

پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

وبسایت تخصصی کارشناسی ارشد عمران

www.civil-arshad.ir

www.civil-eng.ir

عملی برای تبادل اطلاعات بین دانشجویان و اساتید و مهندسين ایرانی جهت رشد و تعالی هر چه بیشتر مهندسان عمران و معماری

پایگاه تخصصی دانشجویان و مهندسين عمران و معماری

تالار گفت‌وگو اختصاصی جهت تبادل اطلاعات و پرسش و پاسخ

دانلود مطالب و مقالات به روز مهندسی عمران و معماری

دانلود انواع پروژه‌ها و کارآموزی‌ها

دانلود و آموزش برنامه‌های کاربردی و اختصاصی مهندسی عمران و معماری

دانلود رایگان جزوات و کتاب‌های مهندسی عمران و معماری

مرجع تخصصی آزمون‌های مهندسی عمران

دانلود رایگان آزمون‌های کارشناسی ارشد آزاد و سراسری

دانلود رایگان آزمون‌های آزمایشی و جزوات موسسات معتبر آموزش عالی

بحث و تبادل نظر پیرامون موفقیت دکور کارشناسی ارشد

فروشگاه مجاری محصولات آموزشی و مهندسی

۱-۲- تعریف : مسیر خطی است بر روی زمین که بین دو نقطه مشخص به نام مبدأ و مقصد انتخاب می شود و در مقدار آن یک راه طلایی و احداث می گردد.

۲-۲- عوامل تعیین کننده مسیر راه :

① دسترسی : یک راه علاوه بر اتصال دو نقطه مبدأ و مقصد باید دسترسی مرکز جغیتی بین مبدأ و مقصد را نیز تأمین نماید. این تصمیم که مسیر از کدام مرکز جغیتی واقع بین مبدأ و مقصد بگذرد ، بکف تصمیم اقتصادی و سیاسی است که به عوامل زیر بستگی دارد :

که اهمیت راه و اهمیت تسهیلی که راه حضور از آن است .

که اهمیت نقاط بین راهی از نظر جمعیت ، توسعه اقتصادی و سیاسی

که وجود راههای ارتباطی دیگر برای نقاط بین راهی

که حجم ترافیک بین مبدأ و مقصد

که حجم ترافیک نقاط بین راهی

که هزینه اضافی که عبور از این نقاط ایجاد می کند.

② عوارض طبیعی : شامل بستی و بلندی های زمین ، کوه ، دریاچه و رودخانه است . گذشتن از عوارض طبیعی مستلزم انجام خاکبرداری ، خاکریزی ، احداث پل و تونل می باشد که هزینه های زیادی را در بر دارد. برای کاهش هزینه توپو به نقاط زیر الزامی است :

۱- مسیر باید طوری تعیین شود که با حفظ ضوابط طرح هندسی ، مقدار خاکبرداری و خاکریزی به حداقل کاهش یابد.

۲- مسیر باید طوری تعیین شود که با حفظ ضوابط طرح هندسی ، از بستی و بلندی های طبیعی پیروی کند و با حفظ خود هماهنگی داشته باشد.

③ ضوابط طرح هندسی : هدف از طرح هندسی احداث یک راه امین و تمنا نصب با حجم ترافیک ، سرعت و مصالح آسفالته و خصوصیات رانندگان است . ضوابط طرح هندسی عبارتند از :

- | | |
|--|------------------------------|
| که حد اکثر طول مونس قائم | که حد اکثر شیب طولی |
| که حد اکثر فواصل دید | که حد اکثر طول حرشیب |
| که مطالع عرض (عرض راه - عرض شان - شیب عرض و ...) | که حد اکثر شعاع تومرهای افقی |

④ مطالعات زمین شناسی: این مطالعات از چند نظر قابل اهمیت است:

- که شناخت مناطقی که احتمال لغزش و ریزش در آن زیاد است (حتی الاکان سعی گردد راه از این مناطق عبور نگردد)
- که شناخت رانش، لغزش و نشست لایه های که راه بر روی آن قرار گیرد به منظور ثبات و استحکام راه
- که شناخت آبهای زیر زمینی خصوصاً در محل احداث تونلها و تعیین ارتفاع خاکریزها

⑤ مقاومت زمین: این پارامتر چه از نظر قرارگیری خاکریزها بر روی زمین و چه از نظر احداث پلها و دیوارها عامل موثری در انتخاب مسیر است. خارج احداث راه بر روی زمینهای سست و باتلاقی بسیار زیاد است و حتی الاکان باید سعی گردد مسیر از این مناطق عبور داده نشود.

⑥ وجود مصالح مناسب: دوری یا نزدیکی مسیر راه از معادن مصالح در خارج راه و در نتیجه در انتخاب مسیر آن تأثیر گذار است.

⑦ نگهداری راه: انتخاب مسیر راه در چگونگی و خارج نگهداری راه تأثیر می گذارد. لذا رعایت تدابیر زیر الزامی است. که در مناطق کوهستانی باید نقاط برف گیر و بهین گیر را شناخت و سعی نمود که راه از چنین نقاطی نگذرد. که در مناطق کوهی باید جهت باد را شناسایی کرد و مسیر را طوری قرار داد که برف و عاصم های روان در دره های آن انباشته نشود.

که در صورت اجبار عبور از نقاط برف گیر و عاصم گیر باید راه را بر روی خاکریز قرار داد و نه در خاکریزهای قائم صورت گونال جمع کننده برف و عاصم های روان در نیاید. که در مناطق سرد مسیر مسیر راه در عرض از دره قرار گیرد که انتخاب گیر باشد.

⑧ زیباری راه:

که عاصم سازی تومرهای افقی و قائم

که پیروی مسیر راه از وضعیت طبیعی زمین و بافت شهری

که با انحراف مختصر مسیر، نقاط دیدنی مثل رودخانه، فضای سبز، آبشار و ... را هم مسیر نزدیک کنیم.

⑨ حفظ محیط طبیعی :

- که عدم تخریب جنگلها
- که حفاظت از منابع طبیعی
- که رعایت رژیم طبیعی رودخانه ها و آبهای سطحی
- که عدم آلودگی هوای پارکها و گردشگاههای عمومی
- که عدم آلودگی موقن مناطق مسکونی ، بیمارستانها ، پارکها و گردشگاهها

⑩ حفظ محیط انسانی :

- که برهم زدن وضع اجتماعی و زندگی مردم
- که عدم عبور مسیر از وسط آبادها و روستاها
- که عدم عبور مسیر از مراکز فرهنگی ، تاریخی ، باستانی ، مذهبی و قبرستانها
- که عدم عبور مسیر از زمینهای کشاورزی ، باغات و ...

⑪ خارج مسیر : در انتخاب مسیر راه باید خارج طراح ، ساخت ، نگهداری و بهره برداری آن را لحاظ نمود.

۲-۳ - مراحل مختلف تعیین مسیر راه : به طریقی می توان مراحل تعیین مسیر راه را در ۶ مرحله دسته بندی نمود :

- ۱- کشف مسیرهای کلی ممکن بین مبدأ و مقصد
- ۲- شناسایی مسیرهای کلی ممکن
- ۳- انتخاب مسیر کلی
- ۴- برداشتن مقدماتی مسیر
- ۵- تعیین محور راه روی نقشه توپوگرافی و تهیه نقشه های مقدماتی
- ۶- پیاده کردن محور راه روی زمین و تهیه نقشه های قطعی و اجرایی

مطالعات فاز مقدماتی {

مطالعات فاز اول یا اصول {

مطالعات فاز دوم یا قطعی {

در ادامه هر یک از این مراحل با جزئیات بیشتر تشریح می گردد.

۶
① کشف مسیرهای لگنی ممکن: در این مرحله با استفاده از عکسهای هوایی، نقشه های توپوگرافی، راه ها و بیراهه های موجود چند مسیر لگنی کشف و برای مطالعات بیشتر نامزد می گردند. عوامل موثر در این مرحله عبارتند از:

لا تأمین دسترسی بین نقاط مبدأ و مقصد
لا عوامل اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، نظامی و جمعیتی
لا عوارض طبیعی

اقدامات انجام شده در این مرحله عبارتند از:

الف) جمع آوری آمار و اطلاعات در مورد وضعیت اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی، صنایع و معادن، مسائل جمعیتی، وضعیت راه های موجود، طرح های عمران اجرا شده و در دست اجرا، زمین شناسی و بررسی اثرات زلزله، ترافیک منطقه

ب) تهیه نقشه های توپوگرافی و عکسهای هوایی: مقیاس این نقشه ۱:۵۰۰۰۰ می باشد و از سازمان نقشه برداری کشور یا سازمان جغرافیایی ارتش قابل تهیه است.

ج) مطالعه و تعیین نقاط اجباری: نقاط اجباری اقتصادی: مراکز جمعیتی، شهرها، معادن، کارخانجات
نقاط اجباری فنی: کمترین عرض برای عبور از رودخانه، عبور از تونل های با ارتفاع کم، دوری از قلم، زمین های کشاورزی، زمین های مسست و با تلالی

با تعیین نقاط اجباری امداد های لگنی مسیر (گردیدگی به عرض ۱ km) مشخص شده و هر مسیر به چند قطعه مجزای بین دو نقطه اجباری تقسیم می گردند. مطالعات بعدی بر روی این قطعات انجام می شود.

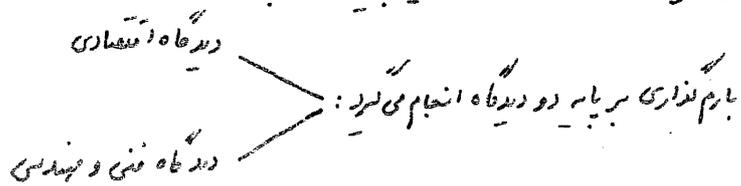
② شناسایی مسیرهای لگنی: هر کدام از مسیرهای لگنی کشف شده در مرحله قبل، باید شناسایی شوند. منظور از شناسایی مجموعه اقداماتی است که طی آن علاوه بر استخراج اطلاعات تکمیلی لازم از نقشه های توپوگرافی و عکسهای هوایی، با انجام بازدید های عملی نتایج استخراج شده از عکسها و نقشه ها اصلاح می گردند و نقاط منجم عکسها، عوارض منطقه (چین خوردگیها و گسلها) و پاره های دیگر

از خصوصیات از نزدیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اقدامات و اطلاعات مورد نیاز در این مرحله عبارتند از:

- الف) بازدید محلی و کلیه گذاری یا علامت گذاری ثابت (بالنیز اثر) مسیر در فواصل حداکثر ۷۰۰ متر (در پشت)، ۵۰۰ متر در تپه ماهور و ۳۰۰ متر در کوهستان
- ب) رسم پلان مسیرهای قابل اجرا و انعکاس نقاط ثابت (بالنیز اثر) بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس $\frac{1}{5000}$ یا $\frac{1}{8000}$
- ج) تهیه برودنیل طولی هر مسیر با مقیاس $\frac{1}{3000}$ برای طول و $\frac{1}{1000}$ برای ارتفاع
- د) تهیه نقشه تیب مقطع عرضی با مقیاس $\frac{1}{500}$
- ه) برآورد تقریبی طول و تعداد ابنیه فنی مورد نیاز در طول مسیر (پلها، آبروها، دیوارهای حائل، تونلها و پهن گیرها)
- و) مطالعات سطحی زمین شناسی، حق آبه‌ای زیر زمین، حوضه آبخیز مسیله‌ها و رودخانه‌ها
- ز) بررسی معادن، منابع مصالح سنگی و امکان تامین آن در منطقه
- ح) بررسی و مطالعه ترافیک منطقه و احتمال رشد آن در آینده
- ط) بررسی امکانات محلی از نظر تامین نیروی انسانی، آذوقه، ماشین آلات و راه دسترسی
- ی) در نظر گرفتن نحوه عبور مسیر از مراکز جمعیتی، کشاورزی و اقتصادی
- ک) برآورد تقریبی مخارج ساختمان هر مسیر

۱۳) انتخاب مسیر محلی: انتخاب مسیر یک مسئله از پیچیدگی است. یعنی برای انتخاب بهترین مسیر باید فزایا و معایب گزینه‌های (وار یا تنوع یا آلترا تپو) مختلف را بررسی نمود. برای این منظور ابتدا باید یک روش تعاییم انتخاب شود. برای مثال می‌توان ویژگی‌های مسیر را با هم بندی نمود و به هر مسیر نمره‌ای داد. معیری که بیشترین بارم را بدست آورد، مسیر بهینه خواهد بود.



الف) دیدگاه اقتصادی: این دیدگاه در برگیرنده توجه اقتصادی پروژه می‌باشد. برای این توجه از روشهای اقتصاد مهندسی استفاده می‌شود. میزان سرمایه اولیه برای ساخت هر واریانت و میزان هزینه سالانه برای بهره‌برداری

و نگهداری مسیر واریانت از جمله شاخصهای مطرح در دیدگاه اقتصادی هستند.

یادآوری: خارج بهره برداری شامل هزینه سوخت، تعمیرات، لاستیک و استهلاک وسایل نقلیه، وقت صرف شده رانندگان و مسافران، تصادفات و تعداد کشته شدگان و زخمیها و صدمه به محیط زیست می باشد.

لذا اگر صرفاً از دیدگاه اقتصادی به مسئله بنگریم، ملاک نزنش به صورت زیر خواهد بود:

$$T_r = \frac{C_r - C_1}{P_1 - P_2} \quad [\text{بر حسب سال}]$$

T_r : مدت زمان بازگشت سرمایه

C_r : سرمایه اولیه برای ساخت مسیر واریانت (۲)

C_1 : " " " " (۱)

P_1 : خارج سالانه نگهداری و بهره برداری مسیر واریانت (۱)

P_2 : " " " " (۲)

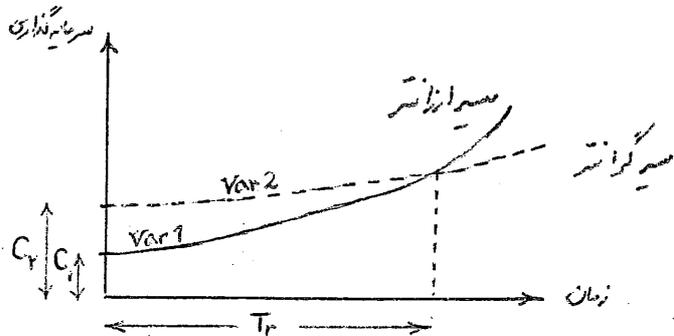
یادآوری می شود که در این روابط واریانت (۲) گرانتر و دارای سرمایه اولیه بیشتر نسبت به واریانت (۱) می باشد.

حال اگر زمان بهره برداری یا مدت عمر راه (T_n) را بدانیم، مس نزنش فرا روک ما قرار دارد:

$T_n < T_r \rightarrow$ واریانت ارزانتر بهتر است

$T_n > T_r \rightarrow$ واریانت گرانتر بهتر است

$T_n = T_r \rightarrow$ هر دو واریانت یکسان می باشند



شکل زیر روند افزایش هزینه های نگهداری در مسیر گرانتر نسبت به مسیر ارزانتر را نشان می دهد.

ب) دیدگاه فن و مهندسی: برای بارگذاری از دیدگاه فن و مهندسی مسیر، شاخصهای زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱- شاخص طول لای هر مسیر: مسیری که طول کمتری دارد، بهتر است و نمره بیشتری می‌گیرد.

۲- شاخص شیبهای طولی هر مسیر: حداکثر شیب مجاز طرح ۷ درصد می‌باشد. شیبهای هر مسیر از روی پروفیل طولی آن بدست می‌آید و با شیب مجاز مقایسه می‌شود. شیبهای کمتر یا بیشتر از شیب مجاز بارم بیشتر یا کمتر را نسبت می‌دهند.

۳- شاخص یک دست بودن مسیر: تعداد قوسهای هر مسیر و شعاع آنها ملاک تشخیص مسیرهای باشد. تعداد قوس بیشتر، نمره کمتر دارد و شعاع کمتر از شعاع مجاز نیز بارم منفی در پی دارد.

۴- شاخص هموار بودن مسیر: نسبت طول اعدادی مستقیم هر مسیر به طول کل آن ملاک تشخیص است و نسبت بزرگتر، نمره بیشتر دارد.

۵- شاخص دشواری عملیات خاکی: در این شاخص بلندی خاکریزها و یا شیبهای ترانشه‌ای که بیشتر از ۱۰ متر باشد، در طول تقریبی آن ضرب شده و واریداتی که عملیات خاکی بیشتری دارد، نمره منفی کمتری می‌نماید.

۶- شاخص طولی از مسیر که سرعت ملایم در آن قابل اجرا می‌باشد؛ طول بیشتر، نمره بیشتر دارد.

نکته: فرمولهای بارگذاری برای هر یک از موارد فوق، اساساً دارای خاصیت ندارند و با توجه به ویژگیهای هر پروژه، مهندس طرح فرمولهای بارگذاری در خود آن مسیر را بدست می‌آورد.

④ برداشت مقدماتی مسیر : پس از انتخاب مسیر کلی ، این مسیر باید به صورت مقدماتی برداشت گردد . در این مرحله بر حسب نوع راه و وضعیت آن ، در نوارهای به عرض ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر اطراف مسیر کلی ، عملیات نقشه برداری انجام می گردد و نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه می شود . در این نقشه ها وضعیت زمین ، محل عوارض ، حدود تاسیسات ، بناها ، باغ ها ، مزارع و نظایر آنها به صورت دقیق مشخص می گردد .
روشهای متداول برای برداشت مقدماتی مسیر عبارتند از :

- الف) نقشه برداری زمینی (تاکومتر)
- ب) نقشه برداری هوایی (فتوگرامتری)
- ج) استفاده از سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای (GPS)

⑤ تعیین محور راه روی نقشه توپوگرافی و تهیه نقشه مقدماتی :

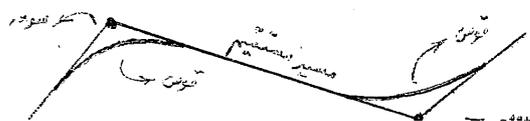
در این مرحله عملیات هوایی نادریم و طی عملیاتی معروف به مسیرگذاری در دفتر ، محور راه بر روی نقشه تعیین می گردد . برای این منظور مهندس مسیرگذار با رعایت ضوابط طرح هندسی ، مسیری مقدماتی را در محدوده برداشت شده (نوار ۱۰۰ تا ۵۰۰ متری) امتحان می کند و مسیر مناسب را بر روی نقشه ترسیم می نماید . پس از مسیرگذاری و تعیین محور راه ، نقشه های مقدماتی شامل پلان پروفیل طولی و پروفیل عرضی تهیه می شوند .

⑥ پیاده کردن مسیر بر روی زمین و تهیه نقشه های قطعی و اجرایی :

در این مرحله مسیر کاملاً بر روی زمین مشخص شده و هرآنچه برای اجرای نهایی راه لازم است ، با جزئیات کامل جمع آوری و برداشت می شود .
ا عملیات انجام شده در این مرحله عبارتند از :

الف) پیاده کردن مسیر از روی نقشه بر روی زمین (به این عمل میخ کوپی یا پیلانژر مسیر می گویند) شامل :

- لا پیاده کردن سرریزها بر روی زمین
- لا پیاده کردن قسمتهای مستقیم
- لا پیاده کردن قوسها



ب) برداشت رقم ارتفاعی محور طولی و مبالغ عرضی

ج) تهیه پروژیک طولی و عرضی

د) محاسبه حجم عملیات خاکس و تعیین عملیات قرضه، عملیات درو و فاصله متوسط جمل (منحنی پروژیک)

ه) تعیین کل، برداشت نقشه برداری و تهیه نقشه های اجرایی اینم فنی

و) انجام مطالعات و آزمایشات مکانیک خاک، زمین شناسی، آب شناسی و بررسی کنی منابع مصالح سنگی

ز) تدوین برنامه زمان بندی اجرایی راه

ح) برآورد ریالی هزینه های طبق فهرست برای راه و اینم

ط) تدوین دفترچه پیمان و شرایط عمومی پیمان طبق آخرین مصوبات سازمان برنامه و بودجه

ی) دفترچه مشخصات فنی عمومی (نشریه ۱۰۱) و مشخصات فنی خصوصی پیمان که در صورت نیاز توسط مشاور تهیه می شود.

ک) مجوز کامل نقشه های اجرایی شامل:

لا نقشه موقعیت کلی راه

کا پلان یا نقشه مسطح راه به مقیاس ۱:۲۰۰۰

کب پروژیک طولی راه به مقیاس ۱:۲۰۰۰ در طول و ۱:۲۰۰ در ارتفاع

کج پروژیک عرضی راه به مقیاس ۱:۲۰۰

کا نقشه اجرایی مربوط به پل های بزرگ و تونلها، نقشه های خط کشی، علائم، تجهیزات ایمنی

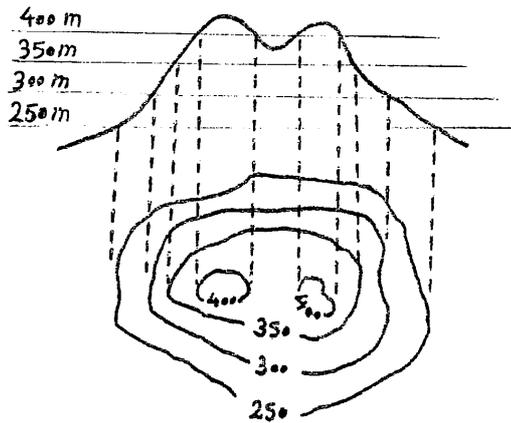
و جانبی از قبیل نرده ها، پارکینگها، ایستگاههای عبور و ...

کد نقشه های اجرایی مربوط به تقاطعهای هم سطح و غیر هم سطح شامل پلان، پروژیک طولی و

نقشه جزئیات به مقیاس ۱:۵۰۰ یا ۱:۱۰۰۰

۲-۴- تعیین محور راه بر روی نقشه های خطوط تراز (مسیر گذاری در دستر)

در راه سازی پستی و بلندی سطح زمین را بوسیله نقشه های خطوط تراز مشخص می نمایند. خطوط تراز عبارت است از فصل مشترک سطح زمین طبیعی با تعدادی صفحه مساوی الفاصله که به موازات افق قرار دارند. فواصل این صفحات افقی در یک نقشه یکسان است و بستگی به مقیاس نقشه، عوارض موجود و نوع منطقه (دشت، تپه ماهور یا کوهستان) دارد.



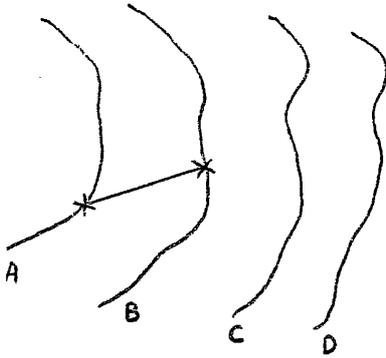
نکته: معمولاً اختلاف ارتفاع دو خط تراز مجاور در نقشه های توپوگرافی برابر است با عدد مقیاس نقشه بر حسب میلی متر. برای مثال در یک نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰، اختلاف ارتفاع خطوط تراز مجاور برابر ۲۰۰۰ میلی متر یا ۲ متر می باشد.

برای تعیین محور راه بر روی نقشه اقدامات زیر انجام می شود:

① تهیه نقشه های خطوط تراز با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و یا بزرگتر: این نقشه که در عرض حدود ۳۰۰ متر بین ابتدا و انتهای مسیر (به این عرض کمزور عبور مسیر گفته می شود) تهیه شده و مهندس مسیر گذار با ملاحظه عوارض طبیعی نشان داده شده در این نوار، نسبت به طراحی پلان مناسبترین مسیر اقدام می نماید.

② تعیین فاصله مبدا یا خط صفر بر حسب شیب طولی مجاز مسیر: یکی از داده های اصلی در طراحی پروژه های راه سازی، حداکثر شیب مجاز نیمیخ طولی پروژه (max) می باشد. برای یافتن مسیر بین دو نقطه از نقشه خطوط تراز به نحوی که شیب خط زمین از حداکثر شیب مجاز پروژه تجاوز ننماید، ابتدا باید طول مبدا یا خط صفر را تعیین نمود. برای این منظور

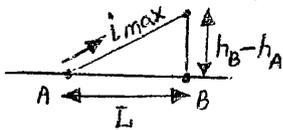
به روشن زیر عمل می شود:



شکل (۱)

- که مقیاس نقشه برابر α
- لا ارتفاع خط تراز A در شکل (۱) برابر h_A
- لا ارتفاع خط تراز B در شکل (۱) برابر h_B
- لا حداکثر شیب طولی مجاز پروژه برابر i_{max}

با معلوم بودن مقادیر فوق الذکر، فاصله L و یا فاصله افقی بین دو نقطه از منحنی های A و B (بر روی زمین) که خط واصل بین آنها با شیب i_{max} نسبت به افق قرار دارد برابر است با:



$$L = \frac{h_B - h_A}{i_{max}}$$

لذا فاصله L' و یا طول تبدیل به مقیاس شده فاصله افقی L (بر روی نقشه) برابر است با:

$$L' = L \times \alpha$$

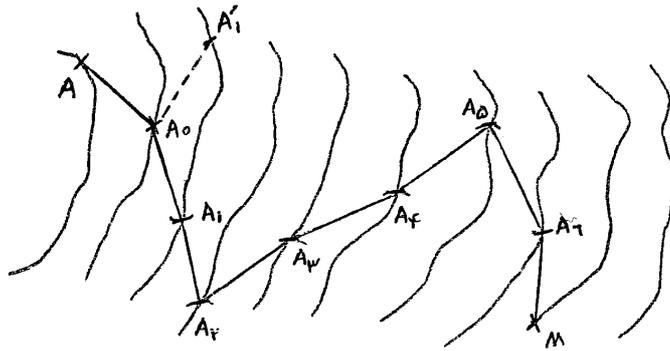
بنابراین اگر در روی نقشه خطوط تراز با مقیاس α دو نقطه واقع بر منحنی های A و B به گونه ای تعیین شوند که فاصله آنها برابر L' باشد، قطعه خط AB بر روی نقشه نمایشگر خطی خواهد بود که شیب آن در روی زمین طبیعی برابر i_{max} می باشد. این خط طول منبأ یا خط صفر نام دارد.

۳) رسم مسیر نسلسته با استفاده از طول منبأ: در روی شکل (۲) از نقطه ابتدای مسیر (A) شروع می کنیم و به مرکز A و شعاع L' قوس رسم می نمایم تا خط تراز بعدی را در A_0 قطع کند. حال به مرکز A_0 و شعاع L' قوس دیگری می زنیم تا خط تراز بعدی را در A_1 قطع کند و عمل را به همین ترتیب ادامه می دهیم تا به نقطه انتهای مسیر (M) برسیم در موقع رسم قوس به شعاع L' سه حالت ممکن است پیش آید:

الف) قوس به شعاع L' خط تراز بعدی را در دو نقطه قطع کند. در این صورت باید نقطه ای را انتخاب نمود که نسبت مجموعی مسیر از A به طرف M مراعات گردد. در شکل پیر از رسم قوس به مرکز A_0 ، دو نقطه تقاطع A_1 و A_1' بر روی منحنی بعدی بدست آمده است که با توجه به جهت مجموعی مسیر، نقطه A_1 انتخاب شده است.

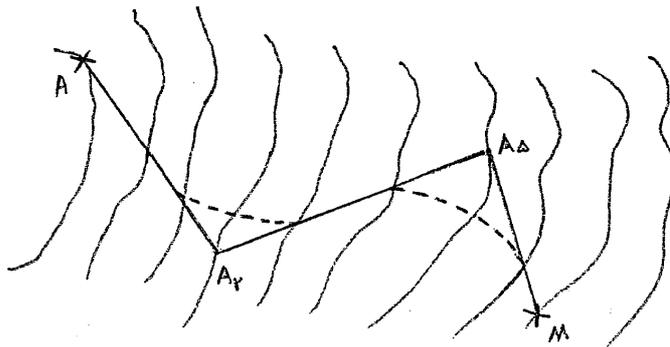
ب) قوس به شعاع k تا بر منحنی تراز بعدی مماس شود. در این حالت امتداد مطلوب برای ادامه مسیر همان نقطه مماس خواهد بود.

ج) قوس به شعاع k منحنی تراز بعدی را قطع کند. در این صورت حد اکثر شیب مجاز پروژه از حد اکثر شیب زمین طبیعی واقع بین دو خط تراز بیشتر بوده و انتخاب امتداد مسیر به دلخواه و با توجه به سمت عمومی مسیر انجام می گیرد.



شکل (۷): نحوه تعیین مسیر بر روی خطوط تراز با استفاده از طول مینا

④ رسم راستای مستقیم یا تاثر آنها: بین از تعیین خطوط منفر واقع بین منحنی های تراز، تعدادی خطوط شکسته درست می آید که هر یک به عنوان پلان مسیر قابل استفاده نباشد. بنابراین با تعیین از امتداد عمومی خطوط منفر در فواصل مختلف و در نظر گرفتن عوارض مختلف مسیر، هر چند خط شکسته با یک راستای مستقیم جایگزین می شود. بنابراین مسیر شکسته $AA_2 A_5 M$ به جای مسیر شکسته $AA_0 A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 A_7 A_8 A_9 A_{10} A_{11} A_{12} A_{13} A_{14} A_{15} A_{16} A_{17} A_{18} A_{19} A_{20} A_{21} A_{22} A_{23} A_{24} A_{25} A_{26} A_{27} A_{28} A_{29} A_{30} A_{31} A_{32} A_{33} A_{34} A_{35} A_{36} A_{37} A_{38} A_{39} A_{40} A_{41} A_{42} A_{43} A_{44} A_{45} A_{46} A_{47} A_{48} A_{49} A_{50} A_{51} A_{52} A_{53} A_{54} A_{55} A_{56} A_{57} A_{58} A_{59} A_{60} A_{61} A_{62} A_{63} A_{64} A_{65} A_{66} A_{67} A_{68} A_{69} A_{70} A_{71} A_{72} A_{73} A_{74} A_{75} A_{76} A_{77} A_{78} A_{79} A_{80} A_{81} A_{82} A_{83} A_{84} A_{85} A_{86} A_{87} A_{88} A_{89} A_{90} A_{91} A_{92} A_{93} A_{94} A_{95} A_{96} A_{97} A_{98} A_{99} A_{100}$ قرار می گیرد که به لحاظ هندسی مسیر مناسبتری می باشد.



شکل (۸): اصلاح خطوط شکسته و اعمال ترازهای لازم

لازم به ذکر است که خط زمین مسیر اصلاح شده در پاره‌ای از نقاط دارای شیب بیشتر از حد اکثر شیب مجاز پروژه بوده که می‌بایست با گذراندن خط پروژه مناسب و انجام عملیات خاک برداری یا خاک ریزی آن را اصلاح نمود. همچنین در رسم راستای مستقیم چند نکته را باید در نظر داشت:

الف) تا حد امکان راستای جانترین نزدیک به مسیر شکسته باشد. (در سایه به حداقل عملیات خاکی)

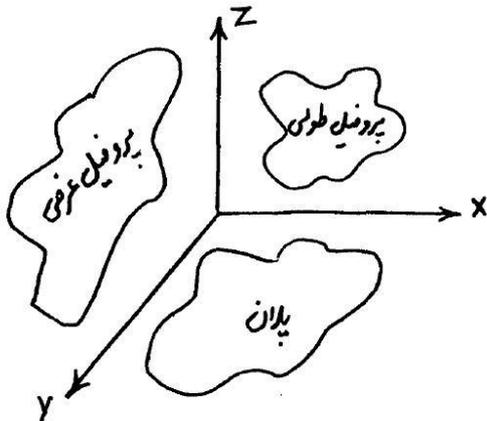
ب) تا حد امکان راستای جانترین قوس پذیر باشد. (در سایه به حداقل شعاع قوس و حداقل طول برای تأمین دور)

⑤ تکمیل پلان مسیر با اعمال قوسهای افقی: پس از تعیین راستای مستقیم و رسم مسیر شکسته اصلاح شده، نسبت به اعمال قوسهای دایره و منحنی های اتصال در پلان مسیر اقدام می‌شود. (پس از کردن قوسهای افقی در فصلهای بعد تشریح می‌گردد)

۳-۱- مقدمه : خزنایات یک راه با سه نقشه اصلی مشخص می گردد :

- لا پلان راه
- لا پروفیل طولی راه
- لا پروفیل عرضی راه

برای اینکه برداشت بهتری از پیوستگی این سه نقشه داشته باشیم ، باید راه را به صورت سه بعدی تعمیم نماییم . چون رسم سه بعدی دشوار است به جای آن از سه نقشه اصلی کمک می گیریم . نقشه پلان مسیر مربوط به دید از بالا (صفا XY) ، نقشه پروفیل طولی مربوط به دید مسیری (صفا XZ) و نقشه پروفیل عرضی مربوط به دید جانبی و برش از بدنه راه (صفا ZY) می باشد .



لازم به یادآوری است که علاوه بر سه نقشه اصلی سایر نقشه های مورد نیاز شامل نقشه های انبساطی (پل ، تونل ، زه کشی ، آبرو ، کانال ، جدول ، زرده های راه و پل ، دیوارهای حائل و ضامن ، روسازی و ...) و دفترچه محاسبات می باشد .

۳-۲- پلان راه :

لا عبارت است از تصویر امتداد مسیر بر روی سطح افق . این تصویر شامل خطوط مستقیم و قوسهای افقی می باشد .

لا قوسهای افقی شامل انواع زیر می باشد :

- ۱- قوسهای دایره ای : ساده ، مرکب ، معلوس ، سرپا نشین
- ۲- قوسهای اتصال : کلوئید ، سهم درم ۳ ، لحنی شکاف ، هالوئید
- ۳- قوسهای ترکیبی : (ترکیب قوس اتصال و قوس دایره ای)

لا پیرامون خزنایات قوسهای افقی در فصلهای بعد صحبت می شود .

پلان راه بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ ترسیم می شود. برای این منظور اقدامات زیر انجام می گردد:

① محاسبه و تعیین مشخصات هندسی لازم (عرض راه، قوسهای افقی، شیب عرض دروس، افاده عرض دروس، فواصل دید دروس و...)

② رسم محور راه بر روی نقشه توپوگرافی با رعایت ضوابط طرح هندسی

③ مشخص کردن و کلیومتر گذاری نقاط مهم واقع بر روی محور راه، شامل:

الف - ابتدا و انتهای مسیر

ب - کلیومتر و حکمتو متر راه

ج - نقاط اصلی قوسهای افقی:

Point of Curvature ← نقطه شروع قوس (PC)

Point of Intersection ← نقطه شروع یا رأس قوس (PI)

Point of Tangency ← نقطه پایان قوس (PT)

د - نقاط تماس در قوسهای متوالی و معلوس

ه - محل تلاقی سایر راهها با مسیر مورد نظر

④ نمایش سایر جزئیات لازم بر روی پلان، شامل:

الف - دو لبه عرض راه (سواره رو + شان + فصل مشترک پای شیب وانی راه در خاکریزها و سرتراشه در خاکبرداریها) که به صورت دو خط ضخیم در طرفین محور راه رسم می گردند.

ب - محل، نوع و تعداد دانه پلها:

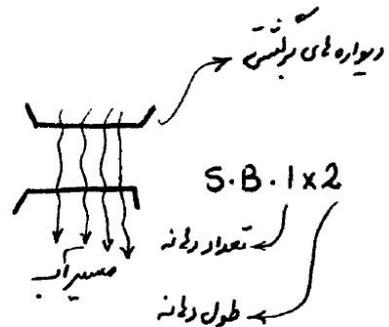
S.B = Slab Bridge = پل دالی هم سطح

S.C = Slab Culvert = پل دالی زیر خاکی

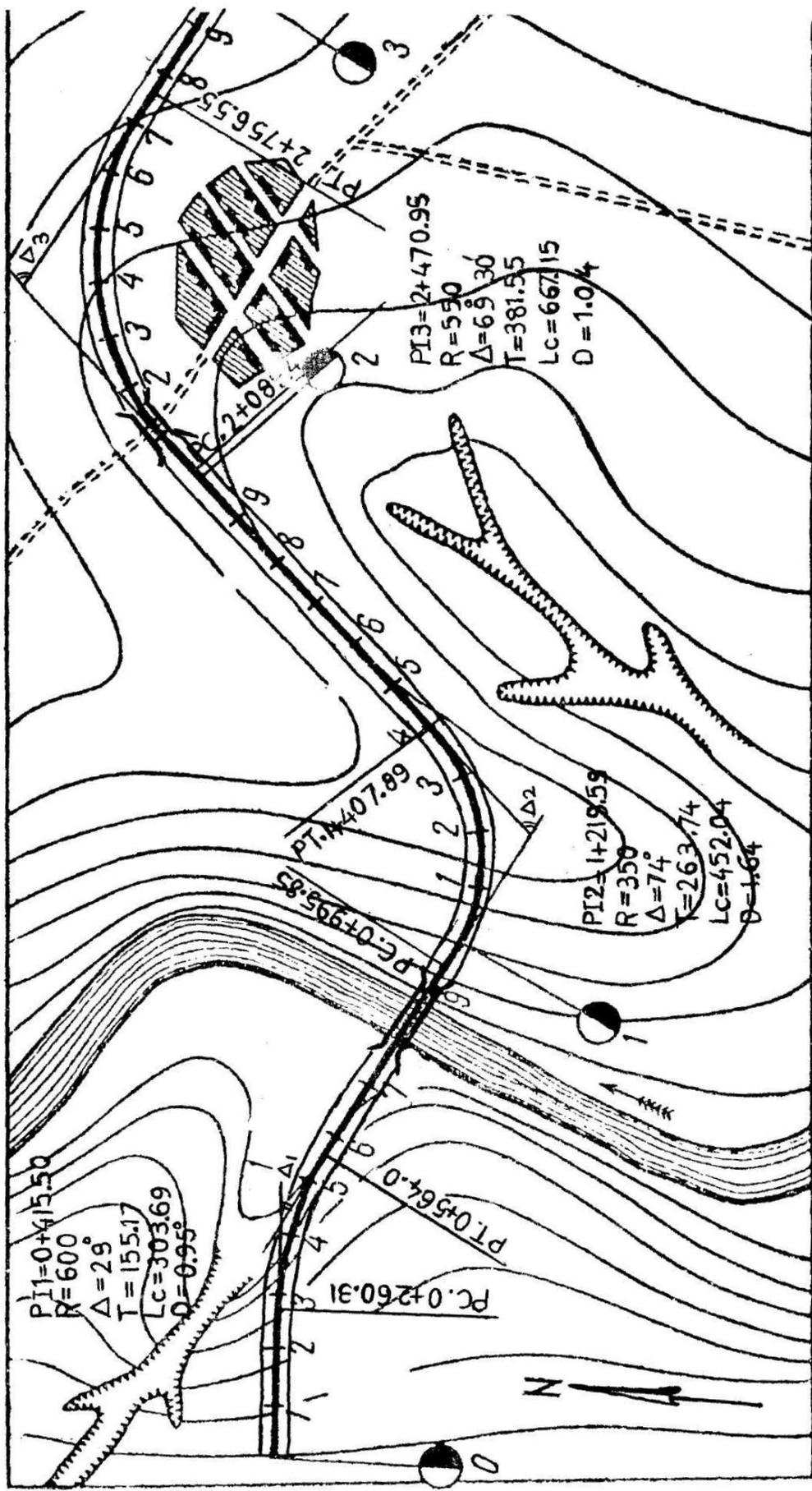
A.B = Arch Bridge = پل طاقی یا قوسی

Box Culvert = پل جعبه ای

Viaduct = پل دره ای یا وادوکت



ج - مشخصات کامل قوسهای افقی (شعاع، طول قوس، زاویه تقاطع، طول داخلی، طول خارجی، طول تاثرافت)



شکل نحوه نشان دادن مسیر راه در پلان

۳-۳- برودن طولی راه :

که عبارت است از نمایش تصویر ابتدا تا انتهای مسیر بر روی صفحه قائم. این برودن از دو خط و یک جدول مشخصات تشکیل شده است.

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

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

ج - جدول مشخصات : این جدول شامل رانهای زیر می باشد :

Comparison level (DATUM)	که سطح سنجش
۱- No of section	که شماره نیرخوی عرض (سنج یا پیکه)
۲- Vertical Alinement	که شیب و قوسهای قائم
۳- Design Level	که ارتفاع سطح تمام شده راه یا خط پروژه
۴- Ground Level	که ارتفاع سطح زمین طبیعی
۵- Distance	که فواصل بین نیرخوی عرض
۶- Hectometer and kilometer	که فواصل ۱۰۰ متری و کیلومتری راه
۷- Horizontal Alinement $\frac{Left}{Right}$	که خطوط مستقیم و قوسهای افقی
۸- Superelevation $\frac{OUT}{In}$	که تراز نسبی لبه های داخلی و خارجی راه جهت اعمال دور

در ترسیم برودن طولی معیاس طول با معیاس ارتفاعات ، به دلیل صرفه جویی در کاغذ و هم چنین کوچک بودن ارتفاعات نسبت به طول ، تفاوت در نظر گرفته می شود. متداولترین معیاس عبارت است از ۱:۲۰۰۰ برای طولها و ۱:۲۰۰ برای ارتفاعات ، به عبارت دیگر معیاس ارتفاعی ۱۵ برابر معیاس طول در نظر گرفته می شود. مراحل رسم برودن طولی به شرح زیر می باشد:

گام اول: ترسیم خط زمین طبیعی:

- ① ابتدا تعدادی ایستگاه بر روی محور راه تعیین و موقعیت آن در پلان مشخص می‌گردد.
 که فاصله ایستگاهها در دست ۵۰ متر انتخاب می‌شود.
 که فاصله ایستگاهها در کوهستان ۲۰ متر انتخاب می‌شود.
 که در قوسها فاصله ایستگاهها $\frac{1}{10}$ تا $\frac{1}{15}$ شعاع قوس انتخاب می‌شود.
 که در ابتدا و انتهای قوسها، علوی تغییر شیب، علوی تلاقی خط زمین با خط پروژه، نهرها، رودخانه‌ها و خط انحراف ایستگاه افغانی در نظر گرفته می‌شود.

- ② ایستگاهها از مبدأ به سمت مقصد شماره گذاری می‌شوند و شماره‌ها از سمت چپ به راست در ردیف (نیرخای عرضی) درج می‌گردد.

- ③ برای هر ایستگاه یک فاصله و یک ارتفاع اندازه گیری می‌شود و بر اساس نتایج حاصله ردیفهای ۴ و ۵ و ۶ جدول کامل می‌شود.
 برای این منظور:

- که در مراحل مدماتی از نقشه های توپوگرافی استفاده می‌شود.
- که در مراحل قطعی از عملیات نقشه برداری کمک گرفته می‌شود.

- ④ با انتخاب یک سطح سنجش مناسب و در نظر گرفتن مقیاس ۱:۲۰۰۰ در طول و ۱:۲۰۰ در ارتفاع، به کمک نتایج مرحله قبل، ایستگاهها را روی دو محور مختصات پیاده و آنرا با هم وصل می‌کنند. خط شکسته حاصل که معمولاً با رنگ سیاه رسم می‌گردد، خط زمین طبیعی می‌باشد.

گام دوم: ترسیم خط پروژه:

- ① مناسب یا اتمردی هندسی مورد نیاز شامل:

حد اقل شیب طولی راه معمولاً ۰/۵ درصد می‌باشد (جدول ۵ - ۲۴ این نام)

که تعیین حد اقل و حداکثر شیب طولی:

حد اکثر شیب طولی راه بر اساس وضعیت توپوگرافی منطقه، نوع راه و جهت طرح

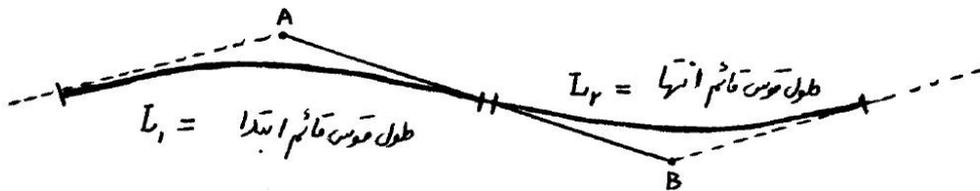
از جدول ۵ - ۲۲ این نام بدست می‌آید.

- تعیین طول بجزئی شیب : طول شیب برنجایش، کیفیت سرویس دهی و سرعت حرکت اثر می گذارد. انتخاب این طول به نحوی است که کاهش سرعت خودروایی سنگین طی آن از حد معینی تجاوز نکند. مقدار کاهش سرعت مجاز در گذشته ۲۵ km/h و در حال حاضر ۱۵ km/h در نظر گرفته می شود و آن را نسبت به سرعت متوسط ترافیک می سنجند. (شکل ۵ - ۱۲ آیین نامه)

- که تعیین طول قوسهای قائم براساس مسافت دید
- که تعیین ارتفاع نقاط اجباری
- که تعیین حداقل ارتفاع پایه پلها

⑦ ترسیم مقاطع خط پروژه بین دو نقطه انتخابی معلوم واقع بر خط زمین طبیعی، با رعایت نکات زیر:

- که عدم تجاوز شیب طول از حد مجاز
- که اجتناب از شیب های طولانی
- که ایجاد تعادل بین عملیات خاکبرداری و خاک ریزی
- که رعایت حداقل ارتفاع پایه پلها در تعیین ارتفاع خاک ریز
- که در زمینهای مسطح حتی الامکان سعی نشود که خط پروژه بالاتر از سطح زمین طبیعی قرار گیرد (حداقل ۵۰ cm)
- که عبور خط پروژه از نقاط ارتفاعی اجباری
- که شیب طولی در پلها بهتر است صفر در نظر گرفته شود.
- که بین از پل شیب طولی گذاشته نشود (بخشی از قوس قائم روی پل واقع خواهد شد که درست نیست)
- که شیب طولی در تونلها بهتر است بین ۱ تا ۳ درصد باشد و قوس قائم در طول تونل به صورت محذب طراحی شود.
- که قوس قائم بر روی قوس افصال (کلوتئید) قرار گیرد (قوس قائم می تواند بر روی قوس دایره قرار گیرد)
- که حداقل طول حرکت از خط پروژه باید از $(L_1 + L_2) \times 0.15$ بیشتر باشد.



$$AB \gg 0.15 (L_1 + L_2)$$

۳) انجام محاسبات مربوط به تعیین ارتفاع خط پرورژه در محل هر یک از ایستگاهها ، شامل :

لا محاسبه شیب طولی تک خط پرورژه AB

$$i = \frac{h_B - h_A}{L} \times 100$$

لا محاسبه ارتفاع خط پرورژه در محل هر ایستگاه با توجه به معلوم بودن ارتفاع نقطه ابتدای شیب

$$h_n = h_A \pm (L_{An} \times i_{AB}) / 100$$
 ارتفاع نقطه معلوم A = ارتفاع خط پرورژه در محل ایستگاه n بین A و B
 نقطه پایین تر از ایستگاه A نقطه بالاتر از ایستگاه A

یا به عبارت ریاضی :

$$h_n = h_A \pm (L_{An} \times i_{AB}) / 100$$

لا ارتفاع خط پرورژه در محل ایستگاهها در ردیف ۳ جدول مشخصات درج می گردد .
 لا طول افقی شیب و در صد شیب در ردیف ۲ جدول مشخصات درج می گردد .

۴) طرح و پیاده کردن قوس قائم بین دو تک خط پرورژه

لا ارتفاع خط پرورژه در محل ایستگاههای واقع بر روی قوسهای قائم در ردیف ۳ جدول اصلاح می گردد .
 لا طول قوسهای قائم و شعاع هر یک در ردیف ۲ جدول مشخصات وارد می شود .

گام سوم : تکمیل جدول مشخصات و شکل نهایی پروژه :

۱) با استفاده از نقشه بلان مسیر و محاسبات قوسهای افقی ، چپ گرد و راست گرد بودن قوسها ، کیلومتر شروع و انتها ، شعاع و طول هر یک در ردیف ۷ جدول مشخصات درج می گردد .

۲) با استفاده از محاسبات مربوط به طول تأمین دور در قوسهای افقی ، تراز نسبتی لبه های داخلی و خارجی راه در ردیف ۸ جدول مشخصات ترسیم می گردد .

۳) پلها به صورت شتابک بین خط پروژه و خط زمین طبیعی نمایش داده می‌شوند.

۴) اطلاعات مربوط به جوسهای قائم در کنار هر قوس بر روی شکل درج می‌گردد.

۵) خط پروژه نباید با رنگ قرمز نمایش داده می‌شود.

چند نکته پیرامون پروژیل طولی مسیر:

۱) در مولدگی ممکن است به از تعیین وضعیت ابر لای مختلف زمین بوسیله حفرمانه لای مطالعاتی، نتایج را بر روی پروژیل طولی مسیر نمایش دهند.

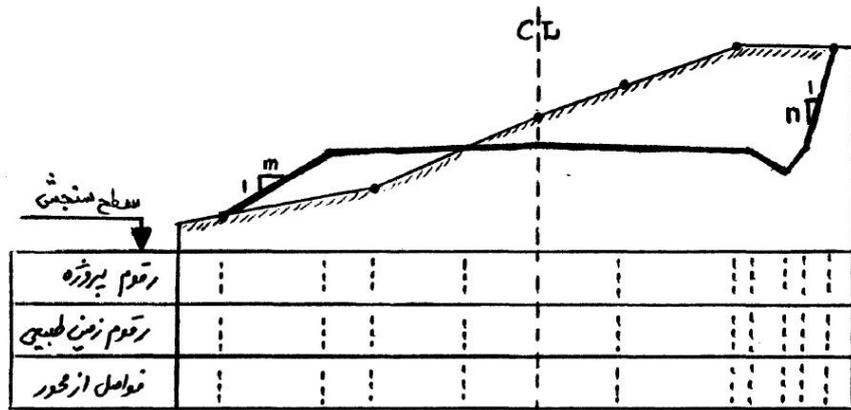
۲) در بعضی موارد در اثر وجود شیبهای طولانی هم چپ، ممکن است ارتفاع پروژیل طولی مسیر از حدود کاغذ نقشه خارج گردد. در چنین مواردی با انتخاب سطح سنجش جدید از راه پروژیل طولی بر مبنای آن ترسیم می‌گردد.

۳) با توجه به تفاوت موجود بین مقیاس طولی و ارتفاعی در پروژیل طولی، اندازه گیری شیبهای خط زمین یا خط پروژه از روی نقشه نادرست می‌باشد و میزان این شیبها باید از تقسیم اختلاف ارتفاع نقاط بر فاصله بین آنها بدست آید.

۳-۴- پروفیل‌های عرضی راه :

۳-۴-۱- تعریف پروفیل عرضی : مقطع یا برش جانبی از بدنه راه را پروفیل عرضی می‌نامند. در این نقشه با وضعیت ارتفاعی خط پروژه و خط زمین طبیعی در امتداد محور محور مسیر نشان داده می‌شوند.

معمولاً به ازای هر ایستگاه در پروفیل طول یک پروفیل عرضی برداشت می‌شود و با معیار ۱:۲۰۰ بر روی کاغذ ترسیم می‌گردد.



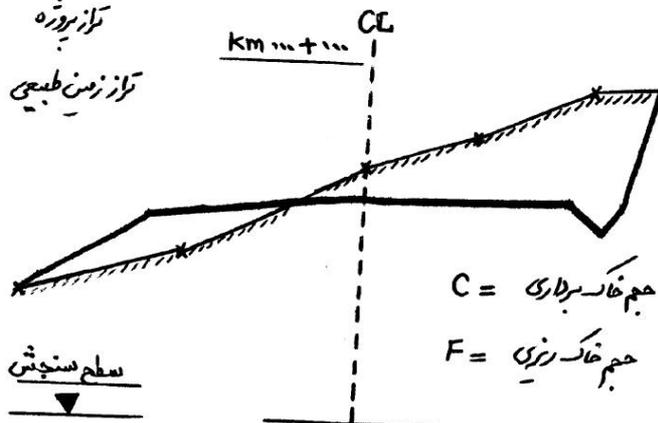
در عمل با توم به ایند پروفیل‌های عرضی با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری و با اتسل معین ترسیم می‌شوند، دیتا نیاز می‌باشد به نوشتن جدول فوق الذکر نموده و پروفیل‌های عرضی به صورت ساده و مطابق با شکل زیر ترسیم می‌گردند.

Scale : 1/200

No of Section : شماره نبیخ

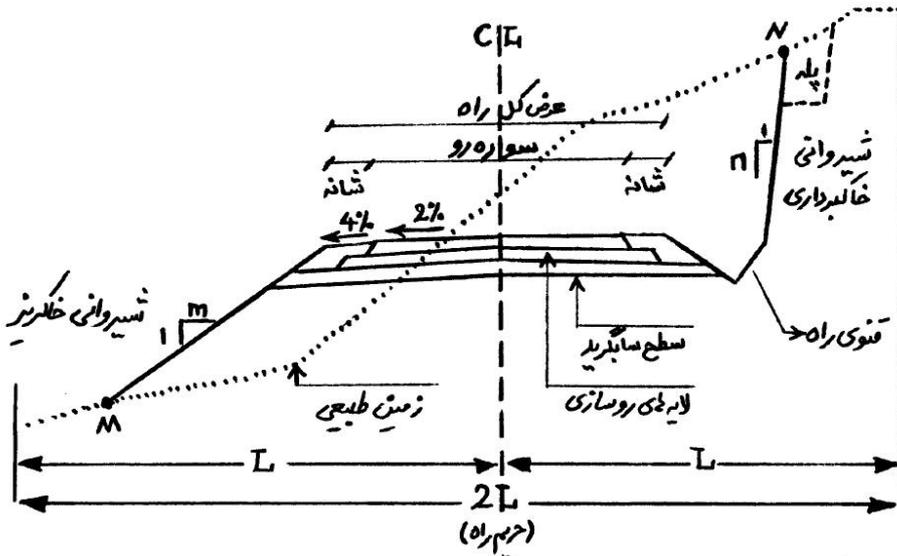
PL : تراز پروژه

NGL : تراز زمین طبیعی



کلیه ابعاد و اندازه‌ها با توم به معیار ۱:۲۰۰ قابل دستاویز می‌باشد و مشخصات نیز به صورت نشان داده شده درج می‌گردد.

۳-۴-۲- تعریف پروفیل عرضی تیب: عبارت است از نقشه‌ای که بر روی آن عرض سواره رو، شانل و میانه، شیب عرض سواره رو، شانل و میانه، حریم راه، شیب شیروانی های خاکبرداری و خاک ریزی، ضخامت لایه های روسازی و موقعیت آبروی میانه و کنار راه مشخص می گردد.



۳-۴-۳- اجزای پروفیل عرضی:

① عرض سواره رو: به آن قسمت از سطح نمای راه که به منظور عبور و مرور وسایل نقلیه به صورت ششی، آسفالتی یا بتنی روسازی شده است، سواره رو اطلاق می گردد. سواره رو بر حسب مورد دارای یک یا چند خط عبور بوده و عرض هر خط عبور بسته به درم بندی راه و موقعیت قرار گرفتن در مسیر (مستقیم یا پیچ) متفاوت است.

مطابق این نام طرح هندسی راهها، برای قسمتهای مستقیم مسیر باید عرضهای زیر را در نظر گرفت:

- الف - عرض هر خط عبور در آزاد راه، بزرگ راه و راه اصلی درم یک برابر ۳۱۶۵ متر می باشد.
- ب - عرض هر خط عبور در راه اصلی درم دو برابر ۳۱۵ متر می باشد.
- ج - عرض هر خط عبور در راه فرعی درم یک برابر ۳۱۲۵ متر می باشد (سواره روی دو خط ۶۱۵ متری)
- د - عرض هر خط عبور در راه فرعی درم دو برابر ۲۱۷۵ متر می باشد (سواره روی دو خط ۵۱۵ متری)
- ه - عرض خط ویژه وسایل نقلیه سنگین در سربالایی برای آزاد راه و بزرگراه ۳۱۶۵ متر می باشد.
- و - " " " " برای راه اصلی ۳۱۲۵ متر می باشد.
- ز - عرض خط گداز و خط ویژه گردش به چپ ۳۱۲۵ تا ۳۱۶۵ متر و در شرایط دشوار ۳ متر می باشد.

نکات مربوط به عرض سواره رو :

- لا طبق توصیف این نام باید سعی گردد مقادیر عرضهای ذکر شده در محل بالای نژاد و تولهها نیز رعایت گردد.
- لا عرض های مذکور پهنای نوار خط کشی را نیز در بر می گیرند، اما اضافه عرض در پهنای لبه عرضهای فوق افزوده می شود.
- لا هرگونه تغییر در عرض سواره رو به صورت تدریجی و با نصب علائم مشخص انجام می گردد.

④ شیب عرضی سواره رو : میزان شیب عرضی در قسمتهای مستقیم راه (و پیچها با شعاع نژاد به احتیاج به برابندی ندارند) بستگی

به موارد زیر دارد :

لا درجه بندی راه	لا تعداد خطهای عبور	لا سرعت طرح
لا نوع روم راه	لا وضع عبوی منطقه	

مطابق این نام طرح هندسی راهها، در قسمتهای مستقیم مسیر شیبهای عرضی به شرح زیر می باشند :

الف - برای روم های آسفالتی، بتنی و روکش جدید روسازی ۱۱۵ تا ۲۱۵ درصد

ب - برای روم های شن ۳ تا ۵ درصد

ج - در تولهها ۱ تا ۱۵ درصد



- | | | |
|--|---|--|
| لا شیب یک طرفه به روسازی هر جهت | لا شیب یک طرفه به روسازی هر جهت | لا شیب یک طرفه به روسازی هر جهت |
| • تخلیه سریع آب و زه کشی بهتر. | • خط دست راست هر جهت زه کشی بهتر دارد. | • خط سرعت و وضعیت زه کشی بهتری دارد. |
| • حداقل شدن اختلاف ارتفاع بین نقاط روسازی | • نهر و کانال آب فقط در وسط قرار می گیرد. | • نهر و کانال باید در هر دو طرف قرار گیرد. |
| • نهر و کانال آب باید در هر ۳ طرف قرار گیرد. | • خط سرعت باید تمام آبهای سطحی را عبور دهد. | • خط دست راست باید تمام آبهای سطحی را |

عبور دهد.

نرمه های مختلف اعمال شیب عرضی سواره رو در راه جدا شده

(مزایا و معایب)

۳) عرض شانه راه : به آن قسمت از سطح نوامی راه که در طرفین سواره رو قرار می‌گیرد و برای توقف یا عبور اضطراری خودروها بکار می‌رود ، شانه اطلاق می‌گردد . در راه‌های با سواره رو آسفالتی یا بتنی ، شانه راه اهم از آنکه روی دار یا بدون روی باشد ، به صورت نواری کاملاً متناهی در کنار سواره رو قرار دارد . اما در روی‌های شن ، ماسه عرض راه (شانه + سواره رو) یکپارچه است و نوار واحدی را تشکیل می‌دهد .

وظایف و مزایای شانه راه عبارتند از :

- لا ایجاد نوعی فرست و راه در رو برای خودروهای که به هر دلیل از سواره رو منحرف شده اند (کاهش شدت مواج)
- لا ایجاد احساس پهن بودن نوار راه ، آسایش و آسودگی ناشی از آزادی حمل راننده
- لا افزایش فاصله دید در پیچ‌های داخل برش و ترانشه ها و در تقسیم افزایش ایمنی
- لا افزایش ظرفیت راه بدلیل عدم انحراف رانندگان به سمت وسط جاده و عدم فاصله خودروها از لبه کنار راه
- لا فراهم آوردن محلی برای ایستادن برف حاصل از برف روی سواره رو در مناطق برف گیر
- لا فراهم آوردن فاصله آزاد جانبی علائم راه از لبه سواره رو
- لا فراهم کردن محل عبور پیاده و دوچرخه

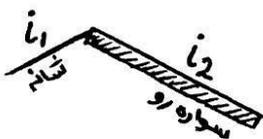
عرض شانه طرفین راه بر حسب درجه بندی راه در جدول ۶-۱-۲ این نامه طرح هندسی راه ارائه شده است .

۴) شیب عرض شانه : شیب شانه‌های راه باید به گونه‌ای باشد که برای سطحی به خوبی از روی آن عبور کنند .

AASHTO شیب عرض مناسب برای شانه‌های راه را بر اساس نوع روسازی به شرح زیر اعلام نموده است :

- الف - برای شانه‌های روسازی شده آسفالتی یا بتنی ۳ تا ۵ درصد
- ب - برای شانه‌های پوشیده با مصالح شن یا سنگ شکسته ۴ تا ۵ درصد
- ج - برای شانه‌های چمن کاری شده برابر ۸ درصد

در مواردی که شیب سواره رو و شیب شانه در جهت مخالف باشند ، تفاوت جبری شیب شانه و سواره رو نباید از ۸ درصد تجاوز نماید . این موضوع در پیچ‌ها که سواره رو دارای شیب عرضی یکسره یا مایلندی است ، پیش می‌آید .



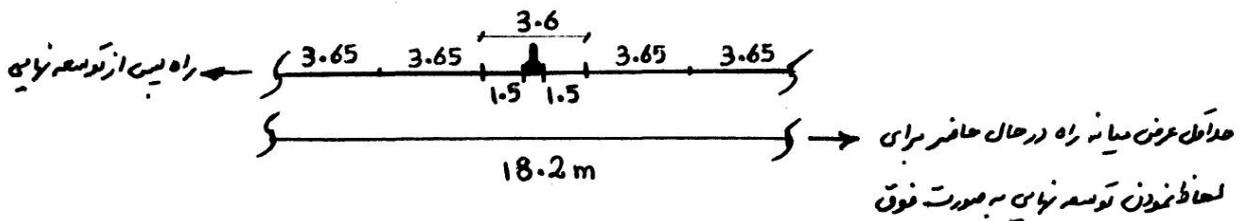
$$|i_1 - i_2| \leq 8\%$$

⑤ عرض میانه راه : حد فاصله لبه‌های داخلی سواره روی جهت رفت و برگشت یک راه جدا شده را میانه گویند.

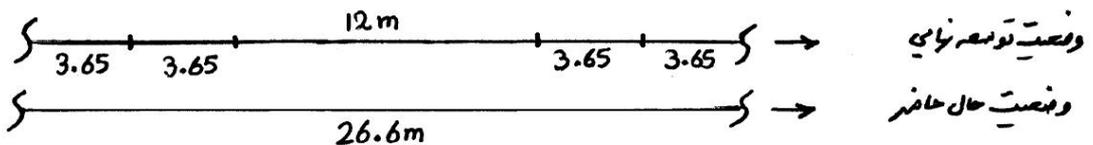
وظایف و مزایای میانه راه عبارتند از :

- لا جلوگیری از تداخل ترافیک دو طرف
- لا فراهم ساختن فضای دررو برای وسایل نقلیه‌ای که کنترل خود را از دست داده‌اند.
- لا فراهم ساختن عملی برای توقفهای اضطراری و مواقع خطر
- لا فراهم ساختن فضا برای خط انتظار گردش به چپ
- لا فراهم ساختن محل توقف برای عابر پیاده که بتواند عرض خیابان را در دو مرحله طی کند.
- لا کمک کردن اثر نامساعد نور ترافیک طرف مقابل
- لا در مناطق شهری میانه چمن کاری شده و دارای درختان یا کوباه به فضای سبز شهری افزاید.
- لا در صورت نصب اضطراری موانعی همچون پایه پلک و پایه انتقال برق یا روشنایی در میانه راه ، باید آثار منفی ناشی از آن به لحاظ ایمنی بررسی و چاره جویی‌های لازم (نصب جان پناه و غیره) به عمل آید .

حداقل عرض میانه باید به اندازه‌ای باشد که با توجه به توسعه‌های مورد نیاز راه در آینده دور ، بتواند وظیفه اصلی یعنی جدا کردن جریان عبور دو طرف را عملی کند . این حداقل برای زمان توسعه نهایی راه باید ۳۱۶ متر باشد . لذا به عنوان مثال برای پیشین توسعه ۲ خط عبور در آینده دور ، حداقل عرض میانه یک راه در حال حاضر ۱۸۱۲ متر در نظر گرفته می‌شود .



از طرفی حدنمای مورد انتظار از میانه ، عملاً در عرض ۱۲ متر حاصل می‌شود ، به عبارت دیگر با میانه ۱۲ متر و بالاتر راه به صورت کاملاً مجزا عمل می‌کند . لذا در مثال قبل برای آینده راه در آینده دور پس از توسعه نهایی هم دو مسیر رفت و برگشت کاملاً مجزا داشته باشد ، حداقل عرض میانه ۲۶۱۶ متر در نظر گرفته می‌شود .



نکات مربوط به میانه راه :

لا سطح میانه راه می تواند پایین تر، بالاتر و یا همگف با سطح راه باشد.
 لا درگذراده ها میانه معمولاً پیوسته است و لکن میانه سایر راهها در محل تقاطعها و محل دورزدن بریدگی دارد.
 لا سایر نکات اجزای مربوط به میانه راه شامل تیب عرض، روسازی، جدول و جان پناه در مجت ۵-۶
 آیین نامه طرح هندسی راه ارائه شده است.

④ حریم راه : آن قسمت از زمین بسته راه است که در مالکیت اداره راه و ترابری قرار می گیرد و انجام عملیات راه سازی و راهداری و ایجاد هرگونه تاسیسات مورد نیاز راه در آن ماحمل بلا مانع است. لکن ساکنان اطراف راه و سایر اماکن دولتی حق احداث هیچگونه بنا و یا تاسیساتی را در داخل حریم راه ندارند.

وظایف اصلی حریم راه را می توان به شرح زیر بیان نمود :

لا فراهم ساختن فضای لازم برای تعریف آن راه
 لا ایجاد کاناها و زه کشی طولی و عرضی راه در حریم آن میسر می باشد.
 لا استفاده جهت عملیات راهداری و تاسیساتی عبور و مرور را نندگمان و ساکنان اطراف راه

بر اساس مصوبات شورای عالی فنی امور زیر بنایی حمل و نقل ، حریم های تعریف شده برای راههای کشور به شرح زیر است :

الف - حریم آزاد راه : عبارت است از زمینی بین حدنهای بدنه راه تا فاصله ۳۸ متر از محور راه در هر طرف ، به گونه ای که مجموع عرض بدنه راه و حریم طرفین آن ۷۶ متر می شود.

(بر اساس مصوبه هیئت وزیران حریم آزاد راه تهران - کرج و چند آزاد راه دیگر ۱۲۰ متر است)

ب - حریم در هم بند : (راههای اصلی)

مطابق تعریف بند با این تفاوت که فاصله از محور در هر طرف ۲۲/۵ متر و در مجموع ۴۵ متر است .

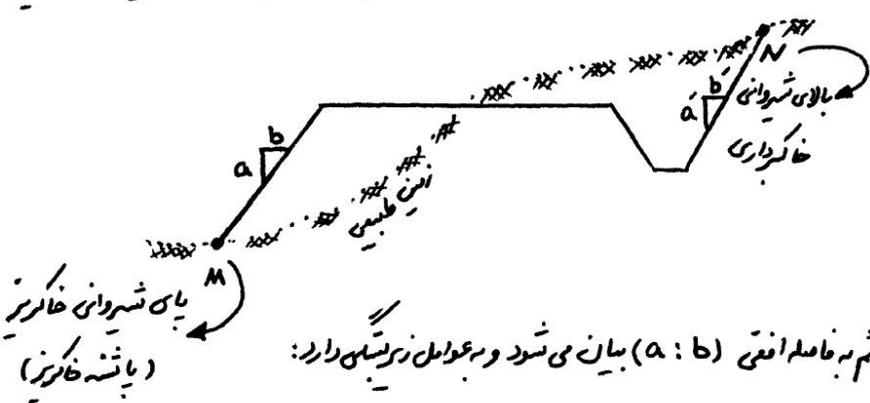
ج - حریم در هم دو : (راههای فرعی)

مطابق تعریف اول با این تفاوت که فاصله از محور در هر طرف ۱۷/۵ متر و در مجموع ۳۵ متر است .

د - حریم در هم سه : (راههای روستایی)

مطابق تعریف اول با این تفاوت که فاصله از محور در هر طرف ۱۱/۵ متر و در مجموع ۲۵ متر است .

⑦ شیب شروانی : بر حسب اندک راه در خاکبرداری و یا خاکریزی واقع شده باشد، لبه خارجی نشانه راه در بر منحنی عرضی با شیب معنی به زمین طبیعی می پیوندد که نسبت به مورد به آن شروانی خاکبرداری و یا شروانی خاکریزی گفته می شود.



شیب شروانی به صورت نسبت فاصله قائم به فاصله افقی (a : b) بیان می شود و به عوامل زیر بستگی دارد:

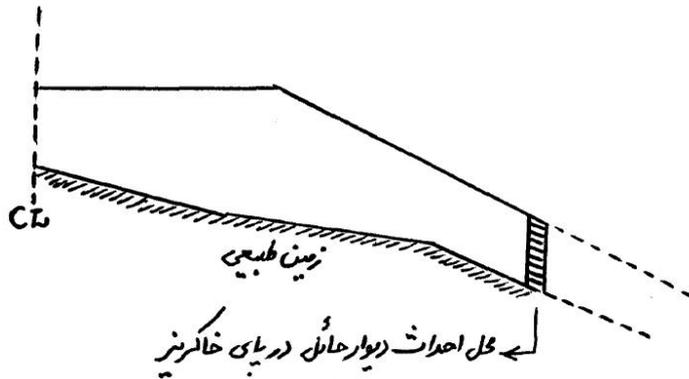
- لا مطالعات ژئوتکنیک و خصوصیات خاک مورد استفاده در خاکریزی یا موجود در محل خاکبرداری
- لا ارتفاع خاکریزی یا خاکبرداری
- لا شیب زمین طبیعی در محل خاکریزی یا خاکبرداری
- لا هزینه عملیات خاکریزی و خاکبرداری
- لا زیبایی و امنیت راه

میزان شیب شروانی بر حسب طبقه بندی راه، ارتفاع خاکریزی یا خاکبرداری در جدول ۶-۲ این نام طرح هندسی راه ارائه شده است.

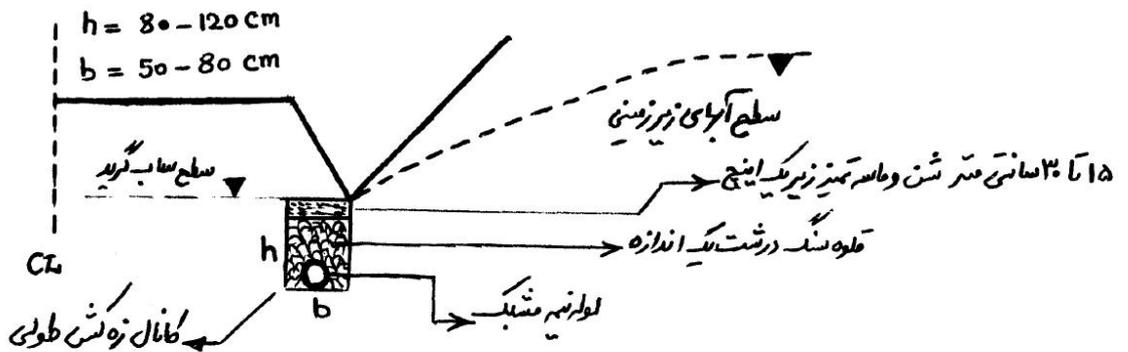
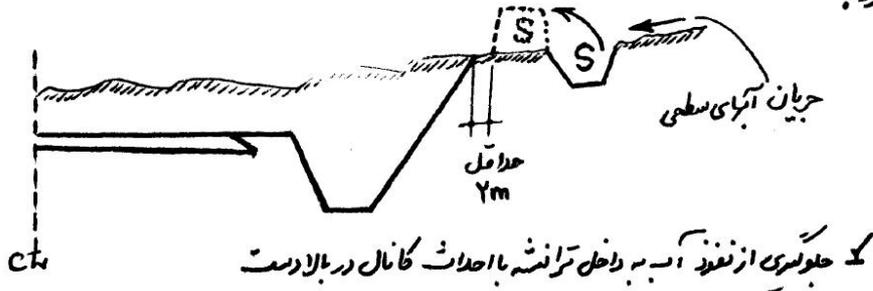
نکات اجرایی مربوط به شیب شروانی در محلهای خاکبرداری و خاکریزی به شرح زیر می باشد:

- لا شیب شروانی خاکریزی در زمینهای معمولی (خاکهای شن و ماسه دار) برابر ۱:۱.۵
- لا " " " " با خاک نرم برابر ۱:۲
- لا " " " " ماسه باری یا خاک رس خالص برابر ۱:۲ یا ۱:۴ یا کمتر
- لا شیب لبه های مصالح زیر اساس برابر ۱:۱.۵ تا ۱:۲
- لا شیب لبه های مصالح اساس شکسته و آسفالت برابر ۱:۱
- لا شیب شروانی خاکریزی سنگی (Rock Fill) به شرط اجرایی خوب و جالبه که مناسب مقاطع سنگی حداکثر ۱:۱ انتخاب گردد.

لا خاکریزی با مقاطع سنگی حاصل از انفجار در تراشه ها



مسئله نفوذ آب در شیروانی‌های خاکریزی بسیار مهم است و در راه سازی باید با بکار بردن روش‌های مناسب از نفوذ آب به جسم راه جلوگیری نمود:

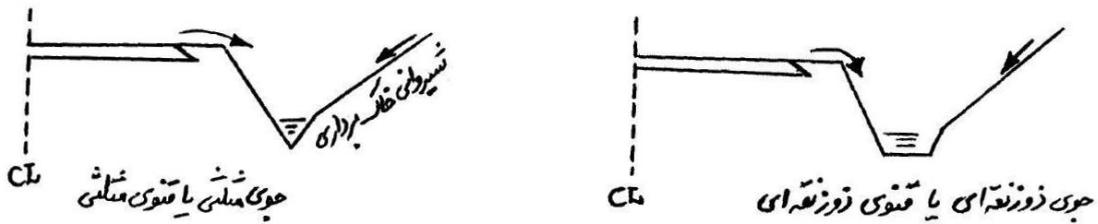


لا بد است که پایین آوردن سطح آبهای زیر زمینی با احداث کانال زهکش در بام ترانسه

که در مناطق پر باران و یا مناطقی که دارای سیلابهای شدید کوتاه مدت می باشد به منظور جلوگیری از نشست شدن شیروانی خاکریزی بلند می بایست نسبت به کاشت گیاهان مناسب بر روی شیروانی مذکور اقدام نمود. کاشت گیاهان باعث تثبیت بیشتر شیروانی شده و از ریزش خاکها جلوگیری می کند.

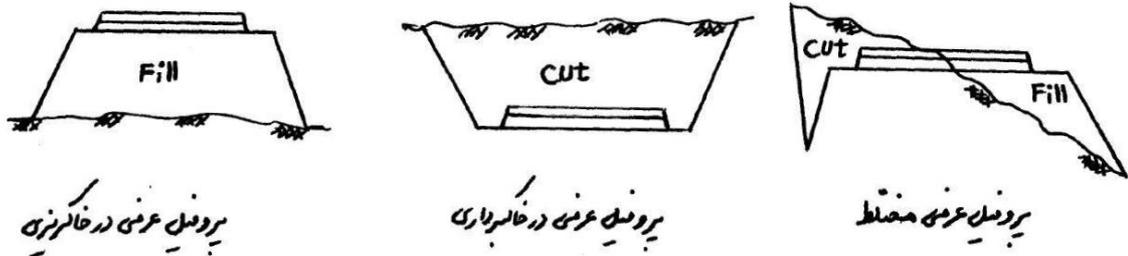
۸) نهر جانبی یا جوی کنار راه : این نهر از حیاتی ترین اجزای راه می باشند. آب بارندگی که در سطح راه جاری می شود و نیز آبایی که از شروانی خاکبرداری به سمت راه جریان می یابد باید به خارج حرم راه هدایت شوند تا جسم راه از گزند نفوذ این آبها در امان بماند.

مقطع نهر باید با توجه به میزان آب جاری در آن مشخص و اوگورد (مطالعات هیدرولوژی)



۹) لایه های مختلف روسازی راه : روسازی راه ساختمانی است که بر روی سطح ساب گرید اجرا می شود و با سطح تماس چرخها ادا می یابد. این ساختار از چند لایه تشکیل شده است که پس از طراحی و تعیین ضخامت هر یک از لایه ها (زیر اساس، اساس، رویه) می توان آنرا بر روی نقشه پروفیل عرضی نشان داد.

۳-۴-۴ - انواع پروفیل های عرضی :



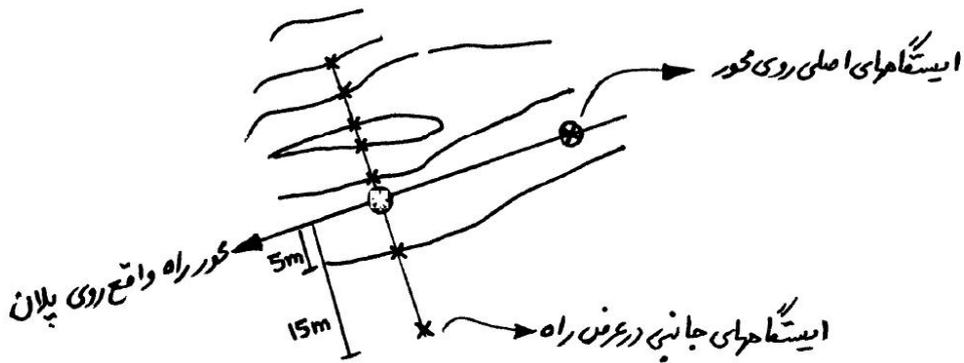
نکته : سطح پروفیل های عرضی در فصل مربوط به محاسبات حجم عملیات خاکی کاربرد دارد.

۳-۴-۵ - نحوه رسم پروفیل عرضی :

۱- تعیین پارامترهای هندسی یا اجرایی پروفیل عرضی

۲- در هر یک از ایستگاههای انتخاب شده بر روی پلان که در تهیه پروفیل طولی به آن اشاره

شد معمولاً دو نقطه جانبی در سمت چپ و دو نقطه جانبی در سمت راست محور راه برداشت ارتعاشی انجام می‌گردد. لازم به ذکر است که تعداد و فواصل این ایستگاههای جانبی تابع عرض نواحی راه می باشند و همچنین باید محلولی تغییر شیب زمین طبیعی در عرض راه را در انتخاب آنها مدنظر قرار داد.



۳- پس از انتخاب سطح سنجش مناسب، نقاط برداشت شده را با معیاس ۱:۲۰۰ بر روی کاغذ شطرنجی پیاده نموده و با اتصال آنها به یکدیگر تراز زمین طبیعی بدست می‌آید.

۴- با مراجعه به پروفیل طولی و استخراج تراز پروژه در محل محور راه، خط پروژه مطابق با پارامترهای هندسی مرحله ۱ ترسیم می‌گردد.

۵- اطلاعات مورد نیاز مطابق شکل صفحه ۶۸ بر روی پروفیل عرضی درج می‌گردد:

لا در سمت چپ به ترتیب معیاس (Scale)، شماره نبرخ (No of section)، تراز پروژه (Project Level)، تراز زمین طبیعی (Natural Ground Level) و تراز سطح سنجش (DATUM) درج می‌گردد.

لا در کنار محور راه کیلومتر محل نبرخ عرضی درج می‌شود.

لا در سمت راست مقادیر مسطح خاکبرداری با علامت C و مسطح خاکریزی با علامت F نوشته می‌شود.

۴-۱- مقدمه: منظور از عملیات خاکی و محاسبات مربوط به آن مجموعه اقداماتی است که با هدف تعیین ابعاد و اشیای زیر انجام می‌گردد:

- الف- دکوپاژ (Decapage): عبارت است از کندن و برداشتن خاکهای نابتی (خاکهای دالای مواد آلی، ریشه و ساقه درختان) و مواد زائد از سطح زمین طبیعی بستر راه یا محوطه.
 که این عملیات معمولاً قبل از اجزای لایه‌های خاکریزی و یا لایه‌های روسازی بر روی سطح زمین طبیعی، در عمقی بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر انجام می‌گردد.
- ب- خاکبرداری (Cut): عبارت است از کندن و برداشتن خاک در عملیات از طول زمین طبیعی که رقوم آنها بیش از رقوم خط پروژه است.
- ج- خاکریزی (Fill): عبارت است از ریختن خاک و تراکم آن در عملیات از طول زمین طبیعی که رقوم آنها کمتر از رقوم خط پروژه است.
- د- عمل ریو (Deposit): عبارت است از عملی که خاکهای اضافی حاصل از عملیات خاکبرداری به آنجا حمل و در آنجا انبار می‌شود.
- ه- عمل قرضه (Borrow): در صورتی که نتوان تمام خاک مورد نیاز در خاکریزی را از محل خاکبرداری پروژه تأمین کرد، خاک مورد نیاز را از عملیات دیگری که توسط مهندس مشاور مناسب تشخیص داده شده، تأمین می‌کنند که قرضه نام دارد.
- و- انقباض خاک (Shrinkage): در مواردی خاک برداشته شده از محل خاکبرداری پس از انتقال به محل خاکریزی و تراکم، دارای حجم کمتری خواهد شد. این کمبود حجم یا انقباض در مصالح درشت دانه (شن و ماسه) بسیار کم و در مصالح ریزدانه (رس و لای) بسیار زیاد می‌باشد و گاهی به ۳۰ درصد می‌رسد.
 که درصد انقباض خاک به نوع آن، درصد رطوبت هنگام تراکم و نوع ماشین‌آلات تراکم‌کننده دارد و در محاسبات حجم عملیات خاکی آن را بین ۱۰ تا ۱۵ درصد در نظر می‌گیرند.
- ز- تورم خاک (Swell): در مواردی که از خاک حاصل از خاکبرداری در زمینهای بسیار متراکم (دچ و سفت) و یا سنگ حاصل از عملیات کوه‌بری در تراشه‌های سنگی، برای پر کردن خاکریز استفاده می‌شود، ملاحظه

می‌گردد که یک متر مکعب خاک یا سنگ حاصل از عملیات خاکبرداری پس از انتقال به خاکریز و تراکم، دارای حجمی بیش 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 می‌شود، تورم نامیده می‌شود.

کلا در صد تورم در عملیات کوه بزرگ بسته به تعداد قطعات سنگی در واحد حجم و نیز بزرگی یا کوچکی آنها به هنگام مصرف در خاکریز، ممکن است به بیش از ۵ درصد بالغ گردد.

کلا لازم به ذکر است که میزان تورم خاک در زمان حمل آنها باید مد نظر قرار گیرد. زیرا انواع خاک پس از کنده شدن از حالت طبیعی و دیپ شدن به حالت آزاد، دارای حجمی بیش از وضعیت طبیعی خود خواهد بود. میزان تورم در چنین حالتی برای انواع خاکها به شرح زیر می‌باشد:

- شن و ماسه خاک دار (توونان) : بسته به میزان خاک بین ۱۵ تا ۲۵ درصد

- خاکهای نباتی : ۱۰ تا ۱۵ درصد

- خاکهای لای دار و رس دار : ۲۵ تا ۳۵ درصد

- لای و رس خالص : بیش از ۳۵ درصد

- کوه بزرگ در سنگ : بیش از ۳۵ درصد

- ماسه تمیز طبیعی : صفر درصد

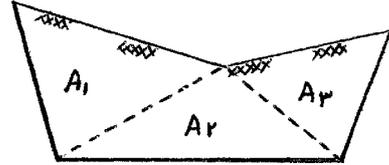
ح - فاصله حمل خاک : انتقال خاک از خاکبرداری به خاکریز، تا مسیح خاک معرّفی از طرفه λ و یا انتقال خاک مازاد به دیواره همه نیاز به حمل دارند. از طرفی برداشت هزینه عملیات خاکریز به همبستگی که بر مبنای متر مکعب خاک انجام می‌گردد، در صورت تجاوز فاصله حمل از فاصله تعیین شده در قرارداد، شامل اضافه هزینه حمل خواهد شد. لذا تعیین فاصله حمل خاک یا راسر پس در محاسبات عملیات خاکی می‌باشد.

کلا برای پیدا کردن حداقل فاصله متوسط حمل خاک روشهای مختلفی وجود دارد که در میان آنها «دوروش لالان» (Lalane) و «بروکنر» (Bruckner) کاربرد بیشتری دارند. اساس هر دو روش تقریباً یکسان است با این تفاوت که روش لالان سریع تر و ساده تر از روش بروکنر بوده و در عوض روش بروکنر دقیق تر از روش لالان می‌باشد. در گذشته که از ابزار و یا کامیونهای با ظرفیت کم برای حمل خاکها استفاده می‌شد، دقت زیادی برای حمل خاک لازم بود و به این جهت روش بروکنر بیشتر کاربرد داشت. اما امروزه با وجود کامیونها و اسکلیرهای بر قدرت روش لالان با تقریب کافی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۲- روشهای محاسبه سطح نیرخهای عرضی:

الف - محاسبه سطح نیرخهای عرضی به روش هندسی: در این روش نیرخ عرضی به قطعات کوچکتر هندسی (دو زنبه - مثلث - مستطیل) تقسیم شده و با محاسبه و جمع سطوح کوچکتر، سطح نیرخ محاسبه می شود.

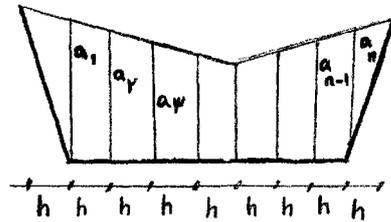
$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$



ب - محاسبه سطح نیرخهای عرضی به روش تقسیم به سطوح کوچکتر با ارتفاع یکسان: در این روش سطح نیرخ عرضی با خطوط موازی به نوارهای مساوی h تقسیم بندی می شود و مساحت نیرخ از رابطه زیر محاسبه می شود.

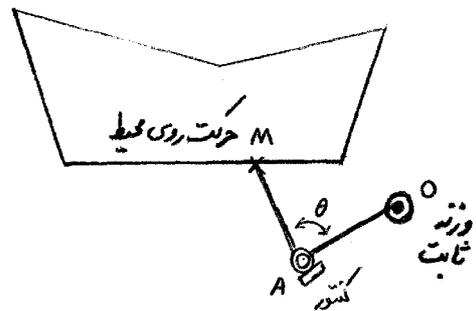
$$A = \frac{a_1 h}{2} + \frac{a_1 + a_2}{2} h + \frac{a_2 + a_3}{2} h + \dots + \frac{a_n h}{2}$$

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



پس با اندازه گیری مجموع طولهای a_1 تا a_n و ضرب این مجموع در ارتفاع مشترک h ، مساحت کل A بدست می آید.

ج - محاسبه سطح نیرخهای عرضی به روش ترسیم و استفاده از پلان متر: در این روش سطح مقطع عرضی را به صورت (منظم یا غیر منظم) که باشد، با مقیاس معین بر روی کاغذ رسم نموده و سپس با گذراندن دستگاه پلان متر بر روی پیرامون شکل، مساحت آن را بدست می آورند. این روش در راهسازی بسیار معمول و مقداول بوده است و به منظور دقت و هماهنگی کردن آن با کارهای مترایی معمولاً مقاطع عرضی را با مقیاس ۱:۲۰۰ یا ۱:۱۰۰ ترسیم می کردند.



$$A = \frac{1}{2} \int r^2 \cdot d\theta$$

فرمول سطح در مختصات قطبی

$$r = f(\theta)$$

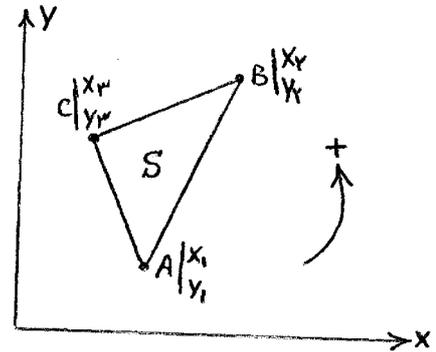
از طریق مطابق شکل دستگاه پلان متر

پس با اندازه گیری میزان گردشهای مفضل A (یعنی θ) و میزان شعاع حامل ($r=0M$) و جیب سطح بی نهایت کوچک ($\frac{1}{r} \cdot d\theta$) مساحت سطح مورد نظر تعیین می شود.

د- محاسبه سطح نهرخزای عرضی به روش کامپیوتری: این روش که بر مبنای درمیانهای متشکل از مقاطع رؤوس نهرخ عرضی می باشد، بهترین روش محاسبه سطح مقاطع عرضی بوده و هنگامی که طول پروژه طولانی و تعداد مقاطع عرضی بسیار زیاد است، حتی برای محاسبه سطح نهرخزای استاندارد (منظم) هم ترجیح داده می شود. اساس روش مقاطع در ادامه توضیح داده می شود.

ه- محاسبه سطح نهرخزای عرضی به روش مقاطع: در صورتی که مقاطع نقاط مختلف در نهرخزای عرضی با انحنای یک سیستم مقاطع تعیین گردد می توان سطح نهرخ عرضی را با توجه به روشهای هندسه تحلیلی و محاسبات زیر به راحتی تعیین نمود.

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



به همین ترتیب می توان مساحت هر شری الاضلاع را به روش فوق به حسب درمیانهای متشکل از مقاطع رؤوس آن بدست آورد.

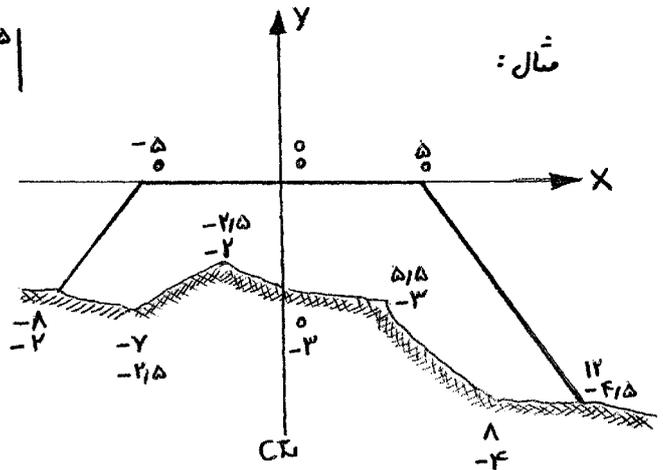
لازم به ذکر است که در این روش با توجه به موقعیت نقاط نسبت به محورهای مقاطع، باید مثبت یا منفی بودن مقاطع آنها در تشکیل درمیانها رعایت گردد. برای راحتی می توان محور y را منطبق بر محور راه و محور x را منطبق بر سطح تراز محاسبه در نظر گرفت.

$$2S = \begin{vmatrix} 0 & -5 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -5 & -8 \\ 0 & -2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -8 & -7 \\ -2 & -2.5 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -7 & -2.5 \\ -2.5 & -2 \end{vmatrix}$$

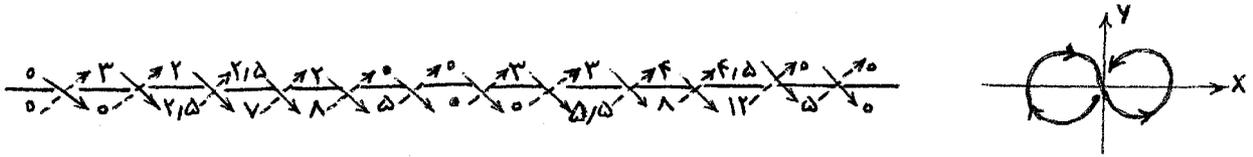
$$+ \begin{vmatrix} -2.5 & 0 \\ -2 & -3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 5.5 \\ -3 & -3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 5.5 & 8 \\ -3 & -4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 8 & 12 \\ -4 & -4.5 \end{vmatrix}$$

$$+ \begin{vmatrix} 12 & 5 \\ -4.5 & 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 5 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} = 84.25$$

$$S = 42.125$$



روش خلاصه: در این روش از علامت اعداد صرف نظر می شود و سیمین منحنیات نقاط به صورت $\frac{y}{x}$ و با رعایت جهت حرکتی مشخص شده در شکل ردیف می شوند. مساحت مقطع با انجام حسابات زیر بدست می آید:



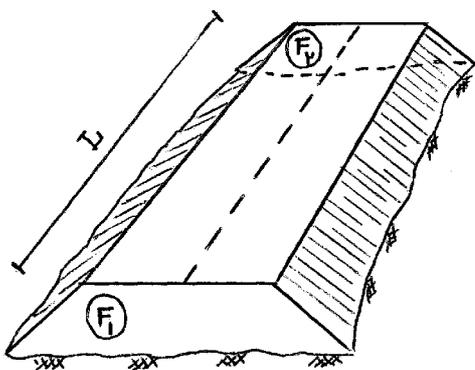
$$2S = \sum \downarrow - \sum \uparrow = (0 + 7,5 + 14 + 20 + 10 + 16,5 + 24 + 48 + 22,5 + 0) - (0 + 0 + 6,25 + 14 + 0 + 0 + 0 + 0 + 22 + 36 + 0 + 0)$$

$$S = 42,125$$

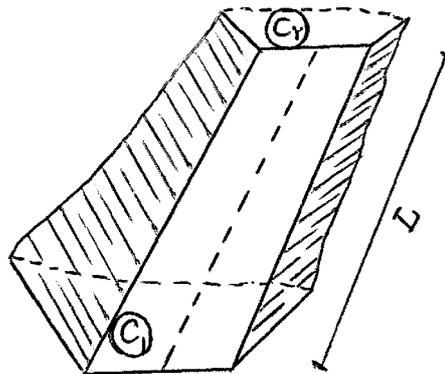
۳-۴- محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو نهریخ عرضی متوالی:

حجم عملیات خاکی راه با توجه به میزان سطوح خاکبرداری و خاکریزی نهریخهای عرضی و فواصل بین آنها محاسبه می گردد. در محاسبه ابعاد عملیات خاکی با توجه به وضعیت نهریخهای عرضی به لحاظ خاکبرداری و خاکریزی، حالتیهای مختلفی به وجود می آید که در ادامه مورد بحث قرار می گیرد.

الف - حالتی که دو نهریخ عرضی متوالی هر دو در خاکبرداری و یا هر دو در خاکریزی قرار دارند.

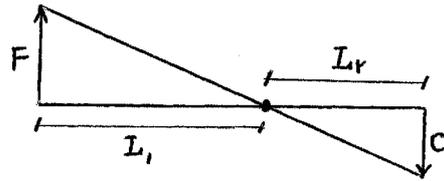
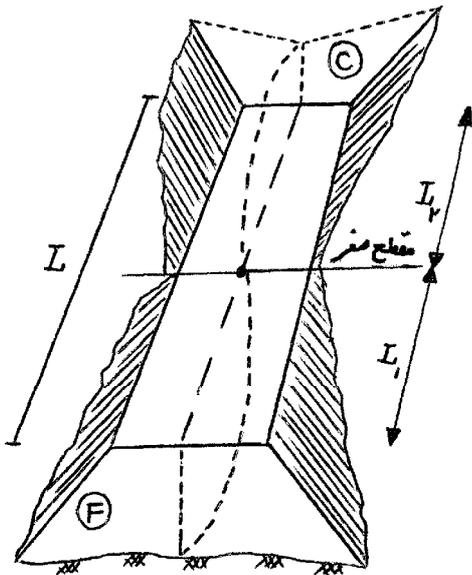


$$V_{Fill} = \frac{F_1 + F_2}{2} \times L$$



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

ب- حالتی که دو نیم‌بخ عرضی متوالی یکی در خاکبرداری و دیگری در خاکریزی قرار دارد.



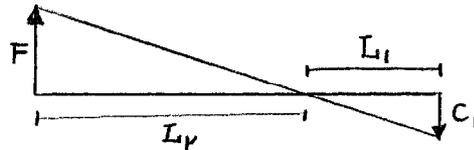
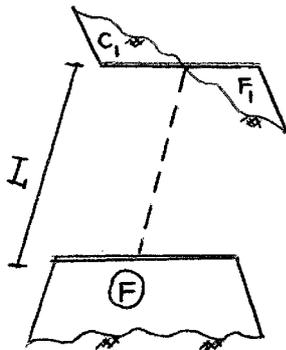
از تساوی: $\frac{F}{C} = \frac{L_l}{L_r} \Rightarrow \frac{F}{F+C} = \frac{L_l}{L_l+L_r}$

در نتیجه: $L_l = \frac{F \cdot L}{F+C}$ و $L_r = \frac{C \cdot L}{F+C}$

$$V_{Fill} = \frac{F+0}{\gamma} \times L_l = \frac{F}{\gamma} \times L_l$$

$$V_{Cut} = \frac{C+0}{\gamma} \times L_r = \frac{C}{\gamma} \times L_r$$

ج- حالتی که از دو نیم‌بخ عرضی متوالی یکی به صورت کامل (خاکبرداری یا خاکریزی) و دیگری به صورت منقطع باشد.



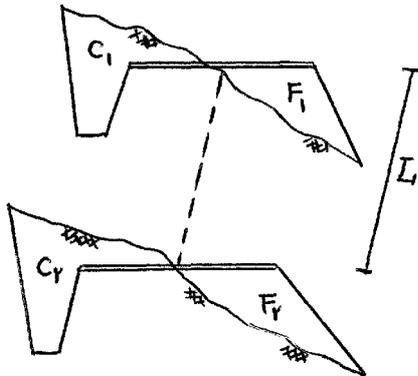
از تساوی: $\frac{C_1}{F} = \frac{L_l}{L_r} \Rightarrow \frac{C_1}{C_1+F} = \frac{L_l}{L}$

در نتیجه: $L_l = \frac{C_1 \cdot L}{C_1+F}$

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

$$V_{Cut} = \frac{C_1+0}{\gamma} \times L_l = \frac{C_1}{\gamma} \times L_l$$

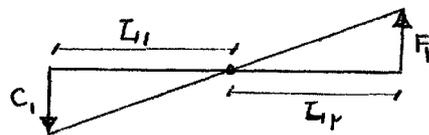
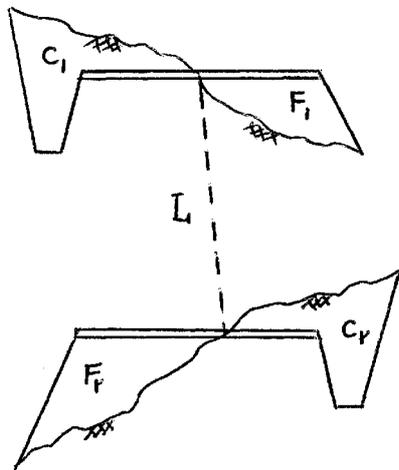
د- حالتی که دو نیمی عرضی متوالی هر دو به صورت مخلوط و متقابل هستند.



$$V_{Fill} = \frac{F_1 + F_2}{\gamma} \times L_1$$

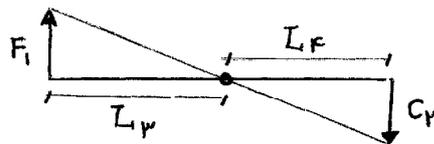
$$V_{Cut} = \frac{C_1 + C_2}{\gamma} \times L_1$$

ه- حالتی که دو نیمی عرضی متوالی هر دو به صورت مخلوط و غیر متقابل هستند.



مطابق حالات قبل:

$$L_1 = \frac{C_1 L}{C_1 + F_2} \quad \text{و} \quad L_2 = \frac{F_1 L}{C_1 + F_2}$$



بر همین روش:

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

در نتیجه خواهیم داشت:

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

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

۴-۴- محاسبه حجم کل عملیات خاکی در پروژه

Azarkish@iust.ac.ir

به منظور محاسبه اجمام خاکریزی و خاکبرداری واقع بین کله مقطع عرضی مسیرو دستیابی به حجم کل عملیات خاکی پروژه، جدولی مطابق فرم کلی صفحه بعد تنظیم می شود. در این جدول با معلوم بودن سطح مقطع عرضی و فاصله بین آنها (ستونهای ۳، ۴ و ۵) می توان اجمام خاکریزی و خاکبرداری بین دو مقطع متوالی را محاسبه نمود (ستونهای ۶ و ۷). علاوه بر این با اعمال ضرایب مناسب می توان اثرات کاهش حجم خاک ناشی از انقباض (مربوط به عملیات خاکریزی) و یا اثرات افزایش حجم خاک ناشی از تورم (مربوط به عملیات خاکبرداری) را در محاسبات لحاظ نمود (ستونهای ۸ و ۹). در مرحله بعد با در نظر گرفتن این موضوع که حجم خاکریز مورد نیاز بین دو نیسرخ متوالی در صورت امکان از حجم خاکبرداری مربوط به همان دو نیسرخ تائین می گردد، می توان اضافه حجم عملیات موجود بین دو مقطع را با در نظر گرفتن علامت جبری (+ برای خاکریزی و - برای خاکبرداری) در ستونهای ۱۰ و ۱۱ وارد نمود. به این ترتیب جمع جداگانه اعداد ستونهای ۱۰ و ۱۱ مشخص خواهد نمود که کل عملیات خاکی پروژه شامل چه میزان خاکبرداری و چه میزان خاکریزی می باشد و با مقایسه این مقادیر نیاز پروژه به محل قرضه یا محل پو معلوم می گردد.

نکته ۱: مقطع عرضی صرفی یا مقطع مجازی وجود خارجی ندارند و فقط برای اعمال وقت بیشتر در محاسبات از آنها استفاده می شود.

نکته ۲: حجم کل عملیات خاکی در یک پروژه بستگی به ارتفاع خط زمین و تراز خط پروژه دارد. لذا در صورت عدم تغییر مسیر راه و به ازای یک خط پروژه معین این حجم به شماره ثابت خواهد بود.

۴-۵- عمل خاک

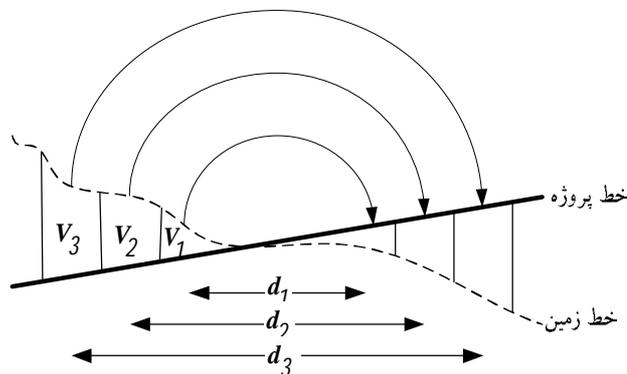
با نطر که قبلاً اشاره شد در پروژه های راه سازی نیرنهای عرضی مختلف اعم از خاکبرداری و یا خاکریزی وجود دارد و به شماره لازم است تا خاک از نقاط مختلفی از پروژه برداشته شده، به نقاط دیگری از آن ریخته شود. این جابجایی که اصطلاحاً عمل خاک نامیده می شود، از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت می باشد. نحوه جابجایی خاک بین نقاط مختلف مسیر باید به گونه ای سازماندهی شود که متوسط فاصله عمل خاک در کل پروژه حداقل گردد.

No of Section	Km	Area of Cross -Section		Distance	Embank	Excavate	Emb+Shr	Exc+Swe	Excess Material		Mass Diagram
		سطح خاکریزی (m ²)	سطح خاکبرداری (m ²)						خاکریزی +	خاکبرداری -	
شماره مقطع عرضی	کیلومتر مقطع عرضی	سطح خاکریزی (m ²)	سطح خاکبرداری (m ²)	فواصل مقاطع عرضی (m)	حجم خاکریزی (m ³)	حجم خاکبرداری (m ³)	حجم خاکریزی + %۱۵ انقباض (m ³)	حجم خاکبرداری + %۵ تورم (m ³)	اضافه حجم در	جمع جبری خاکبرداری و خاکریزی از ابتدای مسیر تا محل مقطع مورد نظر	
۱	۰+۰۰۰	۰/۶	۱							۰	
۲	۰+۰۵۰	۰	۲/۴	۵۰	۳	۸۵	۳/۴۵	۸۹/۲۵		-۸۵/۸	
۳	۰+۱۰۰	۰	۳	۵۰	۰	۱۳۵	۰	۱۴۱/۷۵		-۱۴۱/۷۵	
۴	۰+۱۵۰	۰	۳/۵	۵۰	۰	۱۶۲/۵	۰	۱۷۰/۶۲۵		-۱۷۰/۶۲۵	
مقطع صفر	۰+۱۹۳/۷۵	۰	۰	۴۳/۷۵	۰	۷۶/۵۶۳	۰	۸۰/۳۹		-۸۰/۳۹	
۵	۰+۲۰۰	۰/۵	۰	۶/۲۵	۱/۵۶۳	۰	۱/۸	۰	+۱/۸	-۴۷۸/۵۶۵	
۶	۰+۲۵۰	۲/۶	۰	۵۰	۷۷/۵	۰	۸۹/۱۲۵	۰	+۸۹/۱۲۵	-۴۷۶/۷۶۵	
۷	۰+۳۰۰	۳/۲	۰	۵۰	۱۴۵	۰	۱۶۶/۷۵	۰	+۱۶۶/۷۵	-۳۸۷/۶۴	
۸	۰+۳۵۰	۱/۲	۰/۸	۵۰	۱۱۰	۴	۱۲۶/۵	۴/۲	+۱۲۲/۳	-۲۲۰/۸۹	
۹	۰+۴۰۰	۰/۳	۲	۵۰	۳۷/۵	۷۰	۴۳/۱۲۵	۷۳/۵		-۹۸/۵۹	
۱۰	۰+۴۵۰	۰	۳/۷	۵۰	۰/۵۶	۱۴۲/۵	۰/۶۴۴	۱۴۹/۶۲۵		-۳۰/۳۷۵	
۱۱	۰+۵۰۰	۰	۴	۵۰	۰	۱۹۲/۵	۰	۲۰۲/۱۲۵		-۱۴۸/۹۸۱	
مقطع صفر	۰+۵۴۰	۰	۰	۴۰	۰	۸۰	۰	۸۴		-۲۰۲/۱۲۵	
۱۲	۰+۵۵۰	۱	۰	۱۰	۵	۰	۵/۷۵	۰	+۵/۷۵	-۴۸۰/۰۷۱	
۱۳	۰+۶۰۰	۲/۳	۰	۵۰	۸۲/۵	۰	۹۴/۸۷۵	۰	+۹۴/۸۷۵	-۵۶۴/۰۷۱	
۱۴	۰+۶۵۰	۴/۱	۰	۵۰	۱۶۰	۰	۱۸۴	۰	+۱۸۴	-۵۵۸/۳۲۱	
۱۵	۰+۷۰۰	۲/۵	۰	۵۰	۱۶۵	۰	۱۸۹/۷۵	۰	+۱۸۹/۷۵	-۴۶۳/۴۴۶	
۱۶	۰+۷۵۰	۱/۹	۰	۵۰	۱۱۰	۰	۱۲۶/۵	۰	+۱۲۶/۵	-۲۷۹/۴۴۶	
۱۷	۰+۸۰۰	۱/۵	۰	۵۰	۸۵	۰	۹۷/۷۵	۰	+۹۷/۷۵	-۸۹/۶۹۶	
۱۸	۰+۸۵۰	۱	۰	۵۰	۶۲/۵	۰	۷۱/۸۷۵	۰	+۷۱/۸۷۵	+۳۶/۸۰۴	
اضافه حجم عملیات خاکی به تفکیک خاکبرداری و خاکریزی									۱۱۵۰/۴۷۵	۹۴۴/۰۴۶	+۱۳۴/۵۵۴
										+۲۰۶/۴۲۹	

۴-۵-۱- عزم حل و فاصله حل متوسط

قطعه‌ای از پرویل طولی مسیر را به صورت شکل زیر در نظر بگیرید. ملاحظه می‌شود که برای جابجایی خاک از خاکبرداری به خاکریزی، لازم است تا حجم V_1 به فاصله d_1 ، حجم V_2 به فاصله d_2 و بطور کلی حجم V_i به فاصله d_i جابجا شود. حاصل ضرب حجم خاک در فاصله جابجایی آن را از دیدگاه فیزیکی می‌توان به صورت یک کار مکانیکی در نظر گرفت که اصطلاحاً عزم حل یا لنگر حل نامیده می‌شود. لذا در صورتی که مجموع عزم حل های جزء را که به آن عزم حل کل گفته می‌شود، بر مجموع جابجاشده تقسیم کنیم، فاصله حل متوسط خاک از رابط زیر بدست می‌آید:

$$\bar{d} = \frac{\sum V_i \cdot d_i}{\sum V_i}$$



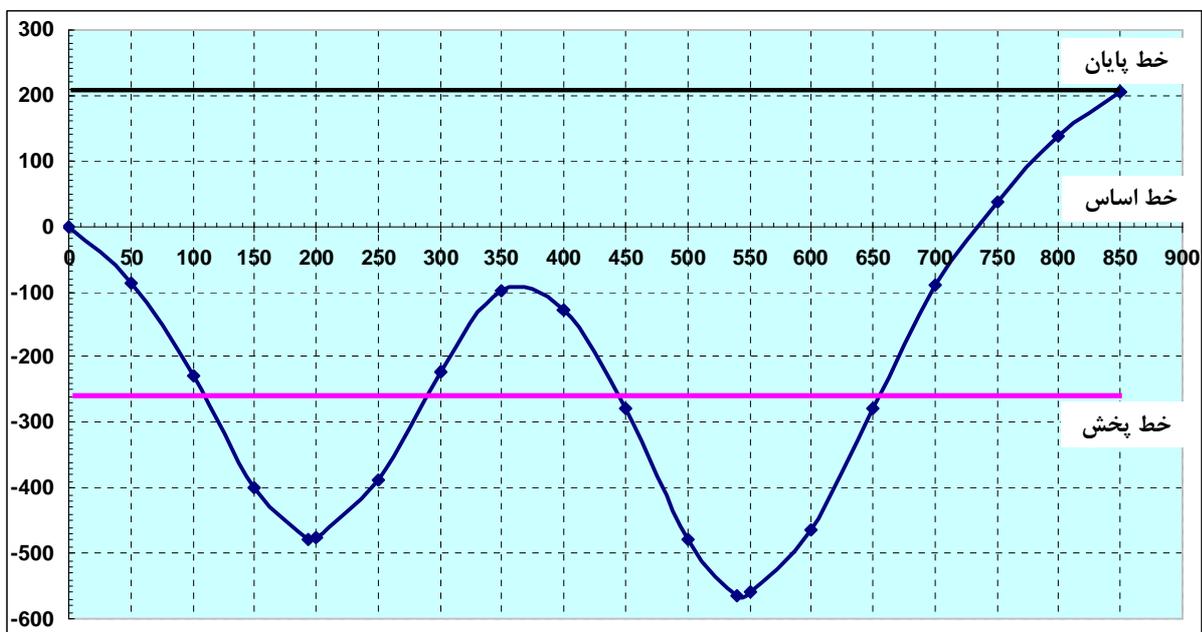
نمایش نحوه جابجایی خاک از خاکبرداری به خاکریزی در قطعه‌ای از پروژه

هرچه فاصله حل متوسط خاک کمتر باشد، هزینه عملیات خاکی پروژه نیز کمتر می‌شود. بر اساس رابط فوق تنها یک راه حل برای حداقل نمودن فاصله حل متوسط وجود دارد و آن

کاهش صورت کسری یا عزم حل کل می‌باشد. لازم به یادآوری است که منحنی کسری یا حجم عملیات خاکی در یک پروژه مقداری ثابت است و تنها با تغییر مسیر راه یا تغییر خط

پروژه می‌توان این حجم را تغییر داد.

برای دستیابی به اقتصادی ترین نحوه جابجایی خاک و تعیین حداقل فاصله حل متوسط خاک در یک پروژه راهسازی از روش منحنی بروکنر استفاده می شود. برای رسم منحنی بروکنر می توان کیلومتر متقاطع عرضی (اعداد ستون ۲ جدول محاسبات عملیات خاکی) را روی محور افقی و جمع جبری ارائه شده در ستون ۱۲ این جدول را بر روی محور عمودی پیاده نمود. مقیاس محور افقی منحنی بروکنر مشابه پروفیل طولی مسیر برابر ۱:۲۰۰۰ انتخاب می شود و مقیاس محور عمودی آن متناسب با تغییرات اعداد ستون ۱۲ جدول محاسبات ممکن است متغیر باشد. در شکل زیر منحنی بروکنر مربوط به اعداد مندرج در جدول محاسبات نمونه رسم شده است.



نکات مهم: با توجه به ثابت بودن حجم عملیات خاکی در یک پروژه، شکل بندی منحنی بروکنر نیز قابل تغییر نیست. در این منحنی:

الف) به محور افقی، خط پایه یا خط اساس گفته می شود.

ب) جهت مثبت محور عمودی بیانگر عملیات خاکریزی و جهت منفی آن بیانگر عملیات خاکبرداری است. لذا طول شانه های صعودی منحنی بروکنر، محدوده عملیات

خاکریزی و طول شانه های نزولی آن محدوده عملیات خاکبرداری را مشخص می کند. همچنین مجموع ارتفاع شانه های صعودی منحنی بروکنر، حجم کل عملیات خاکریزی و مجموع

ارتفاع شانه های نزولی آن، حجم کل عملیات خاکبرداری را نشان می دهد.

ج) نقاط ماکزیمیم یا مینیمم منحنی بروکنر، تقاطعی هستند که عملیات خاکبرداری به خاکریزی (یا بالعکس) تبدیل می شود. این نقاط معمولاً در محل برخورد خط پروژه با خط زمین (مقطع عرضی) صفریاد مواردی مقطع عرضی مختلط واقع می شوند.

د) خطی که از انتهای منحنی بروکنر به موازات خط اساس رسم گردد، خط پایان گفته می شود. موقعیت این خط بر حسب مورد می تواند در بالا، پایین و یا منطبق بر خط اساس باشد.

ه) اگر خط پایان در بالای خط اساس قرار گیرد، اضافه حجم عملیات خاکی پروژه از نوع خاکریزی است و پروژه نیازمند قرضه می باشد.

و) اگر خط پایان در پایین خط اساس قرار گیرد، اضافه حجم عملیات خاکی پروژه از نوع خاکبرداری است و پروژه نیازمند پدومی باشد.

ز) اگر خط پایان منطبق بر خط اساس قرار گیرد، حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی کل پروژه با هم در تعادل می باشد.

ح) تقاطعی که منحنی بروکنر خط اساس را قطع می کند، نقاط تعادل نامیده می شود؛ زیرا جمع جبری احجام خاکبرداری و خاکریزی در این نقاط برابر صفر می باشد. به عبارت دیگر در هر سطح مسدود بین منحنی بروکنر و خط اساس، مقدار خاکبرداری با خاکریزی مساوی است.

ط) هر خطی که به موازات خط اساس رسم شود و منحنی بروکنر را حداقل در یک نقطه قطع کند، خط توزیع یا خط پنش نامیده می شود. با این تعریف خط اساس و خط پایان هم می تواند به عنوان یک خط پنش محسوب شود.

ی) هر خط پنش مفروض، منحنی بروکنر را به مجموعه ای از سطوح هندسی که در بالا و پایین این خط واقع شده اند، تقسیم می کند. همان طور که ملاحظه می شود هر یک از سطوح بسته واقع بین منحنی بروکنر و خط پنش مفروض، دارای یک شانه صعودی و یک شانه نزولی هم ارتفاع هستند. به این ترتیب می توان طول پروژه را به صورت قطعاتی در نظر گرفت که به لحاظ حجم خاکبرداری و خاکریزی در تعادل قرار دارند و باید خاک را از سمت شانه نزولی (خاکبرداری) هر قطعه به سمت شانه صعودی (خاکریزی) آن بل داد. با رعایت این اصل هر خط پنش مفروض شیوه ای را برای جابجایی خاک پیشنهاد می کند و جهت جابجایی خاک در سطوح فوقانی خط پنش از راست به چپ و در سطوح تحتانی آن از چپ به راست خواهد بود.

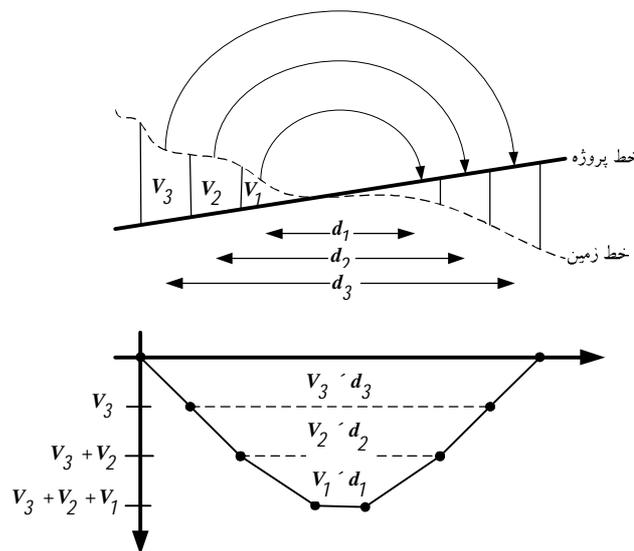
ک) مسلم است که با تغییر خط پنش، مرزهای جابجایی خاک و فاصله محل متوسط خاک دستخوش تغییر می شود. از اینرو می توان انتظار داشت که به ازای یک خط پنش بینه، متوسط فاصله محل خاک حداقل گردد. در ادامه خواهیم دید که اگر مجموع قاعده سطوح فوقانی خط پنش با مجموع قاعده سطوح تحتانی آن برابر شود، خط پنش مفروض، بینه خواهد بود و در صورت جابجایی خاک مطابق با الگوی ارائه شده توسط خط پنش بینه، متوسط فاصله محل خاک حداقل می گردد.

۴-۵-۳- روشهای ترسیم خطپخش بینه

مطابق شکل، منحنی بروکنروخطه ای از پروژه را که به لحاظ اتمام خاکبرداری و خاکریزی در تعادل می باشد، در زیر پروفیل طولی آن رسم می کنیم. همانطور که ملاحظه می شود:

الف) سطح واقع بین منحنی بروکنروخطپخش مفروض (که در اینجا منطبق برخط اساس می باشد) برابر با عزم حل خاک در قطعه مورد نظر می باشد.

ب) ارتفاع سطح واقع بین منحنی بروکنروخطپخش مفروض برابر با حجم عملیات خاکی در قطعه مورد نظر می باشد.



استفاده از این نخات در فرمول ارائه شده برای متوسط فاصله حل خاک، این نتیجه را به همراه خواهد داشت که برای حداقل شدن متوسط فاصله حل متوسط خاک باید عزم حل کل یا

مجموع مساحت سطح واقع بین منحنی بروکنروخطپخش مفروض حداقل شود. زیرا حجم کل عملیات خاکی پروژه مقداری ثابت است و لذا مجموع ارتفاع سطح واقع بین

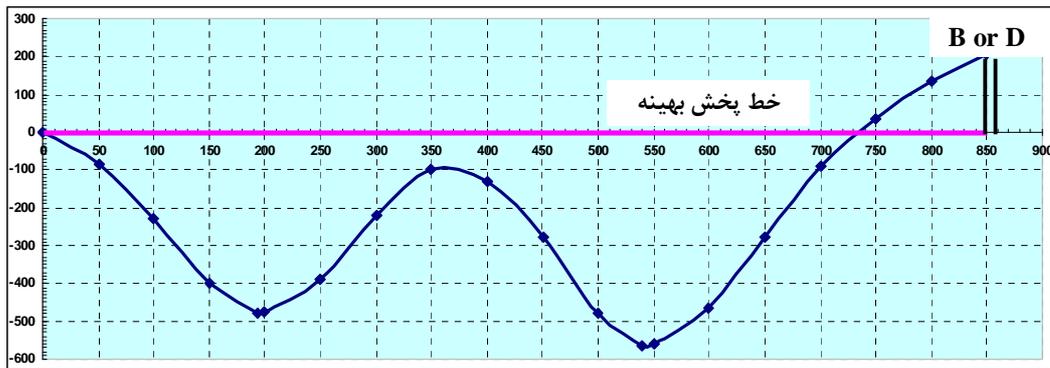
منحنی بروکنروخطپخش مختلف، همواره ثابت می ماند. در چنین شرایطی طبق یک قضیه هندسی، حداقل مجموع مساحتها در صورتی حاصل می شود که مجموع قاعده سطح فوقانی

خطپخش با مجموع قاعده سطح تحتانی آن برابر باشد. با رعایت این اصل می توان خطپخش بینه را ترسیم نمود، اما باید توجه داشت که این روش برای زمانی مناسب است که

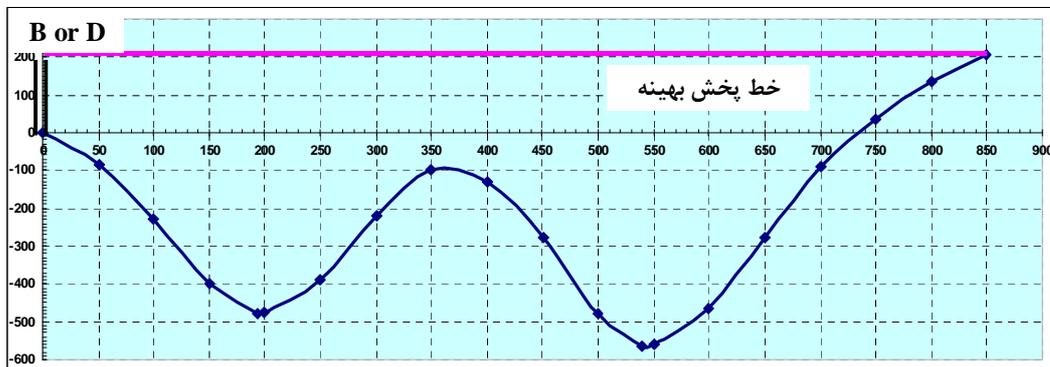
در طول پروژه محدودیتی برای محلهای قرضه و پوندانسته باشیم. زیرا در غیر این صورت موقعیت خطپخش بینه به محل قرضه یا دیوهای موجود در طول پروژه نیز بستگی دارد و بر

حسب مورد ممکن است با یکی از حالت های ذیل مواجه شویم:

الف) محل قرضه یادبود در انتهای پروژه واقع شده است؛ این شرایط به معنی آن است که در حد فاصل ابتدای تا انتهای پروژه، تنها یک محل برای تامین کمبود خاک (B) یا ذخیره مازاد آن (D) وجود دارد و آن هم در انتهای مسیر واقع شده است. لذا خط پنشی بهینه خواهد بود که به ازای آن قرضه یادپوی ابتدای مسیر برابر صفر گردد. مطابق شکل این خط پنش منطبق بر خط اساس خواهد بود.



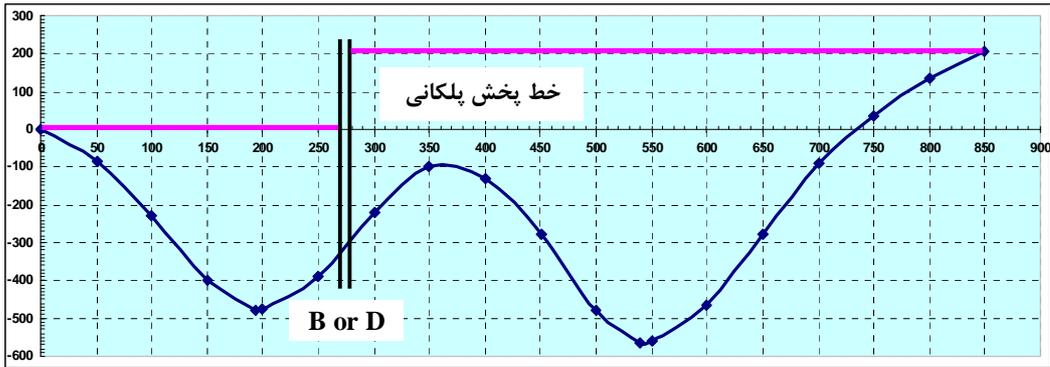
ب) محل قرضه یادبود در ابتدای پروژه واقع شده است؛ این شرایط به معنی آن است که در حد فاصل ابتدای تا انتهای پروژه، تنها یک محل برای تامین کمبود خاک (B) یا ذخیره مازاد آن (D) وجود دارد و آن هم در ابتدای مسیر واقع شده است. لذا خط پنشی بهینه خواهد بود که به ازای آن قرضه یادپوی انتهای مسیر برابر صفر گردد. مطابق شکل این خط پنش منطبق بر خط پایان خواهد بود.



ج) محل قرضه یادبود در حد فاصل ابتدا و انتهای پروژه واقع شده است؛ این شرایط به معنی آن است که تنبلیک محل برای تاین کمبود خاک (B) یا ذخیره مازاد آن

(D) در حد فاصل ابتدا تا انتهای پروژه وجود دارد. لذا برای قطعه اول، خط پنش بهینه منطبق بر خط اساس و برای قطعه دوم، خط پنش بهینه منطبق بر خط پایمان خواهد بود. به چنین

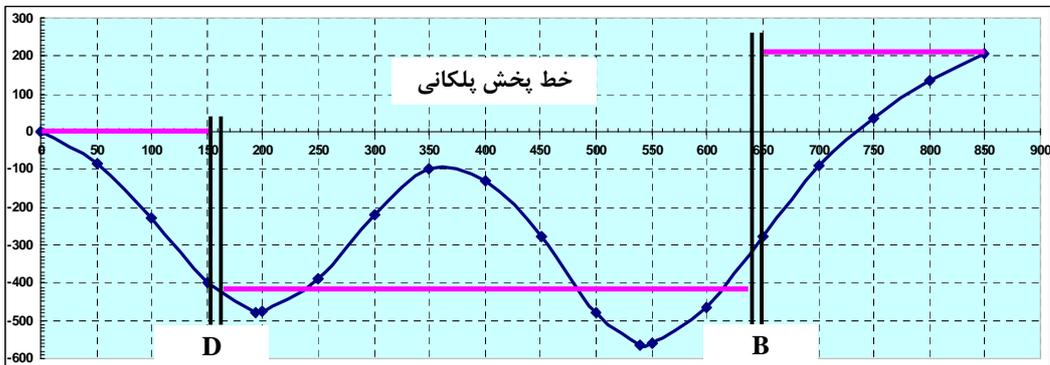
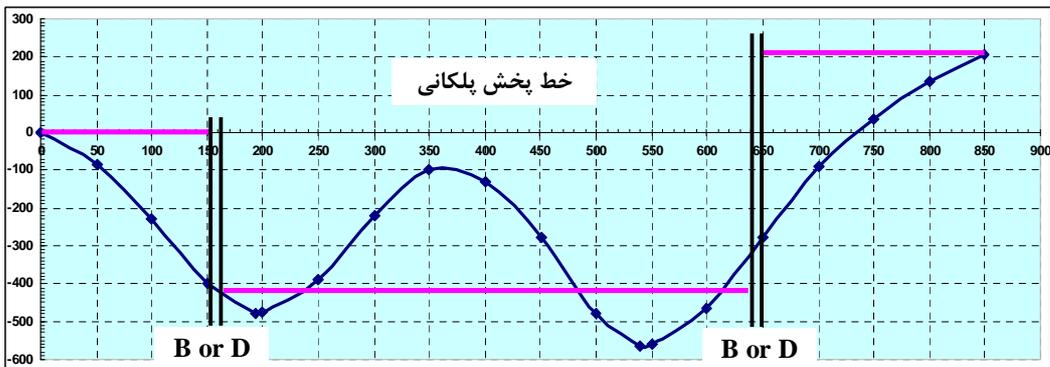
خط پنشی اصطلاحاً خط پنش پلکانی گفته می شود.

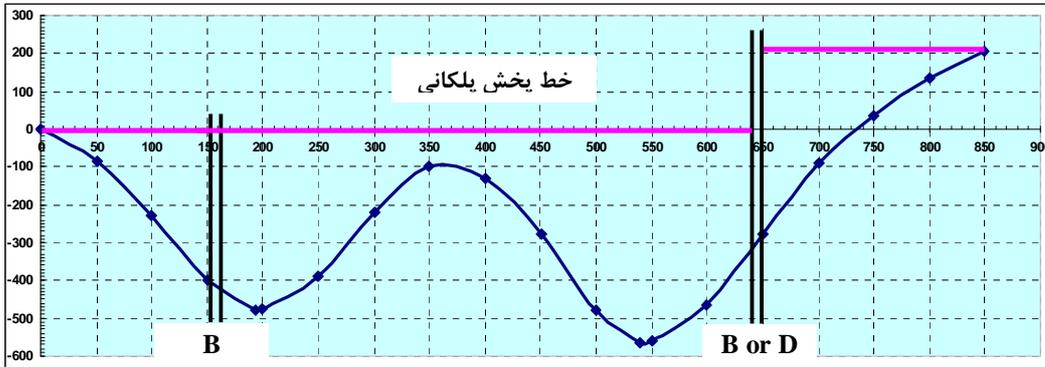


د) در حد فاصل ابتدا و انتهای پروژه چند محل قرضه یادبود واقع شده است؛ این شرایط به معنی آن است که در حد فاصل ابتدا تا انتهای پروژه بیش از یک محل برای تاین

کمبود خاک (B) یا ذخیره مازاد آن (D) وجود دارد. در چنین شرایطی خط پنش بهینه قطعه اول منطبق بر خط اساس، خط پنش بهینه قطعه آخر منطبق بر خط پایمان و خط پنش بهینه

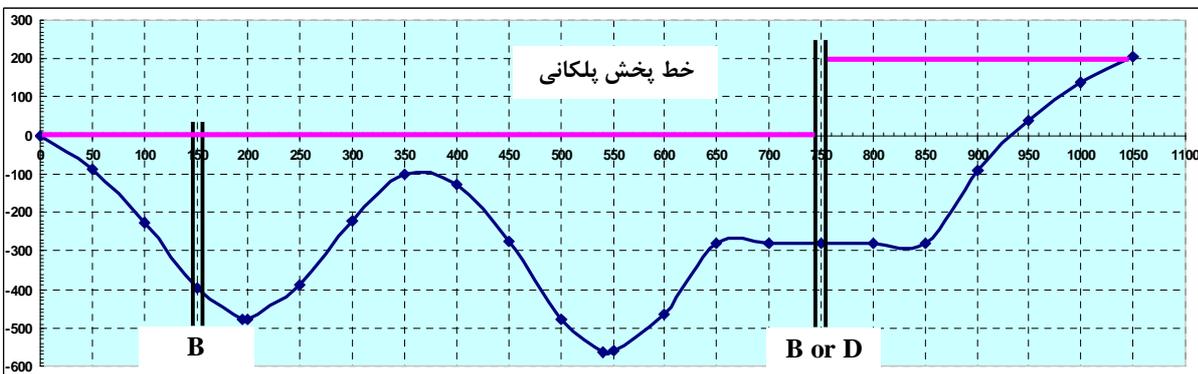
قطعات میانی از روش برابری مجموع قاعده سطوح فوقانی و تحتانی بدست خواهد آمد. به چنین خط پنشی نیز خط پنش پلکانی گفته می شود.





۴-۶- اصلاح منحنی بروکنر بر اساس فاصله جانبی محلهای قرضه و دو

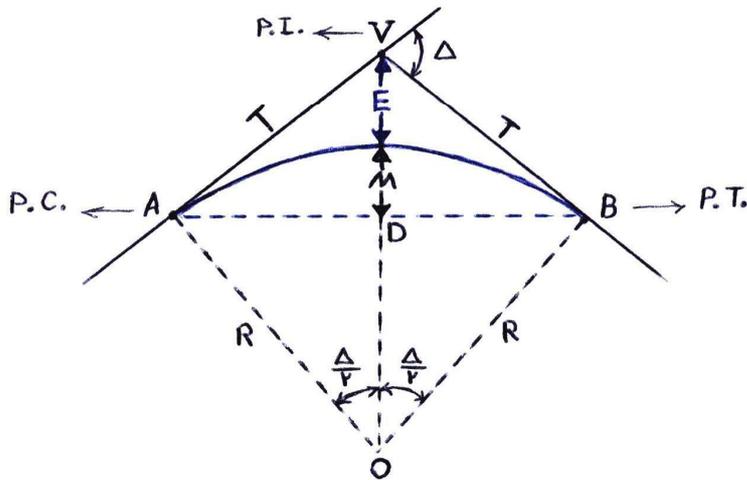
موقعیت واقعی محلهای قرضه و دو معمولاً در فاصله مشخصی از طرفین محور راه قرار دارد و دسترس به آنها از طریق احداث یک راه ارتباطی انجام می شود. این مساله فاصله اضافی رفتن به دو یا آمدن از قرضه را به فاصله محل خاک اضافه می کند. از این رو با اصلاح منحنی بروکنری توان این فاصله اضافی را نیز در تعیین متوسط فاصله محل خاک لحاظ نمود. برای اصلاح منحنی بروکنری توان فاصله راه دسترس به محل قرضه و یا دو را به صورت مجازی به کیلومتر اضافه نمود و در طول این فواصل منحنی بروکنر را به موازات خط اساس امتداد داد. ترسیم خط پخش بیند بروی منحنی بروکنر اصلاح شده نیز به روشهای قبل قابل انجام می باشد. برای مثال اگر در منحنی بروکنر فوق محل قرضه و دو پوی مورد استفاده در فاصله ۱۰۰ متری از کیلومتر ۶۵۰+۰۰ واقع باشد، منحنی به صورت زیر اصلاح می شود.



۵-۱- مقدمه: بر اساس مطالب ارائه شده در فصل مطالعات مسیر، ملاحظه می‌شود که وارپاینت انتخاب شده مسیر شامل یک سری خطوط مستقیم (مانترانت) می‌باشد که در تقاطع دارای تسلسلی شده‌اند. تا سینه راحتی رفت و آمد و ساینه تعلیه مهندس طراح را بر آن می‌دارد تا یک مسیر منحنی را جایگزین قسمتی از طرفین نقطه تقاطع مانترانتها یا محل تسلسلی (سومه) نماید. این مسیر منحنی که برای اتصال راستاهای متقاطع مسیر مورد استفاده قرار می‌گیرد، قوس افقی نامیده می‌شود.

قوسهای افقی دارای انواع مختلفی هستند. از مهمترین و کاربردی ترین انواع این قوسها می‌توان به قوسهای دایره‌ای ساده، دایره‌ای مرکب، دایره‌ای معکوس، سرباقتین، شبدری و منحنی بی‌انصال (کلوئید) اشاره نمود.

۵-۲- قوس دایره‌ای ساده: قوسی است که توسط یک نیمان دایره‌ای شکل دو قسمت مستقیم یک جاده را به یکدیگر متصل می‌کند.



با در نظر گرفتن شکل فوق، تعاریف و اصطلاحات قوس دایره‌ای ساده به صورت ذیل بیان می‌شوند:

① راس قوس یا سومه: (PI = Point of Intersection, S = Somer, V = Vertex)

محل تقاطع دو قسمت مستقیم مسیر یا محل تلاقی امتداد مسرها را راس قوس می‌نامند.

② زاویه تقاطع: ($\Delta = \text{Intersection Angle}$)

زاویه خارجی تشکیل شده از تقاطع دو قسمت مستقیم را زاویه تقاطع یا زاویه قوس می‌نامند. این

زاویه مساوی زاویه مرکزی روبروی قوس AB می‌باشد.

③ نقطه شروع قوس و نقطه پایان قوس : (P.C. = Point of Curvature & P.T. = Point of Tangency)
از چپ به راست نقطه A یا P.C نقطه شروع قوس و نقطه B یا P.T نقطه پایان قوس نامیده می شود.

④ طول مهاس یا طول تانژانت : (T = Tangent Distance)

فاصله راس قوس تا شروع و یا پایان قوس ($VA = VB$) را طول مهاس یا طول تانژانت می نامند و این مقدار با ملاحظه مثلث قائم الزاویه OAV در شکل قبل به صورت زیر کاسه می گردد:

$$T_1 = T_2 = R \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}$$

⑤ طول قوس : (L = Curve Distance)

فاصله نقطه A تا نقطه B روی مسیر منحنی را طول قوس می نامند و مقدار آن را به صورت زیر کاسه می نمایند:

$$L = R \cdot \Delta \quad (\text{که در آن } \Delta \text{ بر حسب درجه بیان است}) \quad \text{یا} \quad L = \frac{\pi}{180} R \cdot \Delta \quad (\text{که در آن } \Delta \text{ بر حسب درجه است})$$

⑥ طول وتر بزرگ : ($L_c = \text{Long Chord}$)

خط اتصال AB که ابتدا و انتهای قوس را به هم متصل می کند، طول وتر بزرگ نامیده می شود و این مقدار با در نظر گرفتن مثلث قائم الزاویه ODA در شکل قبل به صورت زیر کاسه می گردد:

$$\sin \frac{\Delta}{2} = \frac{AD}{OA} = \frac{\frac{L_c}{2}}{R} \Rightarrow L_c = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

⑦ فاصله بیرونی یا خارجی : (B.D. = Bisectories Distance , E = External Distance)

فاصله راس قوس تا وسط قوس را فاصله بیرونی یا بیسکتوریس می نامند و این مقدار با در نظر گرفتن مثلث OAV به صورت زیر کاسه می گردد:

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{OA}{OV} = \frac{R}{R+E} \Rightarrow E = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

$$E = R \left(\frac{1 - \cos \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) = R \left(\frac{2 \sin^2 \frac{\Delta}{4}}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) \left(\frac{\cos \frac{\Delta}{4}}{\cos \frac{\Delta}{4}} \right) = R \left(\frac{\sin \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) \left(\frac{\sin \frac{\Delta}{4}}{\cos \frac{\Delta}{4}} \right) \quad \text{و یا :}$$

$$= R \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\Delta}{4} = T \operatorname{tg} \frac{\Delta}{4}$$

⑧ فاصله میانی یا متوسط : (M = Middle Ordinate)

فاصله میان وتر بزرگ و وسط قوس را فاصله میانی یا متوسط می نامند و مقدار آن با ملاحظه مثلث قائم الزاویه

ODA به صورت زیر محاسبه می شود :

$$\cos \frac{\Delta}{\gamma} = \frac{OD}{OA} = \frac{R-M}{R} \Rightarrow M = R (1 - \cos \frac{\Delta}{\gamma}) = R \text{ Vers } \frac{\Delta}{\gamma}$$

⑨ درجه قوس : (D = Degree of Curve)

زاویه مرکزی روبروی قوس یا وتر ۱۰ متری را درجه قوس می نامند.

نکته : برای مشخص نمودن زاویه مرکزی می توان طول قوس یا وتر را برابر ۱۰ ، ۲۰ ، ۳۰ یا ۱۰۰ واحد انتخاب نمود. گامی است این جزوه بر مبنای طول قوس یا وتر معادل ۱۰ متر انجام می گردد. لیکن در برخی از منابع این طول برابر ۳۰ یا ۱۰۰ متر و در برخی دیگر ۳۰ یا ۱۰۰ فوت در نظر گرفته شده است. واحد این طول با توجه به واحد مورد استفاده برای R تعیین می شود.

D بر حسب رادیان ، R بر حسب متر

$$R \times D = 10 \text{ m} \Rightarrow D = \frac{10}{R}$$

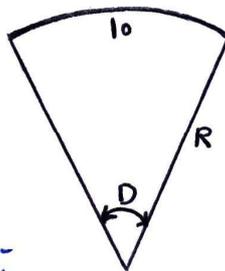
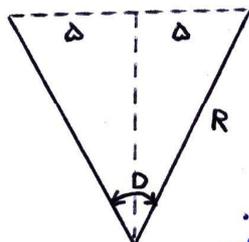
D بر حسب درجه ، R بر حسب متر

$$\Rightarrow D = \frac{572.96}{R}$$

روابط بالا درجه قوس را بر حسب قوس روبرو تعیین می کنند و ملاحظه می گردد که شعاع قوس با درجه قوس نسبت عکس دارد. اما اگر درجه قوس بر حسب وتر روبرو تعریف شود، خواهیم داشت :

$$\sin \frac{D}{\gamma} = \frac{\Delta}{R} \Rightarrow R = \frac{\Delta}{\sin \frac{D}{\gamma}}$$

$$\Rightarrow D = \gamma \arcsin \frac{\Delta}{R}$$



تعریف درجه قوس در دو حالت مختلف

نکته: درم قوس میزان انحنای تیزی قوس را مشخص می‌کند و هر چه D کمتر باشد، شعاع قوس بزرگتر بوده و قوس ملایم‌تر می‌باشد.

۵-۳- تعیین اجزای نا معلوم قوس با توجه به قسمتهای معلوم

الف) تعیین طول قوس (L_c) با فرض معلوم بودن درم قوس (D) و طول وتر بزرگ (L_c)

۱) اگر درم قوس بر حسب طول قوس روبرو تعریف شده باشد خواهیم داشت: $D = \frac{10}{R} \rightarrow R = \frac{10}{D}$ (I)

$$L = R \cdot \Delta \xrightarrow{\text{(I)}} L = \frac{10}{D} \cdot \Delta \rightarrow \Delta = \frac{L \cdot D}{10} \quad \text{(II)}$$

$$L_c = YR \sin \frac{\Delta}{Y} \xrightarrow{\text{(II)}} L_c = YR \sin \left(\frac{LD}{Y_0} \right) \rightarrow \frac{L_c}{YR} = \sin \left(\frac{LD}{Y_0} \right)$$

$$\rightarrow \frac{LD}{Y_0} = \text{Arc sin} \left(\frac{L_c}{YR} \right) \rightarrow L = \frac{Y_0}{D} \text{Arc sin} \left(\frac{L_c}{YR} \right)$$

$$\xrightarrow{\text{(I)}} L = \frac{Y_0}{D} \text{Arc sin} \left(\frac{L_c \times D}{Y_0} \right) \quad D \text{ بر حسب درم و } L_c \text{ بر حسب متر}$$

$$\underline{L} \quad L = \frac{Y_0}{D} \text{Arcsin} \left(\frac{L_c \times D}{Y_0 \times 272,99} \right) \quad D \text{ بر حسب درم و } L_c \text{ بر حسب متر}$$

۲) اگر درم قوس بر حسب وتر روبرو تعریف شده باشد خواهیم داشت: $YR \sin \frac{D}{Y} = 10$ (III)

$$YR \sin \frac{\Delta}{Y} = L_c \quad \text{(IV)}$$

از تقسیم روابط III و IV داریم:

$$L_c = 10 \frac{\sin \frac{\Delta}{Y}}{\sin \frac{D}{Y}} \rightarrow \sin \frac{\Delta}{Y} = \frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{Y} \rightarrow \Delta = Y \text{Arc sin} \left(\frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{Y} \right)$$

$$L = R \cdot \Delta \rightarrow L = YR \text{Arc sin} \left(\frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{Y} \right) \xrightarrow{R = \frac{10}{\sin D/Y}} L = \frac{10}{\sin \frac{D}{Y}} \text{Arc sin} \left(\frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{Y} \right)$$

که در آن D بر حسب رادین و L_c بر حسب متر می باشد. لذا در صورتی که D بر حسب درجه معلوم باشد رابطه به صورت زیر اصلاح می گردد:

$$L_c = \frac{\pi}{180} \times \frac{10}{\sin \frac{D}{2}} \text{Arc sin} \left(\frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{2} \right)$$

ب) تعیین طول قوس (L_c) با فرض معلوم بودن درجه قوس (D) و زاویه تقاطع (Δ)

$$L_c = 10 \frac{\Delta}{D} \quad \begin{cases} \Delta = 20^\circ 24' \\ D = 1^\circ 40' \end{cases} \Rightarrow L_c = 10 \times \frac{20.4}{1.666} = 122.4 \text{ m}$$

ج) تعیین شعاع قوس (R) با فرض معلوم بودن درجه قوس (D)

$$R = \frac{572.96}{D(\text{درجه})} \quad \text{و} \quad R = \frac{10}{D(\text{رادین})} \quad \begin{cases} D = 4^\circ 30' \end{cases} \Rightarrow R = \frac{572.96}{4.5} = 127.32 \text{ m}$$

د) تعیین فاصله خارجی (E) و طول تانژانت (T) با فرض معلوم بودن شعاع (R) و زاویه تقاطع (Δ)

$$\begin{cases} \Delta = 40^\circ 12' \\ R = 1000 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow T = R \text{tg} \frac{\Delta}{2} = 1000 \text{tg} \frac{40.2}{2} = 395.95 \text{ m}$$

$$E = R (\text{Sec} \frac{\Delta}{2} - 1) = 1000 (\text{sec} \frac{40.2}{2} - 1) = 64.85 \text{ m}$$

ه) تعیین طول قوس (L_c)، طول تانژانت (T) و فاصله خارجی (E) با فرض معلوم بودن درجه قوس (D) و زاویه تقاطع (Δ)

$$\begin{cases} \Delta = 24^\circ 22' \\ D = 0^\circ 15' \end{cases} \Rightarrow T = R \text{tg} \frac{\Delta}{2} = \frac{572.96}{0.125} \text{tg} \frac{24.37}{2} = 981.33 \text{ m}$$

$$E = R (\text{sec} \frac{\Delta}{2} - 1) = \frac{572.96}{0.125} \left(\frac{1}{\cos \frac{24.37}{2}} - 1 \right) = 53.544 \text{ m}$$

$$L_c = 10 \left(\frac{24.37}{0.125} \right) = 981.33 \text{ m}$$

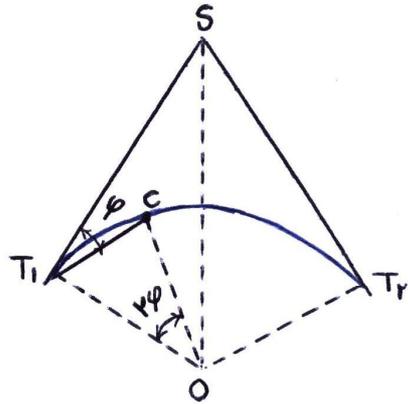
نتیجه گیری: هنگامی که دو ضلع از یک قوس دایره ای معلوم باشد، سایر اجزای قوس با استفاده از روابط هندسی قابل کاسته است.

۴-۵- پیاده کردن قوس به روش زاویه انحراف :

زاویه انحراف یا زاویه ظلی، زاویه ای است که بین مماس ST_1 با وتر T_1C (نقطه C از قوس می باشد) قرار دارد و معمولاً با φ نمایش داده می شود. مطابق شکل اندازه این زاویه نصف زاویه مرکزی مربوطی که $\widehat{T_1C}$ می باشد، لذا خواهیم داشت :

$$l_1 = \widehat{T_1C} = 2R \times \varphi \rightarrow \varphi = \frac{l_1}{2R} \quad \text{در این}$$

$$l_r = \overline{T_1C} = 2R \sin \varphi$$



در محل نقطه C توسط زاویه φ و طول وتر $\overline{T_1C}$ روی زمین مشخص می گردد اما مشاهده می شود که تفاوت بین قوس l_1 و وتر l_r فقط پیاده کردن قوس را تحت الشعاع قرار می دهد. برای کاسبه این دقت به روش زیر عمل می شود :

$$e = \frac{l_1 - l_r}{l_1}$$

به علت کوچک بودن φ از جمله $\frac{\varphi^5}{5!}$ به بعد قابل اغماض است $l_r = 2R \sin \varphi = 2R \left(\varphi - \frac{\varphi^3}{3!} + \frac{\varphi^5}{5!} - \dots \right)$

$$e = \frac{2R\varphi - 2R \left(\varphi - \frac{\varphi^3}{3!} \right)}{2R\varphi} = \frac{R\varphi^3}{2R\varphi \times 3} \quad \varphi = \frac{l_1}{2R} \rightarrow e = \frac{l_1^2}{24R^2}$$

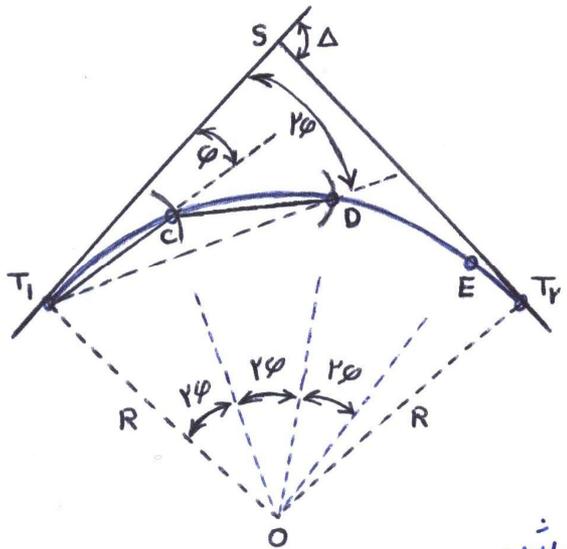
در نتیجه معلوم می شود که این دقت بستگی به R و l_1 دارد و ضابطه $l_1 = \frac{R}{10}$ انتخاب شود دقت برابر $\frac{1}{2400}$ و اگر $l_1 = \frac{R}{2}$ در نظر گرفته شود، دقت برابر $\frac{1}{9600}$ خواهد بود.

بنابراین با انتخاب طول کمان مناسب می توان دقت مورد نظر را رعایت نمود، لیکن در عمل بهتر است که طول کمان $\frac{1}{10}$ تا $\frac{1}{20}$ شعاع انتخاب شود و در عین حال برای پیاده کردن قوس های با شعاع بزرگ در مناطق کم عارضه، طول کمان بیشتر از ۵۰ متر انتخاب نشود.

حال با معلوم بودن طول کمان ($l_1 = \widehat{T_1C}$) مقدار زاویه ظلی φ قابل کاسبه می باشد و مطابق بحث قبل می توان با دقت مناسب طول وتر $\overline{T_1C}$ را مساوی طول کمان در نظر گرفت و به روش زاویه انحراف نقطه C را پیاده نمود. در این روش دوربین مستقر در T_1 به

به سمت نقطه سوم (S) نشان روی و صفر صفر می‌گردد. سپس در جهت عقربه‌های ساعت به اندازه زاویه φ یا نصف زاویه مرکزی روی همان T_1C چرخانده می‌شود تا امتداد وتر T_1C حاصل گردد. برای تعیین موقعیت نقطه C بر روی این امتداد، یک انتهای نوار به طول معین $l_1 = T_1C$ در نقطه T_1 ثابت می‌شود و انتهای دیگر آن طوری جابجا می‌شود تا امتداد T_1C را قطع کند. به عبارت دیگر نقطه C از تلاقی امتداد وتر T_1C با دایره‌ای به مرکز T_1 و شعاع l_1 حاصل می‌شود.

به این ترتیب در صورتی که از نقطه T_1 به تمام نقاط واقع بر روی قوس دید داشته باشیم، با تقسیم طول قوس به همان‌های یک اندازه (l_1)، زوایای مرکزی روی این‌ها محاسبه می‌شود و برای ردیابی امتداد هر نقطه دیگر (به‌عنوان مثال D) می‌توان به زاویه قبلی دور بین نصف زاویه مرکزی روی همان مربوطه (مانند CD) را افزود. سپس موقعیت هر نقطه از تلاقی امتداد بدست آمده با دایره‌ای به مرکز نقطه قبل (به‌عنوان مثال C) و شعاع l_1 بدست می‌آید.

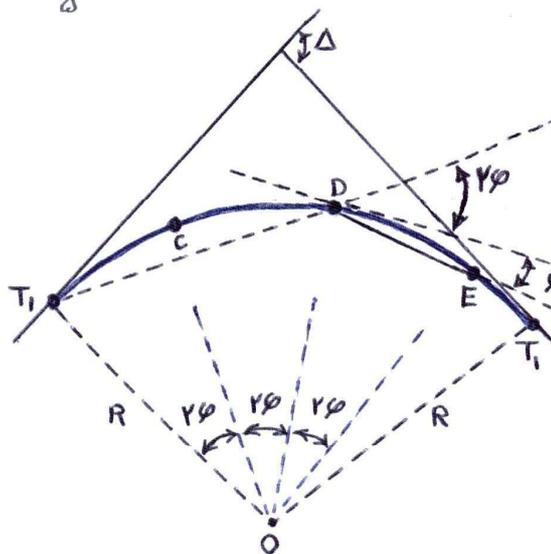


لازم به یادآوری است که در برخی موارد تقسیم طول قوس به همان‌های یک اندازه میسر نبوده و مطابق شکل روبرو آخرین کمان قوس کوچکتر از سایر کمان‌ها می‌باشد. لذا برای پیاده کردن آخرین نقطه قوس، به زاویه قبلی دور بین، نصف زاویه مرکزی روی آخرین کمان افزوده می‌شود و دایره آخر به مرکز نقطه ماقبل آخر و شعاع برابر ET_2 زده می‌شود.

نکته: زاویه انحراف نقطه انتهایی قوس برابر نصف زاویه مرکزی قوس یا $\frac{\Delta}{2}$ می‌باشد.

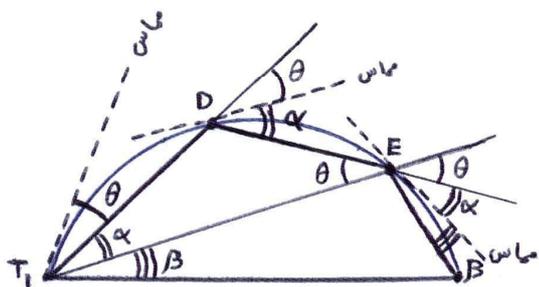
در برخی موارد ممکن است تمام نقاط قوس از نقطه T_1 قابل رویت نباشند. بنابراین لازم است تا برای پیاده کردن قوس بین از انتهای نقاط قابل رویت از T_1 ، بقیه نقاط را از T_2 و یا آخرین نقطه پیاده شده از T_1 (مثلاً D) پیاده نمود. برای این منظور بین از استقرار دور بین در نقطه معلوم D و صفر صفر کردن آن به سمت T_1 ، تلسکوپ دور بین 180° در دوران داده می‌شود و به این ترتیب در راستای امتداد T_1D قرار می‌گیرد. حال اگر در این وضعیت زاویه انحراف مربوط به امتداد نقطه D یا 2φ را به دور بین معرفی کنیم، امتداد نشان روی دور بین هم‌اس بر قوس خواهد بود و بقیه نقاط با اضافه کردن زاویه انحراف آنها به زاویه دور بین پیاده می‌شوند. (شکل منفرجه)

$\frac{\lambda}{\Delta}$



{ مقدار دوربین بین از دوران ۱۸۰ درجه‌ای نسلوب
 صفر صفر شده به نسبت T_1 }
 { مقدار دوربین بین از عرضی زاویه 2ϕ به مقدار قبل
 این مقدار بر قوس می باشد. }
 { مقدار دوربین بین از افزودن زاویه انحراف
 مربوط به نقطه E به زاویه قبل دوربین }

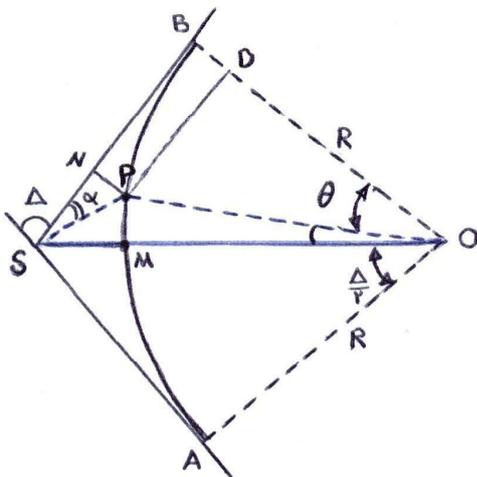
در حالت کلی تر می توان شکل فوق را به صورت زیر نشان داد:



ملاحظه می شود که از هر ایستگاه واقع بر روی قوس می توان طبق
 زوایای انحراف محاسبه شده بر اساس طول گمانه‌ای اندخابی ،
 سایر نقاط را پیاده نمود.

۵-۵ - طراحی قوس برای عبور از نقطه ای ثابت و مشخص

در این وضعیت زاویه Δ میان دو قیمت مستقیم مسیر مشخص است و می خواهیم قوس به گونه ای طراحی شود که از
 نقطه ای مشخص مانند P عبور کند. این نقطه در زاویه α نسبت به مماس SB قرار گرفته است و فاصله آن
 از نقطه سوم (S) نیز معلوم است.



$$\begin{cases} SN = x & \text{معلوم} \\ PN = y & \text{معلوم} \end{cases} \xrightarrow[\text{است}]{\Delta \text{ مشخص}} R = ?$$

برای تعیین شعاع قوس ابتدا زاویه گمانه θ را مطابق شکل در نظر می گیریم.

در مثلث SPO خواهیم داشت: $\widehat{PSO} = S_1 = 180^\circ - \Delta - \alpha - (90^\circ - \frac{\Delta}{r}) = 90^\circ - (\alpha + \frac{\Delta}{r})$

$$\widehat{POS} = O_1 = \frac{\Delta}{r} - \theta$$

$$\widehat{SPO} = 180^\circ - S_1 - O_1 = 180^\circ - 90^\circ + \alpha + \frac{\Delta}{r} - \frac{\Delta}{r} + \theta = 90^\circ + (\alpha + \theta)$$

طبق قانون سینوسها خواهیم داشت:

$$\frac{\sin(90^\circ + (\alpha + \theta))}{\sin(90^\circ - (\alpha + \frac{\Delta}{r}))} = \frac{OS}{OP}$$

و یا:

$$\frac{\cos(\alpha + \theta)}{\cos(\alpha + \frac{\Delta}{r})} = \frac{\frac{R}{\cos(\frac{\Delta}{r})}}{R} \Rightarrow \cos(\alpha + \theta) = \frac{\cos(\alpha + \frac{\Delta}{r})}{\cos \frac{\Delta}{r}}$$

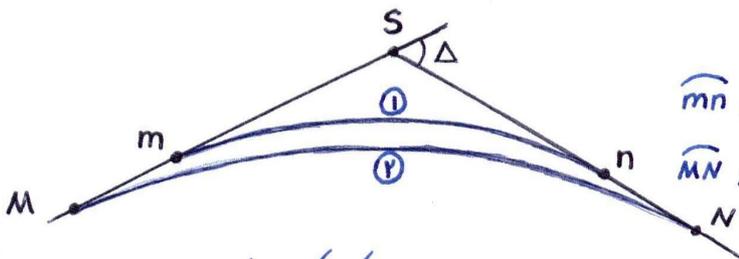
مقدار زاویه گمبی θ با حل معادله فوق بدست می آید. حال مطابق شکل برای محاسبه شعاع R خواهیم داشت:

$$PN = y = OB - OD = R - R \cos \theta \Rightarrow y = R(1 - \cos \theta)$$

$$\Rightarrow R = \frac{y}{1 - \cos \theta}$$

۵-۶- تاثیر کاهش درم قوس در کاهش طول مسیر:

جهت بالا بردن سرعت طرح در راه Δ ، انضای قوس با توجه به شرایط توپوگرافی تا حد امکان کاهش داده می شود. این کاهش که توأم با افزایش شعاع قوس می باشد، علاوه بر افزایش ایمنی، سبب کاهش طول مسیر نیز می گردد. برای بررسی این موضوع شکل زیر را در نظر بگیرید.



مشخصات قوس با درم بزرگتر: \widehat{mn}, d, r, t, l

مشخصات قوس با درم کوچکتر: \widehat{MN}, D, R, T, L

در این وضعیت زاویه Δ میان دو قسمت مستقیم مسیر مشخص است و می خواهیم محاسبه کنیم که جانمایی قوسی با درم

$\frac{10}{\Delta}$

D به جای قوس با درجه d ، چقدر طول مسیر را کاهش می دهد. برای این منظور مطابق شکل خواهیم داشت:

$$\text{اختلاف طول دو مسیر} = (\widehat{Mm} + \widehat{mn} + nN) - (\widehat{MN})$$

$$\text{از طرفی: } Mm = nN = (T-t) ; \widehat{mn} = l = 10 \frac{\Delta}{d} ; \widehat{MN} = L = 10 \frac{\Delta}{D}$$

$$\text{در نتیجه: اختلاف طول دو مسیر} = \left[2(T-t) + 10 \frac{\Delta}{d} \right] - 10 \frac{\Delta}{D}$$

$$= \left[2 \left(R \operatorname{tg} \frac{\Delta}{r} - r \operatorname{tg} \frac{\Delta}{r} \right) + 10 \frac{\Delta}{d} \right] - 10 \frac{\Delta}{D}$$

$$= \left[2 \operatorname{tg} \frac{\Delta}{r} \left(\frac{572,96}{D} - \frac{572,96}{d} \right) \right] + \left[10 \left(\frac{\Delta}{d} \right) - 10 \frac{\Delta}{D} \right]$$

$$= \left[2 \times 572,96 \operatorname{tg} \frac{\Delta}{r} \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{d} \right) \right] - 10 \Delta \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{d} \right)$$

$$= \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{d} \right) \times \left[2 \times 572,96 \operatorname{tg} \frac{\Delta}{r} - 10 \Delta \right]$$

در این رابطه D ، d ، Δ بر حسب درجه و اختلاف طول بر حسب متر است.

نکته: هنگامی که زاویه مرکزی Δ یکسان باشد، نسبت شعاع L ، تا ارتفاع t ، بیسکوتریسها و طول قوسها با یکدیگر برابرند و خواهیم داشت:

$$\frac{l}{L} = \frac{r}{R} = \frac{t}{T} = \frac{l_c}{L_c} = \frac{e}{E} = \frac{D}{d}$$

۵-۷- تعیین حداقل شعاع قوسهای دایره‌ای ساده :

حداقل شعاع یک قوس دایره‌ای ساده را می‌توان از رابطه روبرو محاسبه کرد :

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{max} + f_{max})}$$

که در آن :

- R_{min} : حداقل شعاع قوس بر حسب متر
- v : سرعت طرح بر حسب کیلومتر بر ساعت
- e : مقدار دور یا پر بلندی در قوس
- f : ضریب اصطکاک لاستیک و سطح جاده

الف - تعیین سرعت طرح (۷) :

سرعت طرح، سرعتی است که جهت تعیین حداقل مشخصات لازم جهت طرح هندسی یک قطعه از راه انتخاب می‌شود. عوامل مؤثر در انتخاب سرعت طرح عبارتند از :

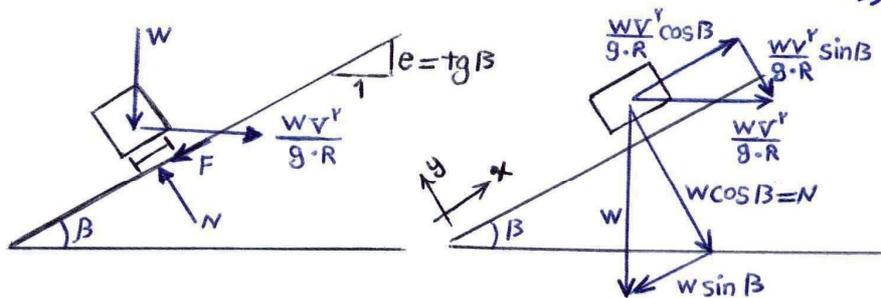
- طبقه بندی راه
- درجه بندی راه
- ملا حظات اقتصادی
- عوامل محیطی
- نوع و حجم ترافیک
- منظر آرای و ...

این نامه طرح هندسی راه با مقدار سرعت طرح را بر اساس درجه بندی راه و نیز وضعیت توپوگرافی منطقه به صورت زیر توصیه نموده است :

کوهستانی	تپه ماهوری	هموار یا رشت	
۹۰	۱۱۰	۱۳۰	آزاد راه‌ها
۹۰	۱۱۰	۱۱۰	بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی جدا شده
۷۰	۹۰	۱۱۰	راه‌های اصلی
۴۰	۷۰	۹۰	راه‌های فرعی

ب- تعیین دور یا بر بلندی در قوس:

وسایل نقلیه به هنگام ورود به قوس تحت تأثیر یک نیروی گریز از مرکز قرار می‌گیرند. برای خنثی نمودن این نیرو که سبب رانده شدن وسیله نقلیه به خارج قوس می‌گردد، باید به عرض راه شیب عرضی یا اصطلاحاً Dever داده شود. برای تأمین ایمنی و راحتی حرکت خودرو بهتر است شیب عرضی راه با توجه به سرعت طرح تغییر یابد. در نتیجه با استفاده از یک شیب عرضی مناسب می‌توان در قوس بین نیروی اصطکاک جانبی چرخ و روسازی، مؤلفه وزن خودرو در امتداد بر بلندی و نیروی گریز از مرکز تعادل ایجاد نمود.



بر اساس شکل داریم:
$$N = W \cos \beta + \frac{W V^2}{g \cdot R} \sin \beta \xrightarrow[\text{کوچک است}]{\text{عدد بسیار}} N \approx W \cos \beta$$

با تعریف F به عنوان ضریب اصطکاک جانبی لاسک و سطح جاده:
$$F = \mu \times N = \mu W \cos \beta$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow W \sin \beta + F = \frac{W \cdot V^2}{g \cdot R} \cos \beta$$

$$\Rightarrow W \sin \beta + \mu W \cos \beta = \frac{W \cdot V^2}{g \cdot R} \cos \beta$$

$$W \cos \beta \xrightarrow{\text{تقسیم بر}} \Rightarrow \tan \beta + \mu = \frac{V^2}{g \cdot R}$$

$$\Rightarrow e + \mu = \frac{V^2}{g \cdot R} \quad \therefore R = \frac{V^2}{g(e + \mu)}$$

اگر مقدار سرعت بر حسب km/h و مقدار $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ جایگزین گردد، رابطه به صورت ارائه شده درمیل خواهد شد.

ایجاد شیب عرضی یا بر بلندی در قوسهای جاده، اگرچه ایمنی بیشتری را برای عبور وسیله نقلیه ای که با سرعت طرح از قوس

عبور می‌کند، ایجاد می‌نماید، اما باید توجه داشت که همیشه وسایل نقلیه در هنگام عبور از قوس سرعت بالای را ندارند. در هنگام نشوونی راه به ویژه در فصول سرد سال که ممکن است به دلیل بارش برف و یخبندان، کاهش سرعت و کاهش ضریب اصطکاک بین سطح جاده و لاستیک وجود داشته باشد، وجود بر بلندی ممکن است باعث سر خوردن وسیله نقلیه به طرف داخل قوس گردد. از این رو حداقل بر بلندی در قوس باید محدد شود.

مقدار حداقل بر بلندی تابع شرایط جوی منطقه، نوع راه، در صد خورد روی سنگین، محدودیت‌های طراحی به لحاظ تأمین فضای کافی جهت اعمال بر بلندی و شرایط تخلیه آب‌های سطح راه و ... می‌باشد. با توجه به موارد ذکر شده آیین نام طرح هندسی راه‌ها مقادیر حداقل زیر را برای بر بلندی توصیه نموده است:

- ۱- راه‌های دو خطه و رابط‌هایی که در معرض بارش برف و یخبندان نیستند $e_{max} = 12\%$
- ۲- آزادراه‌ها و بزرگ‌راه‌ها $e_{max} = 10\%$
- ۳- مناطق با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و شرایط برف و یخبندان $e_{max} = 8\%$
- ۴- در مناطق حومه شهری $e = 6\%$

آیین نام AASHTO نیز مقادیر حداقل بر بلندی را برای مناطق گرمسیر ۶ درصد، مناطق معتدل رو به گرمی ۸ درصد، مناطق معتدل رو به سردی ۱۰ درصد و در مناطق سردسیر ۱۲ درصد توصیه نموده است.

ج - تعیین ضریب اصطکاک بین لاستیک و سطح جاده (F)

ضریب اصطکاک جانبی به وضعیت لاستیک، نوع روسازی، خشک، تر یا یخ‌زده بودن سطح راه، سرعت خودرو و ... بستگی دارد و بر اساس آیین نام طرح هندسی راه‌ها، مقادیر مجاز آن بر اساس سرعت طرح به صورت زیر می‌باشد

۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۷۰-۸۰	۶۰	۵۰	۳۰-۴۰	سرعت طرح (km/h)
۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۷	ضریب اصطکاک جانبی (F)

موسرای قائم در پروفیل طولی مسیر وظیفه اتصال خطوط شلخته پروژه را به یکدیگر ایفاء می کنند و به عبارتی موسرای هستند

که مقاطع روئیش قائم در مسیر راهسازی را به طور یکنواخت و صاف، بدون تغییر حرکت عمودی بهم وصل می کنند.

این موسرا سبب ایمنی و راحتی حرکت و همچنین ایجاد ظاهری اساسی برای مسیری گردند. بر اساس آشنی نام فقط در

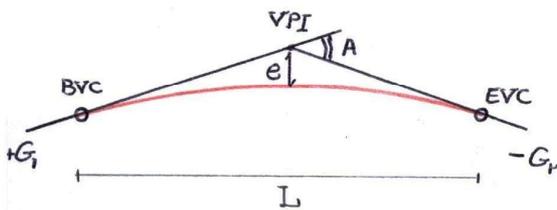
مراحلی که چرخ جبری شیبهای طرفین کمتر از ۱۵٪ باشد وجود قوس قائم ضروری نیست و برای موسرای قائم بدستار از

موسرای سرسوی استفاده می شود.

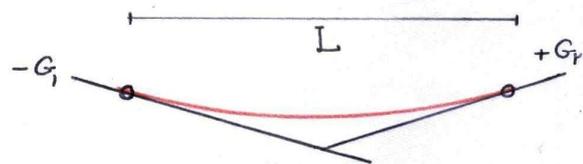
در قوس قائم (خم) می بایست تغییر طولی به صورت تدریجی صورت پذیرد و همچنین این قوس تا مین گنجه مسافت دید

کافی، تخطیه مناسب آب سطحی، ایمنی، آسایش راننده و زیبایی ظاهری راه خواهد بود. انواع خمهای سرسوی در شکل

زیرااره شده اند:



خم گنبدی یا محدب



خم گنجهای یا مقعر

L: طول خم ؛ A: قدر مطلق تفاضل جبری روئیش ؛ G_1 : شیب اول (درصد) ؛ G_2 : شیب دوم (درصد)

الف) تعیین طول خم لندی :

طول این خم باید به اندازه‌ای باشد که حداقل فاصله دید توقف برای راننده وسیله نقلیه فراهم شود. تأمین فاصله دید

در خم لندی با توجه به رابطه $L \gg K \cdot A$ صورت می‌پذیرد که در آن :

L : طول خم لندی بر حسب متر

K : ضریب است تابع سرعت طرح که بر اساس آیین نامه طرح هندسی راه از جدول (۶-۱) بدست می‌آید

این ضریب بر حسب متر بوده و معنای فیزیکی آن طول لازم خم برای دید (رشد تغییر شیب طولی) است.

$$A = |G_r - G_l|$$

A : قدر مطلق تفاضل جبری (در شیب)

۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	سرعت طرح (km/hr)
۲۰۸	۱۹۱	۱۲۰	۸۹	۶۳	۴۲	۲۷	۱۸	۱۱	۷	۳	حداقل K به متر

جدول (۶-۱) حداقل K برای خم لندی

ب) تعیین طول خم گامی :

خم گامی در روز به علت وجود روشنایی کافی دید راننده را محدود نمی‌کند، اما در تاریکی فاصلای که توسط نور چراغ‌های

وسایل نقلیه در این خم روشن می‌شود محدود است، حداقل طول خم گامی از رابطه $L \gg K \cdot A$ حاصل می‌شود.

L : طول خم گامی بر حسب متر

K : ضریب است تابع سرعت طرح و وضعیت روشنائی راه که بر اساس آشنی نام طرح هندسی راه از جدول (۶-۲)

حاصل می شود .

$$A = |G_r - G_l|$$

A : قدرمطلق تفاضل جبری (وئیب)

۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	سرعت طرح (km/hr)
۷۴	۶۴	۵۴	۴۶	۳۸	۲۹	۲۲	۱۷	۱۲	۸	۴	حداقل K به متر

جدول (۶-۲) حداقل معادله K برای خم کامبای

ج) اخذ از روابط و نحوه بیان کردن قوسهای قائم بر روی پروفیل طولی :

$$A = |G_r - G_l|$$

بارافت A

$$L \geq k \cdot A$$

طول قوس

$$km (V.P.I)$$

کیلومتر محل برخورد (وئیب)

$$km (B.V.C) = km (V.P.I) - \frac{L}{\gamma}$$

کیلومتر شروع قوس قائم

$$km (E.V.C) = km (V.P.I) + \frac{L}{\gamma}$$

کیلومتر پایان قوس قائم

$$H (V.P.I)$$

ارتفاع نقطه تلاقی (وئیب)

$$H (B.V.C) = H (V.P.I) - (G_l \times \frac{L}{\gamma})$$

ارتفاع نقطه شروع قوس قائم

$\frac{F}{6}$

ارتفاع نقطه پایان قوس قائم $H (E.V.C) = H (V.P.I) + (G_r \times \frac{L}{P})$

نکته: شیب G در سریالای مثبت و در سریالای منفی می باشد.

فاصله محل تلاقی دو شیب تاروی قوس قائم $e = \frac{A \cdot L}{100}$

n : تعداد ایستگاههای مطلوب برای پیاده کردن قوس $n = \frac{L}{S}$

S : فاصله مورد نظر بین دو ایستگاه متوالی

کیلومتر ایستگاه n $km (n.V.C) = km (B.V.C) + (n \cdot S)$

ارتفاع ایستگاه n روی هماس $H (n.V.C) = H (B.V.C) + G_1 \cdot (n \cdot S)$

اختلاف ارتفاع ایستگاه روی هماس و سهمی $y = (\frac{G_2}{L})^2 \times fe$

حال برای پیاده کردن قوس به روش نقطه یابی بر روی هر وسیله طولی از مشخصات ذی زیر استفاده می کنیم:

x = فاصله نقطه (ایستگاه) از نقطه شروع قوس

ارتفاع ایستگاه روی سهمی $y = H (n.V.C) \pm y =$

نکته: y برای قوسهای محدب با علامت منفی و برای قوسهای مقعر با علامت مثبت جایگزین می شود.

با توجه به روابط و توضیحات قبل، برای قوس قائم موجود در یک پروژه خواهیم داشت:

$G_1 = 2,47$, $G_2 = 6,27$

لذا حسابات قوس قائم معترض به صورت زیر خواهد بود: (شکل صفحه بعد)

$$A = |G_2 - G_1| = |2,27 - 2,47| = 3,8 > 0,5$$

$$L \geq k \cdot A \quad \xrightarrow[\text{قوس قائم معترض}]{\text{سرعت طرح } 110 \text{ km/hr}} \quad k = 54$$

$$L_{\min} = k \cdot A = 54 \times 3,8 = 205,2 \quad \xrightarrow{\text{انتخاب}} \quad L = 270 \text{ m}$$

$$km (V.P.I) = 00 + 712$$

$$km (B.V.C) = 712 - \frac{270}{4} = 00 + 477$$

$$km (E.V.C) = 712 + \frac{270}{4} = 00 + 747$$

$$H (V.P.I) = 1587,8$$

$$H (B.V.C) = 1587,8 - (0,0247 \times \frac{270}{4}) = 1584,46$$

$$H (E.V.C) = 1587,8 + (0,0247 \times \frac{270}{4}) = 1594,26$$

$$e = \frac{A \cdot L}{\lambda_{00}} = \frac{|2,27 - 2,47| \times 270}{\lambda_{00}} = 1,28$$

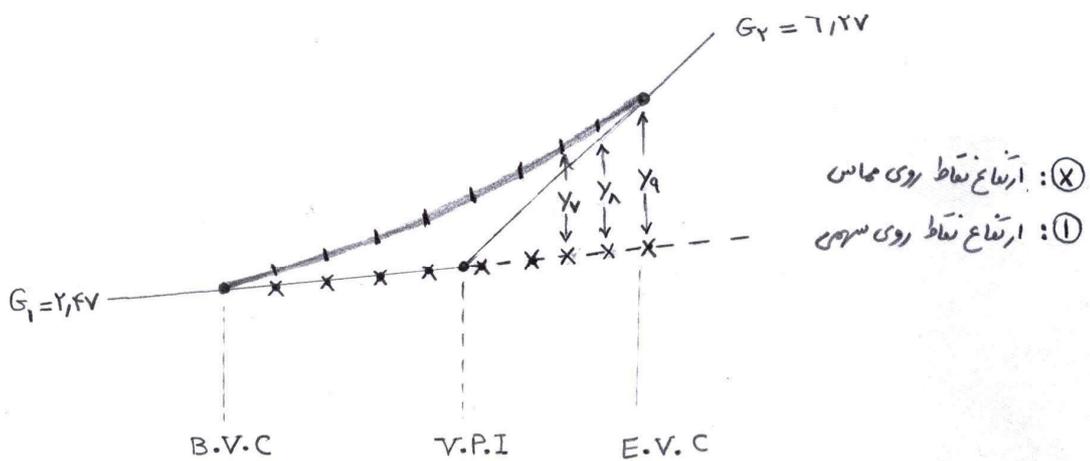
$$n = \frac{L}{s} = \frac{270}{30} = 9$$

$$y = \left(\frac{x}{L}\right)^r \times fe = \frac{x^r \times 4 \times 1,28}{270^r} = 7,02 \times 10^{-5} x^r$$

نیلومتر و ارتفاع هر ایستگاه مطابق جدول پیوست خواهد بود.

کیلومتر ایستگاه	فاصله ایستگاه از نقطه شروع قوس (x)	ارتفاع ایستگاه روی محاس G_1 $1584,44 + G_1 x$	اختلاف ارتفاع محاس و سهوی $0,0000702 x^2$	ارتفاع ایستگاه روی سهوی $H + y$
00 + 477	0	1584,44	0	1584,44
00 + 507	30	1585,12	0,06318	1585,24
00 + 537	60	1585,94	0,2527	1589,19
00 + 567	90	1587,78	0,5686	1587,24
00 + 597	120	1587,42	1,011	1588,43
00 + 627	150	1588,16	1,5795	1589,73
00 + 657	180	1588,9	2,2745	1591,17
00 + 687	210	1589,94	3,0958	1592,73
00 + 717	240	1590,39	4,043	1594,43
00 + 747	270	1591,13	5,117	1599,25

جدول نتایج قوس قائم شماره (۲)



(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 $(e+f) \geq \frac{V^2}{R.g}$)، در قسمتی مستقیم راه ($R = \infty$) میزان دور برابر صفر بوده و در داخل قوس با شعاع R ، دور دایره 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 قسمتی مستقیم قبل و بعد از قوس واقع گردد. این مسئله تعادل عرضی وسایل نقلیه را دچار اختلال می کرد، زیرا در قسمتی 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

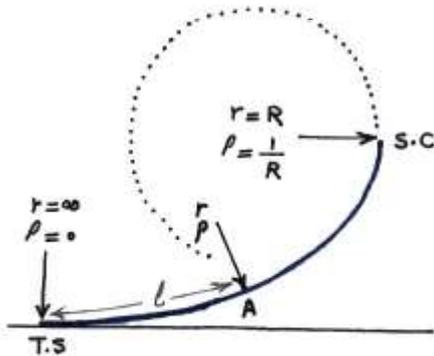
حداقل طول لازم برای قوس اتصال از سه رابطه زیر قابل محاسب است. حرکت از سه اندازه بدست آمده که بزرگتر باشد، برای احراز قوس اتصال انتخاب می شود. یادآوری می شود که طول قوس اتصال بزرگتر، راحتر و امنی راننده و وسیله نقلیه را افزایش می دهد.

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:

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

بر اساس معادله عمومی فوق، فرمهای ریاضی مختلف (مهری درجه ۳، مهری درجه ۴، لپینسکات، مالدوید 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 منحنی به آن نقطه است. معادله این واژه آلمانی در زبان فرانسه

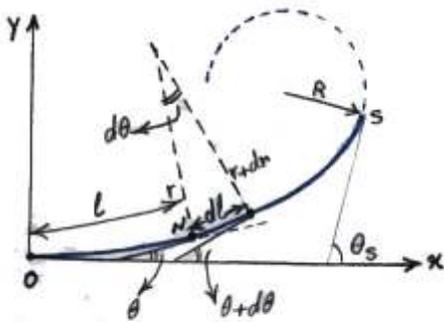


مارپیچ کربنو، در امریکا مارپیچ اولسر و در انگلیس اسپرال می باشد.

در لوتسید معادله ثابت را با A^2 نشان می دهند، از این رو 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:

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

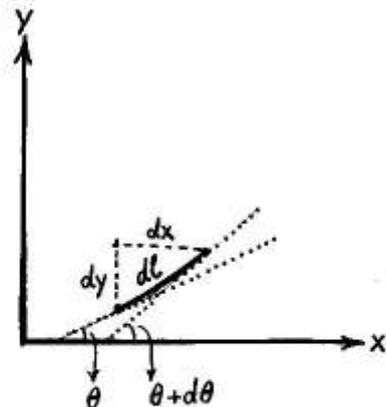
برای ارائه معادلات قوس لوتسید در دستگاه مختصات کارتزین (x, y) نیز به صورت زیر عمل می شود:

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

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

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

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



(۶)

$$dx = \frac{A}{\sqrt{r\theta}} \left(1 - \frac{\theta^r}{r!} + \frac{\theta^f}{f!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots \right) d\theta$$

$$dy = \frac{A}{\sqrt{r\theta}} \left(\theta - \frac{\theta^r}{r!} + \frac{\theta^f}{f!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots \right) d\theta$$

با انتگرال گیری از روابط فوق ، معادلات زیر برای مختصات X و Y حاصل می شود:

$$x = A\sqrt{r\theta} \left(1 - \frac{\theta^r}{10} + \frac{\theta^f}{214} - \frac{\theta^7}{9340} + \dots \right)$$

در این روابط θ بر حسب رادیان می باشد.

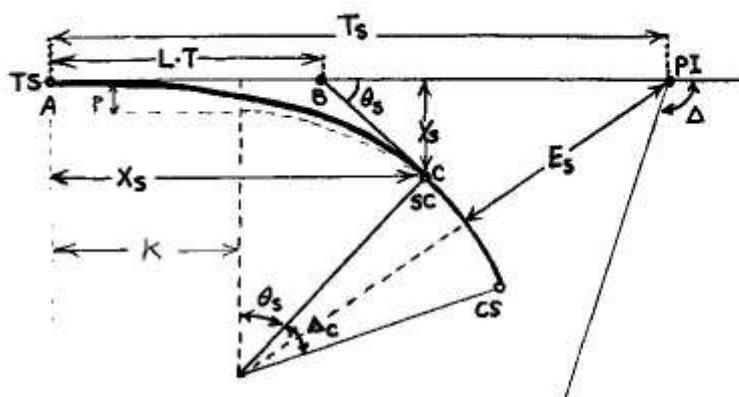
$$y = A\sqrt{r\theta} \left(\frac{\theta}{r} - \frac{\theta^r}{fr} + \frac{\theta^f}{13r} - \dots \right)$$

با استفاده از روابط $l = A\sqrt{r\theta}$ و $\theta = \frac{l^r}{rA^r}$ که قبلاً ارائه شد، می توان معادلات X و Y را بصورت زیر نیز نوشت:

$$x = l - \frac{l^5}{f \cdot A^f} + \frac{l^9}{3454 A^9} - \dots$$

$$y = \frac{l^r}{rA^r} - \frac{l^7}{334A^7} + \frac{l^{11}}{F224 \cdot A^{11}} - \dots$$

۶- اجزای قوس گوتنبرگ



(V)

tangent to spiral : TS : نقطه شروع لولیتید : نقطه تغییر از تانژانت 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 تانژانتها

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 انسداد مماس (بوسیله طراحی تعیین می شود)

Δ_c : زاویه مرکزی مسطح به سمت 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 : فاصله مماس دایره موازی با مماس لولیتید

K : فاصله مرکز دایره تا نقطه شروع لولیتید

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

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