم پروفیل عرضی:

۱. برای راه اصلی یک خط عبور در هر جهت عبور در نظر گرفته شده است یعنی مسیر راه در کل ۲ خط عبور می باشد. عرض هر خط عبور ۳,۶۵ متر و عرض شانه راه ۱,۸ متر می باشد.

۲. پروفیل عرضی دارای ۲ محور عمود بر هم با مقیاس های یکسان ۱:۲۰۰ می باشد.

۳. برای رسم پروفیل از ۶ نقطه شیب شیروانی (۱ و ۲)، (ورودی) عدد پروفیل عرضی (۱ و ۲) و ارتفاع واقعی آن (۱ و ۲) استفاده شده است. ابتدا برای سمت چپ و سپس برای سمت راست جدول رسم شده است.

۴. شیب شیروانی خاکریزی برابر و نسبت آنها را ۱ به ۱ در نظر گرفته شده است. ولی شیب خاکبرداری برابر نبوده و نسبت آنها ۱ به ۳ در نظر گرفته شده است.

۵. به دلیل محدودیت ارتفاع کاغذ ابتدا در یک مقطع خاص مشخص شده که ارتفاع خط پروژه پائین تر می باشد یا خط زمین طبیعی سپس سطح سنجش محور عمودی از آن مقدار کمتر در نظر گرفته شده است.

۶. مقدار شیب عرضی در سواره رو ۰,۰۲۵ و شانه راه ۰,۰۰۵ در نظر گرفته شده است.

به دلیل وجود ۵۳ ایستگاه ، ۵۳ پروفیل عرضی با در نظر گرفتن موارد بالا در کاغذ شطرنجی ترسیم گردیده است.

مقطع شماره (۱): زمین: 1800 / محور پروژه:



سمت چپ:شیب شیروانی: ۱/ ثبت پروفیل عرضی: cm ۱۱ / ارتفاع: ۱۸۰.۵ متر

سمت چپ:شیب شیروانی: ۰/ ثبت پروفیل عرضی: 5cm / ارتفاع: 10m / ورودی: 1802.3m

سمت راست:شیب شیروانی: ۱/ ثبت پروفیل عرضی: 22m / ارتفاع: 11cm / ورودی: 1795m

سمت راست:شیب شیروانی: ۰/ ثبت پروفیل عرضی: 5cm / ارتفاع: 10m / ورودی: 1797.7m

شماره مقطع	شیب شیروانی (چپ ۱)	شیب شیروانی (چپ ۲)	عدد پروفیل عرضی(ورودی) (cm)(۱)	عدد پروفیل عرضی(ورودی) (cm)(۲)	ارتفاع (۱) (m)	ارتفاع (۲) (m)
2	0.7	1.125	7	11.25	1805	1806.3
3	0.4	1.1	4	11	1805	1808.2
4	0.5	1	5	1	1807.5	1810
5	0.5	1.125	5	11.25	1812.3	1815
6	0.5	1.125	5	11.25	1817	1820
7	0.5	1.125	5	11.25	1822	1824.5
8	0.3	1.125	3	11.25	1825	1827.7
9	0.3	1.125	3	11.25	1830	1832.5
10	0.5	1.125	5	11.25	1835	1837.5

شماره مقطع	Shirwanی چپ (۱)	Shirwanی چپ (۲)	شیب شیروانی	عدد پروفیل عرضی (ورودی) (cm)(۱)	عدد پروفیل عرضی (ورودی) (cm)(۲)	عرضی (ورودی) (cm)(۲)	ارتفاع (۱) (m)	ارتفاع (۲) (m)
12	0.5	—	1.125	5	11.25	1840	1841.3	(m)
14	0.5	—	1	5	20	1843.9	1845	(m)
16	0.5	—	1.125	5	11.25	1847.5	1848.6	(m)
18	0.5	—	1.125	5	11.25	1852	1853	(m)
20	0.5	—	1.125	5	11.25	1857.2	1858.2	(m)
22	0.9	—	0.5	9	5	1865	1864.7	(m)
24	0.3	—	1.125	3	11.25	1873	1874	(m)
26	0.5	—	1.125	5	11.25	1880	1882.2	(m)
28	0.5	—	1.125	5	11.25	1885	1887.3	(m)
31	0.5	—	1.125	5	11.25	1887.5	1890	(m)
32	0.5	—	0.9	5	9	1888	1890	(m)
34	0.9	—	0.5	9	5	1895	1897	(m)
36	0.6	—	1.125	6	11.25	1898	1900	(m)
38	0.7	—	1.125	7	11.25	1900	1903	(m)
39	0.6	—	1.125	6	11.25	1905	1907.5	(m)
40	0.7	—	1.125	7	11.25	1910	—	(m)
41	0.9	—	—	9	—	—	—	(m)

شماره مقطع	شیروانی چپ(۱)	شیروانی چپ(۲)	شیب	عدد پروفیل عرضی(ورودی) (cm)(۱)	عدد پروفیل عرضی(ورودی) (cm)(۲)	ارتفاع (۱) (m)	ارتفاع (۲) (m)
42	0.9	—	—	9	—	1910	—
44	0.9	—	—	9	—	1910	—
46	0.5	1.125	—	5	11.25	1910	1912.5
47	0.2	1.125	—	2	11.25	1910	1915
48	0.9	—	—	9	—	1915	—
49	0.8	—	—	8	—	1915	—
50	0.8	—	—	8	—	1915	—
51	0.7	—	—	7	—	1915	—
52	0.5	1.125	—	5	11.25	1910	1913
53	0.7	—	—	7	—	1910	—

جدول پروفیل های عرضی سمت راست:

شماره مقطع	شیب شیروانی راست(۱)	شیب شیروانی راست(۲)	عدد پروفیل عرضی(ورودی) (cm)(۱)	عدد پروفیل عرضی(ورودی) (cm)(۲)	ارتفاع (۱) (m)	ارتفاع (۲) (m)
2	0.5	1.125	5	11.25	1800	1796.8
3	0.9	0.5	9	5	1800	1801.67
4	0.2	1.1	2	11	1805	1801.25
5	0.2	1.1	2	11	1810	1806.54
6	0.5	1.125	5	11.25	1813	1810.7
7	0.5	1.125	5	11.25	1818	1815.5
8	0.5	1.125	5	11.25	1823.16	1821.3
9	0.5	1.125	5	11.25	1827.03	1826
10	0.5	1.125	5	11.25	1832	1830
12	0.5	1.125	5	11.25	1836.6	1835
14	0.5	1.125	5	11.25	1842.2	1841.1
16	0.5	1.125	5	11.25	1845.8	1845
18	0.5	1.125	5	11.25	1849.5	1849.5
20	0.5	0.9	5	9	1855.8	1855
22	0.5	1.125	5	11.25	1863.4	1860
24	0.5	1.125	5	11.25	1869.25	1868.25
26	0.5	1.125	5	11.25	1876	1874.5

شماره مقطع	شیب شیروانی راست(۱)	شیب شیروانی راست(۲)	شیب شیروانی عرضی(ورودی) (cm)(۱)	عدد پروفیل عرضی(ورودی) (cm)(۲)	ارتفاع (۱) (m)	ارتفاع (۲) (m)
28	0.5	1.125	5	11.25	1880	1876.12
31	0.2	1.125	2	11.25	1885	1882
32	0.4	1.125	4	11.25	1885	1882.5
34	0.5	1.125	5	11.25	1885	1883
36	0.2	1.125	5	11.25	Error	1885
38	0.5	0.9	5	9	1891	1881
39	0.3	1.125	3	11.25	1895	1890
40	0.2	1.125	2	11.25	1899.5	1895
41	0.9		9		1900	
42	1.125		11.25		1900	
44	0.2	1.125	2	11.25	1905	1901
46	0.7	1.15	7	11.5	1905	1902.5
47	0.7	1.125	7	11.25	1905	1903
48	1		10		1905	
49	0.9		9		1905	
50	0.9		9		1905	
51	0.7		7		1905	
52	0.3	1.125	3	11.25	1905	1900
53	0.7		7		1900	

فصل پنجم: محاسبات حجم عملیات خاکی

۱-۵ - تعاریف

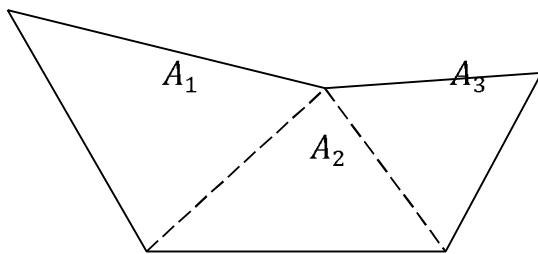
منظور از عملیات خاکی و محاسبات مربوط به آن مجموعه اقداماتی است که با هدف تعیین احجام و آیتم‌های زیر انجام می‌گیرد:

۱. دکوپاژ: عبارت است از کندن و برداشت خاک‌های نباتی (خاک‌های دارای مواد آلی، ریشه و ساقه درختان) و مواد زائد از سطح زمین طبیعی بستر راه یا محوطه.
۲. خاکبرداری: عبارت است از کندن و برداشت خاک در محل‌هایی از طول زمین طبیعی که رقوم آن‌ها بیش از رقوم خط پروژه است.
۳. خاکریزی: عبارت است از ریختن خاک و تراکم آن در محل‌هایی از طول زمین طبیعی که رقوم آن‌ها کمتر از رقوم خط پروژه است.
۴. محل دپو: عبارت است از محلی که خاک‌های اضافی حاصل از عملیات خاکبرداری به آنجا حمل و در آنجا انبار می‌شود.
۵. محل قرضه: در صورتی که نتوان تمام خاک مورد نیاز در خاکریزها را از محل خاکبرداری‌های پروژه تامین کرد، خاک مورد نیاز را از محل‌های دیگری که توسط مهندس مشاور مناسب تشخیص داده شده، تامین می‌کنند که قرضه نام دارد.
۶. انقباض خاک: در مواردی خاک برداشت شده از محل خاکبرداری‌ها پس از انتقال به محل خاکریزی و تراکم، دارای حجم کمتری خواهد شد. در این پروژه ضریب انقباض ۰,۱۵ در نظر گرفته شده است.
۷. تورم خاک: در مواردی که از خاک حاصل از خاکبرداری در زمین‌های بسیار متراکم و یا سنگ حاصل از عملیات کوهبری در ترانشه‌های سنگی، برای پرکردن خاکریزها استفاده می‌شود، ملاحظه می‌گردد که یک مترمکعب خاک یا سنگ حاصل از عملیات خاکبرداری پس از انتقال به خاکریز و تراکم، دارای حجمی بیشتر از یک متر مکعب خواهد بود. این افزایش حجم که به علت ایجاد فضای خالی در بین قطعات سنگ خرد شده و یا ذرات خاک ایجاد می‌گردد، تورم نامیده می‌شود. ضریب انبساط در این پروژه ۰,۰۵ در نظر گرفته شده است.
۸. فاصله حمل خاک: انتقال خاک از خاکبرداری به خاکریز، تامین خاک مصرفی از قرضه‌ها و یا انتقال خاک مازاد به دپوها همه نیاز به حمل دارند. از طرفی پرداخت هزینه عملیات خاکی به پیمانکار که بر مبنای مترمکعب خاک انجام می‌گردد، در صورت تجاوز فاصله حمل از فاصله تعیین‌شده در قرارداد، شامل اضافه هزینه حمل خواهد شد. لذا تعیین فاصله حمل خاک پارامتر مهمی در محاسبات عملیات خاکی می‌باشد.
- برای پیدا کردن حداقل فاصله متوسط حمل خاک روش‌های مختلفی وجود دارد که در میان آن‌ها دو روش لالان و بروکنر کاربرد بیشتری دارند. اساس هر دو روش تقریباً یکسان است با این تفاوت که روش لالان سریع‌تر و ساده‌تر از روش بروکنر بوده و در عوض روش بروکنر دقیق‌تر از روش لالان می‌باشد. که در این پروژه از روش بروکنر استفاده شده است.

۵-۲- روش‌های محاسبه مساحت نیم‌رخ‌های عرضی:

روش‌های مختلفی برای محاسبه مساحت نیم‌رخ‌های عرضی وجود دارد. که در ادامه به چند نمونه اشاره می‌شود.

الف) روش هندسی: در این روش نیم‌رخ عرضی به قطعات کوچکتر هندسی (ذوزنقه، مثلث، مستطیل) تقسیم شده و با محاسبه و جمع سطوح کوچکتر، سطح نیم‌رخ محاسبه می‌شود. که در این پژوهه از این روش استفاده گردیده است. که مقادیر آن را در جداول ۱-۵ قرار دارد.



$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

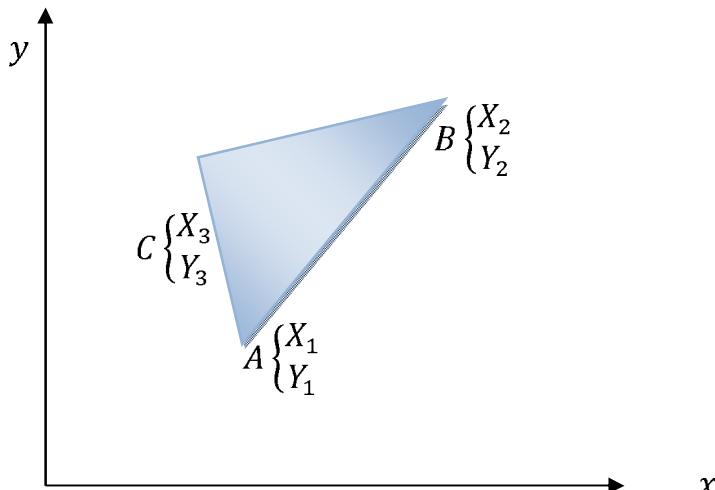
ب) روش تقسیم به سطوح کوچکتر با ارتفاع یکسان: در این روش سطح نیم‌رخ عرضی با خطوط موازی به فواصل مساوی h تقسیم بندی می‌شود و مساحت نیم‌رخ از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$A = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n) \cdot h = \sum_{i=1}^n a_i \cdot h$$

پس با اندازه‌گیری مجموع طول‌های a_1 تا a_n و ضرب این مجموع در ارتفاع مشترک h ، مساحت کل A بدست می‌آید.

ج) روش مختصات: در صورتی که مختصات نقاط مختلف در نیم‌رخ‌های عرضی با انتخاب یک سیستم مختصات تعیین گردد می‌توان سطح نیم‌رخ عرضی را با توجه به روش‌های هندسی تحلیلی و محاسبات زیر به راحتی تعیین نمود.

$$2S = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_2 & x_3 \\ y_2 & y_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_3 & x_1 \\ y_3 & y_1 \end{vmatrix}$$



۳-۵- محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو نیم‌رخ عرضی متوالی:

محاسبه عملیات خاکی راه با توجه به میزان سطوح خاکبرداری و خاکریزی نیم‌رخ‌های عرضی و فواصل بین آن‌ها محاسبه می‌گردد. در محاسبه احجام عملیات خاکی با توجه به وضعیت نیم‌رخ‌های عرضی به لحاظ خاکبرداری و خاکریزی، حالت‌های مختلفی به وجود می‌آید که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد.

الف) حالتی که دو نیم‌رخ عرضی متوالی هر دو خاکبرداری و یا هر دو در خاکریزی قرار دارند.

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

$$V_{Cut} = \frac{C_1 + C_2}{2} \times L$$

مانند نیم‌رخ‌های عرضی ۳ و ۴ که هر دو خاکریزی هستند و به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$V_C = 0$$

$$V_F = \frac{467.7 + 462.3}{2} * 50 = 23250$$

ب) حالتی که دو نیم‌رخ عرضی متوالی یکی در خاکبرداری و دیگری در خاکریزی قرار دارد.

$$L_1 = \frac{C}{C + F} * L$$

$$L_2 = L - L_1$$

$$V_{Fill} = \frac{F_1 + 0}{2} \times L_2 = \frac{F}{2} \times L_2$$

$$V_{Cut} = \frac{C_1 + 0}{2} \times L_1 = \frac{C}{2} \times L_1$$

ج) حالتی که دو نیم‌رخ عرضی متوالی یکی به صورت کامل (خاکبرداری یا خاکریزی) و دیگری به صورت مختلط باشد.

$$V_{Fill} = \frac{F + F_1}{2} \times L$$

$$V_{Cut} = \frac{C_1 + 0}{2} \times L_1 = \frac{C_1}{2} \times L_2$$

د) در حالتی که دو نیمrix متواالی هر دو به صورت مختلط و متقابل هستند.

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

$$V_{Cut} = \frac{C_1 + C_2}{2} \times L$$

۵) در حالتی که دو نیمrix عرضی متواالی هر دو به صورت مختلط و غیر متقابل هستند.

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

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



محاسبات کامل مربوط به عملیات خاکی پروژه که شامل سطوح خاکبرداری و خاکریزی و همچنین حجم خاکبرداری و خاکریزی در حالت عادی و در حالتی که ضریب انبساط و انقباض در نظر گرفته شده در صفحه بعدی آمده است.

شماره قطعه عرضی	کیلومتر قطعه عرضی	سطح خاکریزی	سطح خاکبردار ی	فوائل مقاطع عرضی	حجم خاکریزی	حجم خاکبرداری	حجم خاکریزی + انقباض درصد	حجم خاکبردار ی + تورم درصد	خاکریزی + خاکبردار ی -
1	0+000	443.2	0	50	23440	0	26956	0	26956
2	0+050	494.4	0	50	24052.5	0	27660.375	0	27660.375
3	0+100	467.7	0	50	23250	0	26737.5	0	26737.5
4	0+150	462.3	0	50	22272.5	0	25613.375	0	25613.375
5	0+200	428.6	0	50	20862.5	0	23991.875	0	23991.875
6	0+250	405.9	0	50	19007.5	0	21858.625	0	21858.625
7	0+300	354.4	0	50	16475	0	18946.25	0	18946.25
8	0+350	304.6	0	50	14427.5	0	16591.625	0	16591.625
9	0+400	272.5	0	40	9818	0	11290.7	0	11290.7
10	0+440	218.4	0	40	8092	0	9305.8	0	9305.8
12	0+480	186.2	0	40	6286	0	7228.9	0	7228.9
14	0+520	128.1	0	40	4364	0	5018.6	0	5018.6
16	0+560	90.1	0	32	2795.2	0	3214.48	0	3214.48
18	0+592	84.6	0	40	1948	0	2240.2	0	2240.2
20	0+632	12.8	0	40	56.34	124.13	64.791	130.3365	0
22	0+672	0	28.2	40	0	2532	0	2658.6	0
24	0+712	0	98.4	40	0	5396	0	5665.8	0
26	0+752	0	171.4	40	0	7696	0	8080.8	0
28	0+792	0	213.4	46	0	9694.5	0	10179.225	0
31	0+838	0	208.1	10	0	2081	0	2185.05	0
32	0+848	0	208.1	40	0	7910	0	8305.5	0
34	0+888	0	187.4	40	0	7990	0	8389.5	0
36	0+928	0	212.1	40	0	8646	0	9078.3	0

38	0+968	0	220.2	40	0	9743	0	10230.15	0	-10230.15
39	0+988	0	266.95	50	0	14118.75	0	14824.6875	0	-14824.6875
40	1+038	0	297.8	50	0	15320	0	16086	0	-16086
41	1+088	0	315	30	0	8953.5	0	9401.175	0	-9401.175
42	1+118	0	281.9	40	0	11462	0	12035.1	0	-12035.1
44	1+158	0	291.2	40	0	11164	0	11722.2	0	-11722.2
46	1+198	0	267	20	0	5414	0	5684.7	0	-5684.7
47	1+218	0	274.4	50	0	13345	0	14012.25	0	-14012.25
48	1+268	0	259.4	50	0	11997.5	0	12597.375	0	-12597.375
49	1+318	0	220.5	50	0	10410	0	10930.5	0	-10930.5
50	1+368	0	195.9	50	0	8797.5	0	9237.375	0	-9237.375
51	1+418	0	156	50	0	6415	0	6735.75	0	-6735.75
52	1+468	0	100.6	20	0	1474	0	1547.7	0	-1547.7
53	1+486	0	46.8							