

درس مربوطه: پروژه راه سازی

عنوان مقاله:

نویسنده / تهیه کننده: محمد هادی رفیعیان
آرش امدادی سیاه پیرانی

استاد: دکتر طهماسبی

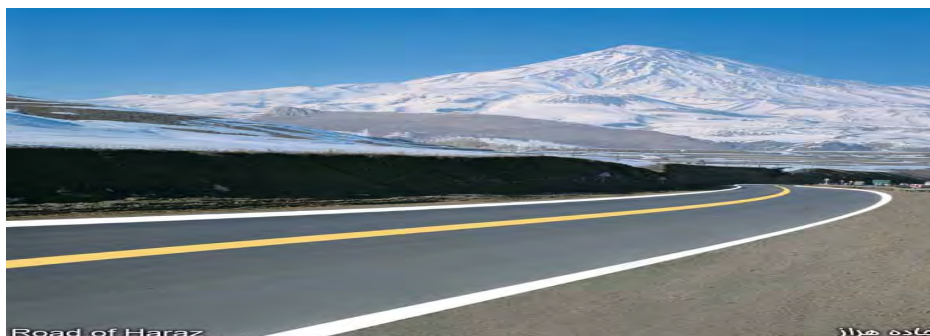
رشته تحصیلی:

دانشگاه: آبادانی و توسعه روستاها – دانشکده فنی

تعداد صفحات: ۴۸ صفحه به همراه نقشه ها و فایل اکسل محاسبات حجم خاکبرداری-خاکریزی

تاریخ: بهار ۱۳۸۵

دانشگاه آبادانی و توسعه روستاها دانشکده فنی



پروژه راه سازی



صفحه	عنوان	فهرست مطالب
۴	۱- صورت پروژه	
۵	۲- معرفی کلی راه	
۹	۳- گزارش مراحل پروژه	
۱۶	۴- پروفیل طولی راه	
۱۷	۵- پروفیل عرضی راه	
۱۸	۶- قوسهای افقی	
۳۱	۷- دور	
۳۳	۸- تعریض روسازی	
۳۵	۹- قوسهای قائم (خمها)	
۴۴	۱۰- پلان راه	
۴۵	۱۱- حجم عملیات خاکی (منحنی بروکنر)	
۴۶	۱۲- طرح روسازی راه	
۴۸	۱۳- توضیحات EXP1	

۱- معرفی پروژه

پروژه مربوط است به طراحی مسیر و محاسبات مربوط به راهی با مشخصات زیر :

- کمربندی محدوده شهری بصورت بزرگراه چهار خطه (دو خط رفت و دو خط برگشت)
- طول مسیر برابر ۱,۴۹۲ کیلومتر
- طراحی مسیر باید بگونه‌ای باشد که شامل نقاط ابتدا و انتها و همچنین نقطه اجباری مشخص شده باشد.
- محل پروژه در منطقه شمال و شمالغرب همدان مطابق نقشه‌های موجود در سازمان نقشه‌برداری با

تقسیم بندی زیر میباشد: Sheet No. C2

- این منطقه دارای شرایط آب و هوایی زیر می باشد :
 دارای آب و هوای معتدل در بهار و تابستان و سرد در پاییز و زمستان است.
 ریزش نزولات جوی در فصول پاییز و زمستان زیاد است به طوری باعث یخ زدگی زمین تا عمق حدود ۱ متر می شود.
 ماندگاری برف و یخ بر روی زمین در فصل زمستان شدید است.
 در بهار عمل ذوب شدن یخ ها صورت می گیرد.
 در تابستان و پاییز خاک خشک و نیمه مرطوب است.
 نوع خاک بدلیل آنکه در مناطق پایین دست سلسله جبال زاگرس واقع شده است از نوع سنگدانه های آذرین و پر مقاومت است.

موارد درخواستی :

۱. مسیر یابی روی نقشه توپوگرافی (نقشه با مقیاس ۱:۲۰۰۰)
۲. تعیین شیب قطعات مختلف راه
۳. طراحی قوسهای افقی (قوسهای دایره ای و قوسهای کلوئید)
۴. تعیین اضافه عرض قوسها
۵. تعیین بر بلندی (دور)
۶. رسم پروفیل طولی با کلیه جزئیات ، طراحی قوسهای قائم

۷. طراحی و رسم پروفیل‌های عرضی

۸. محاسبه حجم عملیات خاکی

۹. رسم منحنی بروکنر

۱۰. طرح ابنیه فنی (پل ، آبرو ، تونل ، دیواره حائل و ...)

۱۱. طرح روسازی راه

۲- معرفی کلی راه

✓ محل احداث راه : شمال‌غربی همدان (طبق نقشه‌های موجود در سازمان نقشه برداری)

شماره نقشه منطقه : - C2 -

✓ طول راه : ۱ کیلومتر و ۴۹۲ متر

✓ نوع راه (از لحاظ اهمیت) : بزرگراه چهار خطه

✓ خصوصیات بزرگراه : (طبق بند ۲-۲-۱ و ۳-۴-۳)

۱۲. راهی با حداقل چهار خط عبور که مسیر های رفت و برگشت از هم جدا شده و با امکانات محدود تقاطع

هم سطح و دسترسی از حاشیه.

۱۳. ممنوعیت عبور پیاده و دوچرخه و سایر وسایل نقلیه غیر موتوری.

۱۴. ورود و خروج با زاویه کم.

۱۵. در مورد هایی ممنوعیت عبور تمام یا بخشی از وسایل نقلیه تجاری.

۱۶. عرض هر خط عبور در آزادراه و بزرگراه و راه اصلی درجه یک برابر با ۳٫۶۵ متر می باشد. (طبق بند ۶-

(۱-۲

✓ خصوصیات کمربندی و نیم کمربندی (طبق بند ۲-۲-۱)

▪ مسیری است که هسته یا هسته های مرکزی شهر را دور زده و از داخل محدوده ۲۰ ساله عبور می کند.

▪ کمربندی نقش مهمی در کاهش تراکم شبکه خیابان های شهری داشته و ضرورت ندارد به صورت یک مدار

بسته باشد.

✓ نوع راه (از لحاظ وضعیت توپوگرافی): راه هموار (دشتی)

تعریف راه هموار (دشتی): (طبق بند ۳-۳-۲)

زمین محدوده عبور راه، هموار (دشت) است. شیب عمومی خط بزرگترین شیب محدوده و شیب طولی راه، حداکثر به ۳ درصد می رسد. راه دارای خاکریزی به بلندی تا ۲,۵ متر و گاهی برش های کم عمق می باشد

✓ سرعت طرح (بر حسب km/h): (طبق بند ۳-۴)

حداقل: ۱۱۰ متوسط: ۱۱۰ حداکثر: ۱۱۰

سرعت طرح عبارت است از سرعتی که برای تعیین حداقل مشخصات هندسی (پیچها، خمها و فواصل دید) قطعه راه مورد نظر انتخاب می شود. عبارت دیگر سرعتی است که یک وسیله نقلیه بدون حضور وسائل نقلیه دیگر می تواند داشته باشد بدون آنکه با خطری مواجه شود.

✓ تعداد قوسهای افقی (پیچها): ۲ قوس در طول راه به صورت مرکب

✓ تعداد قوسهای قائم (خمها): ۶ خم در طول راه

✓ تعداد نیمرخ های عرضی: ۹۲ نیمرخ عرضی

✓ عرض راه: ۲۴,۶۰ متر برای چهار خط بعلاوه شانه های راه و رفوژ میانی (طبق بند ۶-۲-۱)

✓ عرض شانه ها: در سمت راست ۳ متر و در سمت چپ ۱,۵ متر برای طرفین بزرگراهها (طبق جدول ۶-۱)

✓ شیب عرضی سواره رو:

میزان شیب عرضی در قسمت های مستقیم (و پیچ های با شعاع بزرگ که احتیاج به بریلندی نداشته باشد) به درجه بندی راه، نوع رویه، تعداد خط های عبور، وضع جوی منطقه عبور راه و بالاخره سرعت طرح بستگی دارد. شیب عرضی سواره رو، در قسمت های مستقیم و پیچ های با شعاع بزرگ که احتیاجی به بریلندی نداشته باشد، برای رویه های آسفالتی و بتنی جدید و روکش سازی قدیم، ۱,۵ تا ۲,۵ درصد و برای رویه های شنی ۳ تا ۵ درصد است.

در این پروژه با توجه به شرایط جوی ذکر شده شیب ۲٪ را برای عرض سواره رو برمی گزینیم.

✓ **شیب عرضی شانه ها:** (طبق بند ۶-۲-۴) ۵٪ شیب عرضی در فصل مشترک بین شانه های رویه دار آسفالتی یا بتنی و شانه های شنی انتخاب شده است تا در هنگام اجرا با توجه به بودجه در نظر گرفته شده بتوان هر کدام را اجرا کرد.

✓ **حد اکثر طول شیبدار (طول بحرانی شیب) (طبق بند ۵-۴-۵):**

انتخاب طول شیب به نحوی است که کاهش سرعت خودروهای سنگین، طی آن، از حد معینی تجاوز نکند. مقدار کاهش سرعت مجاز، برابر ۲۵ کیلومتر در ساعت نسبت به سرعت متوسط ترافیک در نظر گرفته می شود. با توجه به این موارد مقدار حداکثر طول شیب برابر ۶۷۰ متر می باشد.

✓ **مقیاسها:**

پلان راه : ۱/۲۰۰۰
 پروفیل طولی راه : مقیاس طولی : ۱/۲۰۰۰
 مقیاس ارتفاعی : ۱/۲۰۰
 پروفیل های عرضی راه : ۱/۲۰۰

✓ **توضیحات:**

- احجام بوسیله کامپیوتر محاسبه و درج شده است که حجم خاکبرداری معادل ۲۳۸۵ و حجم خاکریزی معادل ۴۹۴۸۶ متر مکعب می باشد.
- محور نیاز به احداث ۹ آبروی لوله ای با دهانه به قطر ۱,۸۵ متر دارد.
- خط پروژه در پروفیل طولی و عرضی مشخصه روی سابگرید می باشد و ضخامت روسازی بعد از طراحی اضافه خواهد شد.
- تیپ آبروی لوله ای برابر با استانداردهای وزارت راه و ترابری در پیوست موجود می باشد.

➤ ۳- گزارش مراحل پروژه :

الف) رسم مسیر اولیه راه بر روی نقشه توپوگرافی :

عوامل مختلفی در انتخاب مسیر موثر هستند که به شرح زیر خلاصه می شود :

۱- دسترسی

از نظر ساختن دسترسی بین مبدا و مقصد مسیر مستقیم بهترین مسیر است. ولی در ساخت می بایست به عواملی همچون نقاط اجباری ، حریم راه و وضعیت حقوقی زمین هایی که راه از آن عبور می کند نیز توجه کرد.

۲- عوارض طبیعی :

پستی و بلندی های زمین و وجود کوه و دریاچه و رودخانه که در گذشته بعنوان تنها عامل تعیین کننده مسیر راههای بیابانی در نظر گرفته می شد ، هنوز هم در مناطق کوهستانی همه عوامل را تحت الشعاع خود قرار می دهد.

۳- ضوابط طرح هندسی :

ضوابط طرح هندسی نظیر حداکثر شیب ، حداکثر طول شیبدار ، حداقل شعاع قوسها ، مقطع عرضی و نظایر آن در تعیین مسیر مخصوصاً در مراحل قطعی شدن مسیر راه ، اهمیت عمده دارد.

۴- زمین شناسی :

مطالعه زمین شناسی مسیر راه از نظر ثبات و استحکام و احتمال لغزش و ریزش و نشست لایه های بستری که راه بر آن قرار می گیرد لازم است. مطالعات ژئوتکنیکی همچنین در شناخت زمین برای جلوگیری از احداث راه بر روی گسل ها و فرو چال ها (چاله هایی به قطر ۲۰ متر و ارتفاع ۲۰ متر که بدلیل وجود غار های آهکی زیر زمینی ایجاد می شوند) بسیار کمک می کند.

۵- جنس پی جسم و ساختمان ها :

مقاومت زمین چه از نظر قرار گیری خاکریزی و چه از نظر احداث پل ها و دیوارها عامل موثری در انتخاب مسیر است. مخارج احداث راه بر زمین های سست باتلاقی بسیار زیاد است و نهایت کوشش را باید کرد تا راه از چنین مناطقی نگذرد.

۶- نگهداری راه :

انتخاب مسیر در چگونگی و مخارج نگهداری و حفاظت راه تاثیر عمده دارد. بسیاری بر این اعتقادند که با سرمایه گذاری کلان و ایجاد یک مسیر با صرف هزینه های بالا می توان از مخارج نگهداری کاست و گاهی افراد بر این اعتقادند که راه را با هزینه اجرایی کم و هزینه های نگهداری احتمالی می توان ساخت کاری که طبق آمار بعد از سال ۶۰ در ایران اتفاق افتاد ؛ به هر حال با یک تعادل اصولی بین هزینه ها و عدم کاهش از اصول فنی می توان یک راه با هزینه معقول و با صرف سرمایه اولیه متعادل و هزینه نگهداری کم را احداث کرد.

۷- زیبایی راه :

بخش زیادی از زندگی مردم در حال حرکت و عبور از راههای شهری و بیابانی می گذرد و بنابراین سعی باید کرد که راه و اطراف آن بنظر مسافران زیبا و مطلوب باشد. همچنین وجود راه با علائم هشدار دهنده طبیعی باعث کاهش سرعت خستگی راننده و در نتیجه کاهش خطرات و تلفات احتمالی در طول مسیرهای طولانی می گردد.

۸- حفظ محیط طبیعی :

محیط طبیعی بخاطر ارزشهایی که از نظر زیبایی ، و گردشگری دارد و همچنین بخاطر حفظ نظام زیستی گیاهان و حیوانات باید حفاظت گردد ، مخصوصاً امروزه که مسئله محیط زیست بعنوان یکی از مسائل بحرانی زندگی بشری

تبدیل شده است. وجود مسائل اکولوژیکی و اکوسیستم های طبیعی مرتبط با راه باعث می شود که هر گونه صدمه به عناصر طبیعی باعث زیان های جبران ناپذیر در زندگی انسان گردد.

۹- حفظ محیط انسانی :

هیچگاه نباید بر خلاف بسیاری از طرح ها که تاکنون انجام گردیده فراموش کرد که هدف اصلی از ایجاد هر راهی فراهم ساختن زندگی بهتر برای انسانهاست.

۱۰- مخارج ساختمان راه :

مخارج ساختمان راه عامل بسیار عمده ای است که در تمامی مراحل مطالعه مسیر و طرح راه نباید فراموش شود.

در این پروژه مسئله مورد توجه در انتخاب مسیر بیشتر از نظر ضوابط طرح هندسی راه می باشد که توضیحات بیشتر در این مورد به صورت زیر ارائه می گردد.

با توجه به هموار (دشتی) بودن منطقه با در نظر گرفتن حداکثر شیب مجاز برابر ۳ درصد و در نظر گرفتن حداقل شعاع پیچها و در نظر گرفتن پیچها از نوع دایره ای و کلوتوئیدی و ارتفاعات مجاز خاکریزی و خاکبرداری از نقطه اولیه مسیر (A) با عبور از نقطه اجباری (B) به نقطه انتهایی مسیر (C) مسیری رسم شد و به طور کلی به موارد زیر توجه شده است :

۱- قرارگیری افقی تا حد ممکن باید از جهت مبدا و مقصد پیروی کند ، ولی در عین حال قرارگیری باید از عوارض طبیعت هم تبعیت نماید. خط روانی که از شکل کلی خطوط تراز طبیعی پیروی می کند از نظر زیبایی به قسمتهای طولانی مستقیم که منطقه را به دو تکه جدا می شکند ترجیح دارد.

۲- از حداقل قوسها باید بندرت و فقط در شرایط بسیار مشکل استفاده کرد. همه جا سعی باید کرد که شعاع قوسها زیاد گرفته شود. زاویه مرکزی قوسها باید تا آنجا که عوارض زمین اجازه میدهد کوچک گرفته شود تا

به این ترتیب راه تا حد ممکن به طرف مقصد جهتگیری کرده باشد. باستانی راههای دو خطه که از نظر ظرفیت و ایمنی قسمتهای مستقیم برتری دارد ، باید انحراف دو جهت را با طولانی ترین قوس ممکن پوشاند.

۳- همواره باید سعی کرد تا قرارگیری یکدست باشد. قوسهای تند را نباید در انتهای قسمت مستقیم طولانی قرار داد. از نظر تغییر ناگهانی شعاع قوسها باید خودداری شود. در جاهایی که الزاماً قوس تندی وجود دارد ، نباید آنرا بلافاصله بعد از قوس پر شعاع قرار داد ، بلکه باید سعی شود که قبل از قوس تند قوسهای ملایمتری که شعاع آنها بتوالی کم میگردد قرار گیرد.

۴- در مواقعی که زاویه تغییر جهت کوچک است قوس را طولانی باید گرفت تا راه شکسته به نظر نرسد. حداقل طول قوس برای تغییر زاویه ۵ درجه ۱۵۰ متر است و هرچه زاویه انحراف از ۵ درجه کمتر باشد طول قوس از ۱۵۰ متر به نسبت ۳۰متر برای هر درجه کمتر ، زیادتیر گرفته میشود.

۵- باستانی قوسهای پر شعاع ، از قرار دادن قوس در روی خاکریزهای بلند و طولانی باید خودداری کرد. زیرا در صورت عدم وجود اشیایی نظیر شیروانی خاکبرداری و درخت در کنار راه برای رانندگان مشکل است که شعاع قوس را تشخیص دهند و حرکت وسیله را با آن متناسب سازند. علاوه بر این ، وسیله خارج از کنترل در چنین شرایطی فوق العاده خطرناک است. با قرار دادن علائم و نرده ها میتوان در چنین شرایطی از خطر جلوگیری کرد.

۶- قوسهای مرکب (قوسهایی که از دو یا بیشتر از دو قسمت دایره ای با شعاعهای متفاوت تشکیل شده است) را بدون مطالعه و دقت نباید مورد استفاده قرار داد. استفاده از قوسهای مرکب مخصوصاً در عوارض طبیعی سخت کار مسیرگذاری را ساده میسازد.

۷- جهت قوس نباید بطرز ناگهانی عوض شود. در فاصله بین دو قوس مختلف الجبهت باید قطعه مستقیمی که حداقل برای سرشکن اضافه ارتفاع و یا قوس اتصال لازم است قرار گیرد.

- ۸- فاصله مستقیم بین دو قوس هم جهت نباید کوتاه باشد. قرار دادن قسمت کوتاه مستقیم بین دو قوس هم جهت خطرناک است زیرا که اکثر رانندگان انتظار قرارگیری دو قوس هم جهت را در دنبال یکدیگر ندارند. در شرایطی که عوارض زمین ایجاب مینماید که دو قوس هم جهت در نزدیکی هم قرار گیرند ، استفاده از قوسهای اتصال و یا قوسهای مرکب در فاصله دو قوس دایره بر خط مستقیم برتری دارد. در مواردی که طول خط مستقیم بین دو قوس هم جهت حدود ۵۰۰ متر و یا بیشتر از آن است مشکل فوق وجود نخواهد داشت.
- ۹- برای جلوگیری از ظاهر ناهمخوان و آشفته راه ، قرارگیری در سطح افقی را باید همراه و هماهنگ با طرح نیمرخ طولی انجام داد. طراح باید پلان و پروفیل را همزمان با یکدیگر طرح کند.

با توجه به موارد فوق مسیر راه بر روی نقشه توپوگرافی رسم گردید.

د) محاسبه عرض راه و شیب عرضی راه :

عرض راه با توجه به دوخطه بودن راه ، با در نظر گرفتن عرض شانه و تعریض روسازی در پیچها محاسبه شده است. شیب عرض را هم با توجه به شیب لازم در مسیر افقی و دور در پیچها لحاظ شده است.

هـ) رسم پروفیل طولی :

در پروفیل طولی مسیر با توجه به طراحی های انجام شده بر روی پلان راه ؛ خط زمین طبیعی رسم و باتوجه به اطلاعات زمین و محدودیت های آیین نامه خط پروژه طراحی و ترسیم شده است.

در رسم پروفیل طولی عوامل زیر مد نظر قرار گرفته اند :

۱- حداکثر شیب طولی راه (در این پروژه برابر ۳٪ است).

۲- حداکثر طول شیب راه (در این پروژه برابر ۶۷۰ متر است).

۳- تعادل میان خاکبرداری و خاکریزی که چون این منطقه دشتی است برای جلوگیری از عبور آب از سطح جاده می بایست ارتفاع سطح جاده را نسبت زمین های طبیعی اطراف کمی بالاتر برد که این کار مستلزم خاکریزی بیشتری است.

۴- مساحت لازم برای دهانه آبرو که ارتفاع دهانه آن می بایست توسط خاکریزی تأمین گردد.

۵- شیب های لازم برای طراحی قوس های قائم با عنایت به اینکه قوس های قائم دارای استاندارد های لازم آیین نامه باشند و در ضمن حجم عملیات خاکی آنها نیز در حداقل قرار گیرند.

و) رسم پروفیل های عرضی :

در پیچ ها مقاطع عرضی نزدیکتر به هم در نظر گرفته شده و در محل هایی که عوارض زمین به طور ناگهانی تغییر پیدا میکند مقطع عرضی انتخاب شده است.

نکات زیر در ترسیم مقاطع عرضی دقت شده است :

۱- دور یا بر بلندی

۲- شیب عرضی سواره رو

۳- شیب عرضی شانه های راه

۴- وجود جدول و آثار آن بر روی شیب عرضی

۵- افزایش عرض راه در پیچ ها

ز) محاسبات مربوط به قوس های قائم :

در محل تلاقی شیب های مختلف در خط پروژه قوس قائم در نظر گرفته شده است.

ح) محاسبات مربوط به حجم عملیات خاکی :

محاسبات مربوط به برآورد حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی با استفاده از نرم افزار انجام شده است و سپس با توجه به خروجی این برنامه منحنی بروکتر کشیده شده است .

ط) طرح روسازی :

با در نظر گرفتن دشتی بودن منطقه و ترافیک عبوری از کمربندی شهری ، طراحی روسازی انجام شده است.

ک) تعیین شیب عرضی برای شعاعهای مختلف قوسهای افقی :

بر اساس ضوابط موجود در آیین نامه راه ، بر اساس حداکثرهای مجاز e و f حداقل شعاع قوس بدست می آید.

قوسی که شعاع آن کمتر از این حداقلها باشد نباید در قرارگیری افقی راه مورد استفاده قرار گیرد. اما شعاع بسیاری

از قوسها از این حداقل بیشتر خواهد بود. در این حالت یک شیب عرضی به پیچ اضافه میگردد تا بتوان در شیبهای

با شعاع کمتر ایمنی و راحتی سرنشینان را ایجاد نمود.

۴- پروفیل طولی

پروفیل طولی راه ، مقطع طولی راه در امتداد محور راه است که ارتفاعات خط زمین و خط پروژه را در نقاط مختلف نشان می دهد.

بر روی پروفیل طولی راه موارد زیر مشخص شده است :

- رقوم پروژه
- رقوم زمین طبیعی
- فاصله از مبدأ
- درصد شیب طولی
- مشخصات نقطه
- شماره نقطه
- ابنیه فنی تونل و پل

با توجه به اختلاف ارتفاع زیاد نقاط مسیر راه و همچنین طول راه، پروفیل طولی مسیر با مقیاس افقی ۱:۲۰۰۰ و مقیاس قائم ۱:۲۰۰ رسم شده است.

✓ محاسبات مربوط به تعیین دهانه آبرو:

فرمول مربوط به سطح مقطع آبرو :

$$F = 5.8 C *$$

$$E^{(3/4)}$$

C = ضریب منطقه ای که مطابق شرایط ذیل تغییر می کند:

۱. اگر منطقه کاملاً کوهستانی باشد آنگاه $0.8 < C < 1$

۲. اگر منطقه دشت و جلگه ای باشد آنگاه $0.2 < C < 0.3$

۳. اگر منطقه تپه ماهوری باشد آنگاه $0.4 < C < 0.5$

۴. اگر منطقه نسبتاً کوهستانی باشد آنگاه $0.6 < C < 0.8$

E = مساحت حوزه آبرگیر بر حسب کیلومتر مربع

حوزه آبیگر :

عبارتست از مساحت مناطقی که میزان بارندگی در آن ها باعث ایجاد جریان آب در یک یا چند رود یا آبرو می شود .
این مساحت معمولاً بر حسب کیلو متر مربع بیان می شود که در مناطق دشتی در حدود ۵ کیلو متر مربع است و در این پروژه با توجه به موقعیت خاص آن ۳ کیلومتر مربع در نظر گرفته می شود.

$$F = 2.64 \rightarrow r = 0.91 \text{ m}$$

۵- پروفیل‌های عرضی راه

پروفیل‌های عرضی راه عبارت است از مقطع عرضی عمود بر محور راه ، که در آن خط زمین و خط پروژه نشان داده می شود.

برای کلیه نقاطی که در نیمرخ طولی مشخص گردیده اند نیمرخ عرضی تهیه شده است.

محل تهیه پروفیل عرضی :

۱- مناطقی که عوارض زمین تغییر می کند

۲- در مناطق مسطح هر ۳۰ الی ۵۰ متر یک پروفیل عرضی تهیه می گردد.

مورد استفاده پروفیل‌های عرضی در تعیین حجم خاکبرداری و خاکریزی می باشد که از روی این ارقام منحنی بروکنر رسم خواهد شد.

بطور کلی در این پروژه ۹۲ پروفیل عرضی با مقیاس ۱:۲۰۰ تهیه گردیده است که در پیوست آمده است.

۶- قوسهای افقی

هرگاه در یک قطعه از مسیر راه دو خط با امتدادهای متفاوت با هم در نقطه‌ای تلاقی کنند ، باید در آنجا از قوس افقی استفاده کرد. با توجه به ابلاغیه‌های وزارت راه در رابطه با حداقل شعاع قوسها با توجه به سرعت طرح و سایر موارد تعیین کننده ، انواع مختلفی از قوسها قابل استفاده خواهد بود.

در این پروژه از قوسهای افقی مرکب و کلوتوئید استفاده گردیده است که با توجه به محدودیتهای موجود از نظر شعاع انتخاب گردیده‌اند.

کلیاتی در مورد مسیر و نقشه برداری مسیر (مطالعه آزاد)

همانطور که می دانید هر کشوری دارای شبکه گسترده ای از راههای فرعی ، اصلی و شاهراهها می باشد تا بتواند تمام نقاط کشور را به هم متصل نماید و هنوز هم کشور های صنعتی دنیا سهم بزرگی از بودجه عمرانی سالانه خود را صرف احداث ، تکمیل ، توسعه و نگهداری راهها می نمایند در حالیکه در کشور عزیز ما ایران بسیاری از نقاط هنوز از داشتن راههای معمولی محروم می باشند و به جرأت می توان گفت که تا چند دهه آینده لازم خواهد بود که قسمت اعظم بودجه عمرانی صرف احداث راههای حیاتی و شبکه های ارتباطی ضروری گردد .

برای رسیدن به این منظور ، قبل از هر چیز داشتن اطلاعات اساسی کافی در امر طراحی هندسی راه و راهسازی که بر اساس سه عامل اصلی ((ایمنی ، راحتی ، اقتصاد)) استوار باشد ، ضروری است . فعالیتها و اقداماتی که اخیراً در سطح کشور در امر راهسازی و ایجاد راهها ارتباطی در نقاط دور افتاده و محروم کشور انجام شده اگر چه بر اساس اصول صحیح راهسازی نبوده ولی می توان گفت که گام مهمی در راه ایجاد تحرک و توجه به امر مهم راه و راهسازی و توسعه روحیه سازندگی و همکاری در مردم بوده است .

مسیر یابی بوسیله روش زمینی و عکسبرداری هوایی :

در قدیم برای تعیین مسیر از یک رشته روابط کلی استفاده می شد و عواملی از قبیل نزدیکترین راه بین آبادی ها و شهرها و راههای مال رو ، ملاک تعیین مسیر قرار می گرفت ، ولی در شرایط امروزه به علت ازدیاد روز افزون وسایل نقلیه ، نه فقط عوامل ایمنی در پیچ و شیب و سرعت و راحتی عبور از راهها ملاک قرار می گیرد بلکه عوامل دیگری از قبیل تأثیر آتی راه در صنایع کشاورزی موجود ، تجارت و افزایش قیمت زمینهای مسکونی باید مورد توجه قرار گیرد .

بطور کلی روش متعادل در تعیین یک مسیر قابل قبول جهت احداث راه آهن ، شاه راه و خطوط لوله جهت هدایت آب ، نفت ، گاز و غیره عبارت خواهد بود از :

۱. نقشه برداری مقدماتی به وسیله بازدید و بررسی منطقه در یک سطح وسیع بین مبدأ و مقصد جهت انتخاب بهترین مسیر .

۲. تعیین مسیرهای اجرایی بر روی نقشه و مقایسه جزئیات هر یک از این مسیر ها با هم از قبیل سرعت وسیله نقلیه در مسیر ، عرض راه ، حداکثر شیب ، محل عبور راه ، طول راه ، مخارج احداث راه ، تأثیر مسیر در توسعه مناطق مجاور ، هزینه نگهداری آینده راه ، منظره و تسهیلات در طول مسیر ، بهره برداری اقتصادی آینده از راه و سپس انتخاب بهترین و اقتصادی ترین مسیر .
۳. نقشه برداری و تعیین جزئیات لازم جهت تهیه نقشه های پلان و ارزیابی حجم عملیات ساختمانی آن .
۴. تهیه و تکمیل نقشه های پلان و تعیین مسیر نهایی .
۵. میخکوبی پروژه ، تعیین محل آبرو ها ، حریم راه ، تعیین محل استراحتگاههای بین راه ، تعیین ایستگاههای بین راه ، هتل و متل ، تفریگاه و غیره .

نقشه برداری اولیه :

شناسایی زمینی و هوایی - معمولاً جهت بررسی و تهیه نقشه های مورد لزوم از عکسهای هوایی موجود منطقه با استفاده از عینکهای برجسته بینی و یا دستگاههای مجهز کامپیوتری که قادر است عکسهای هوایی را به نقشه های عوارض دار تبدیل کند و یا در مراحل که عکسبرداری هوایی در منطقه چندان توسعه پیدا نکرده باشد از نقشه برداری زمینی استفاده می کنند . وسایلی که برای نقشه برداری زمینی مورد استفاده قرار می گیرد معمولاً از وسایل اولیه نقشه برداری از قبیل قطب نما ، فشار سنج ، تراز یاب و ... می باشد .

در صورتی که نقشه منطقه مورد مطالعه موجود نباشد باید قبلاً نقشه برداری کامل از زمین صورت پذیرد و معمولاً عکسهای هوایی عامل کمک کننده ای در این مورد می باشند . در بعضی مواقع حتی از نقشه های تهیه شده از عکسهای هوایی جهت تکمیل نقشه های زمینی منطقه استفاده می شود .

در حال حاضر اغلب کشور های جهان در تهیه پلان و بررسی و مطالعات اولیه بیشتر از روش عکسهای هوایی در تمام پروژه های راهسازی استفاده می کنند . در اسن گونه عکسها خطوط عوارض زمین نشان داده نشده اند ولی وضعیت منطقه بطور وضوح مشخص شده است . در مناطق مسطح این قبیل عکسها حتی به تنهایی تا انتخاب مسیر نهایی مورد استفاده قرار می گیرند . در مراحل که اطلاعات لازم را نتوان تنها از عکسهای هوایی بدست آورد نقشه های تپوگرافی مورد استفاده قرار می گیرد .

نقشه های لازم برای راه سازی بطور کلی از عکسهای هوایی که بطور شاقولی برداشت شده اند تهیه می گردد . منطقه مورد نظر برای نقشه برداری در نوار های موازی بصورت عکسهای مجزا که در طول و عرض یکدیگر را می پوشانند عکسبرداری می شود. عکسهای رنگی نسبت به عکسهای سیاه و سفید کمک بیشتری می توانند به مهندس راه ساز بنماید . مثلاً هنگام مطالعه ترافیک و مطالعه پارکینگ کاملاً وضعیت ترافیک در عکسها مشخص می باشد . از نظر نوع مواد و اوضاع زمین شناسی منطقه اطلاعات بیشتری را می توان از عکسهای رنگی بدست آورد .

نحوه طراحی یک مسیر:

مسیر یابی جاده های خارج از شهر بصورت مطالعه با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده و عکسهای هوایی و نقشه های تپوگرافی و بررسی در بیابان استوار می باشد و به سه مرحله زیر تقسیم می شود :

۱. شناسایی مقدماتی منطقه بین دو نقطه (مبدا و مقصد) و تعیین مسیر های قابل اجرا و سپس انتخاب بهترین مسیر نهایی .

۲. مطالعات بر روی مسیر نهایی انتخاب شده و تهیه نقشه های اجرایی مربوطه

۳. پیاده کردن (میخکوبی) مسیر قطعی بر روی زمین و اصلاحات لازم و برداشت نیمرخ طولی و عرضی

مرحله اول

شناسایی مقدماتی - مطالعه و بررسی مقدماتی بوسیله افراد مجرب و با سابقه یکی از نکات مهم در شناسایی و انتخاب صحیح مسیر های قابل اجرا می باشد . مسائل و پارامتر های مختلفی در همگام مطالعه و شناسایی مسیر پیش خواهد آمد که بعضی مواقع به این مرحله جنبه هنری می دهد . در هر پروژه اولین قدم عبارتست از جمع آوری نقشه های موجود و بدست آوردن اطلاعات کافی در مورد تپوگرافی ، زمین شناسی ، آب و هوا و توزیع جمعیت که از عوامل مهم می باشند . در صورتی که از عکسهای هوایی استفاده شود عرض منطقه زیر پوشش عکس باید به اندازه ۰/۴ تا ۰/۶ طول مسیر باشد . در مسیر های طولانی و مناطق دشتی و یکنواخت ممکن است عرض منطقه زیر پوشش عکس از مقدار فوق کمتر گرفته شود .

در این مرحله مقیاس عکسهای مورد مطالعه در ایران معمولاً برابر با ۱ : ۵۰۰۰۰ و بعضی کشور ها از ۱ : ۱۸۰۰۰ تا ۱ : ۳۰۰۰۰ می باشد .

در مرحله شناسایی وظیفه مهندسین عبارت از انتخاب مسیر های قابل اجرا و تعیین مسیر بر مبنای نقاط اجباری است ، در بعضی مواقع وجود یک محل مناسب برای پل و یا فقط یک گردنه جهت عبور از کوهستان یکی از عوامل کنترل مسیر می باشد . نقاط دیدنی در طول مسیر مانند آبشار ، دریاچه و سایر زیبایی های طبیعی و جذب ننده ، مراکز آثار باستانی و مراکز صنعتی تمام نقاطی هستند که در وهله اول به نام نقاط اجباری درجه یک بر روی انتخاب مسیر موثر اند .

عواملی که در وهله دوم و به نام نقاط اجباری درجه دو بر روی انتخاب مسیر تاثیر دارند عبارتند از مسیل ها ، گذرگاههای کوهستانی ، مناطق باتلاقی ، عوامل موثر در قیمت از قبیل نوع خاک ، تعداد و بزرگی ابنیه های فنی موجود در طول مسیر ، حجم عملیات خاکی شامل خاکبرداری و خاکریزی برای تهیه مسیر مطلوب و شیبهای استاندارد ، هزینه نگهداری راه ، عبور مسیر از منطقه آفتابی ، هزینه ساختمان بهمن گیر ، هزینه جلوگیری از ریزش سنگهای کوه و جلوگیری از خطر نقاط طغیانی .

پس از انجام مطالعات مقدماتی شناسایی ، مسیر های اجرایی هر کدام به صورت تئوری بین مبدا و مقصد بر روی نقشه بصورت خط منکسر ترسیم می گردند . ابتدا طول لازم با در نظر گرفتن شیب مجاز بین دو خط تراز از فرمول زیر محاسبه می گردد :

$$L = \frac{i_1 - i_2}{i_3}$$

$$i_3 \leq i_{\max}$$

L = طول لازم با در نظر گرفتن شیب مجاز جهت عبور مسیر از یک خط تراز به خط تراز مجاور

i_1 = ارتفاع زیاد خط تراز

i_2 = ارتفاع کم خط تراز

i_3 = درصد شیب انتخابی کوچکتر از شیب مجاز

i_{\max} = درصد شیب مجاز

حال نقاط بدست آمده با توجه به شیب مجاز خود از مبدا به مقصد ول کرده تا خط منکسر مسیر تئوری حاصل گردد ، سپس با بکار بردن قوسها و قوسهای اتصال در محل های لازم مسیر واقعی تکمیل می گردد .
شناسایی مسیر های قابل اجرا - بررسی و مطالعه مقدماتی که انجام گرفت ، نقاط اجباری درجه یک و درجه دو برای مسیر های قابل اجرا ، و احتمالاً هر مسیر به عرض چندین متر تعمیم می گردد . در این قسمت بررسی دقیقتر هر یک از راههای قابل اجرا بوسیله گذراندن مسیر از نقاط اجباری که در سطح قائم و در سطح افقی می باشد انجام می گیرد .

چگونگی انتخاب مسیر از نظر اقتصادی - معلومات مبنا جهت اجرای یک راه از طریق مقایسه اقتصادی بین متغیر های مختلف با مقایسه هزینه عملیات و مزایای که برای استفاده کننده و همچنین اقتصاد کشور دارند ، انتخاب می گردد .

عوامل اصلی که در مطالعه مسیر از نظر اقتصادی حائز اهمیت است عبارت خواهد بود از :

انعکاس و اثر پروژه بر وضع اقتصادی کشور

کارهای انجام شده به علت طرح

محاسبه بهره وری : میزان بهره وری فوری ، میزان بهره وری ثانوی ، تاریخ مناسب گشایش راه ، زمان

حرکت ، رابطه سرعت ، دبی

مرحله دوم

مطالعات مقدماتی بر روی مسیر قطعی - بعد از انتخاب بهترین مسیر و نشان دادن وضعیت و موقعیت آن در نواری به عرض کم در حدود ۴۰۰ متر مشخصات و جزئیات بیشتری برای تعیین مسیر نهایی لازم به نظر می رسد در این مرحله یک نوار باریک به عرض ۱۰۰ تا ۴۰۰ متر بسته به وضعیت راه جهت تهیه نقشه تپوگرافی با مقیاس ۱ : ۲۰۰۰ نقشه برداری می گردد . اطلاعات حاصله در عملیات نقشه برداری در نقشه ها و پروفیلها خلاصه خواهد شد . بعد از تکمیل اطلاعات لازم مسیر نهایی تعیین و نقشه های اجرایی تهیه می گردد .

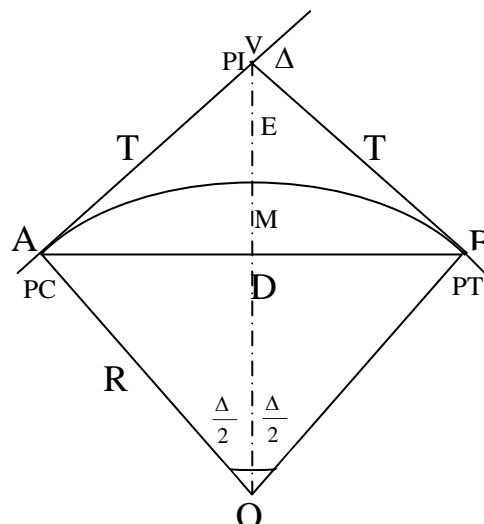
مطالعات مسیر نهایی - اصولاً مرحله نهایی عبارت است از پیاده کردن و میخ کوبی مسیر قطعی بر روی زمین و احتمالاً اگر تغییرات کوچکی در وضع هندسی و یا در شبیه‌ها ضروری به نظر برسد، انجام می‌گردد. در این مرحله از مطالعات، وضعیت هندسی راه چه در سطح قائم و چه در سطح افقی و محل کانال‌های تخلیه آبهای سطحی و سایر ابنیه‌های فنی دقیقاً تعیین می‌گردد. باید توجه بخصوص به هماهنگ کردن نقاطی از مسیر که دارای قوس افقی و قائم می‌باشد، مبذول گردد. مثلاً باید از وجود یک قوس قائم بلافاصله بعد از خاتمه یک قوس افقی پرهیز گردد چون عملاً در چنین وضعیتی راننده دید کافی نخواهد داشت. قوسها بر روی زمین با استفاده از میخکوبی و روش پیاده کردن قوس مشخص می‌شود.

بطور کلی خط پروژه یک راه از یک سری خطوط مستقیم و قوس تشکیل شده است . در اصطلاح فنی خطوط مستقیم را به نام تانژانت و قوس متصل کننده دو تانژانت را با نام شعاع آن و یا بوسیله درجه قوس مشخص می کنیم . درجه قوس عبارت است از زاویه مرکزی روبروی قوسی برابر با ۱۰ متر ، بطور کلی قوسهای دایره ای به سه گروه تقسیم بندی می شوند که عبارتند از :

قوسهای معکوس

مینیمم شعاع قوسهای دایره ای بر مبنای سرعت طراحی و دور و اصطکاک جانبی تعیین می گردد.

اجزاء یک قوس دایره مطابق شکل مشخص می شوند که در زیر به شرح آنها پرداخته خواهد شد .



PI = اگر دو مماس قوس مانند BV و AV را رسم کنیم یکدیگر را در نقطه ای قطع می کنند که به PI نمایش میدهند و به نام نقطه تقاطع می گویند .

PT = نقطه شروع مماس به دایره در نقطه B می باشد .

PC = شروع قوس را که از نقطه A در سمت چپ می باشد به نام PC یا نقطه شروع منحنی نامیده می شود .

Δ = زاویه خارجی بین دو مماس به نام زاویه تقاطع نامیده می شود و این زاویه را به Δ نمایش می دهند و برابر با زاویه مرکزی روبروی قوس ACB می باشد .

T = مماسهای VA و VB با هم برابرند و با T نمایش می دهند . بنابراین در مثلث قائم الزاویه OBV داریم :

$$T = R \tan \frac{1}{2} \Delta$$

LC طول خط AB از نقطه شروع قوس تا نقطه خاتمه قوس را به نام وتر قوس و به LC نمایش می دهند .

$$LC = 2R \sin \frac{1}{2} \Delta$$

E را به نام طول خارجی می نامند . و از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$E = R(\sec \frac{1}{2} \Delta - 1)$$

M را به نام طول میانی می نامند و مقدارش از فرمول زیر محاسبه می شود :

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

D درجه قوس که آن را با حرف D نمایش می دهند ممکن است بصورت یکی از تعاریف زیر بیان شود:

زاویه مرکزی روبروی قوس

زاویه مرکزی روبروی وتر

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

(۱) D بر حسب درجه و R بر حسب متر

$$D = 2 \arcsin \frac{5}{R}$$

(۲) D بر حسب زاویه مرکزی روبروی وتر

طول وتر - طول وتر C که همیشه کمتر از طول قوس روبروی آن است از روی معادله زیر می توان بدست آورد

$$C = 2R \sin \frac{\theta}{2}$$

طول قوس بر حسب طول وتر C

در صورتی که D بر حسب طول قوس روبرو منظور گردد میتوان از فرمول زیر آن را محاسبه نمود :

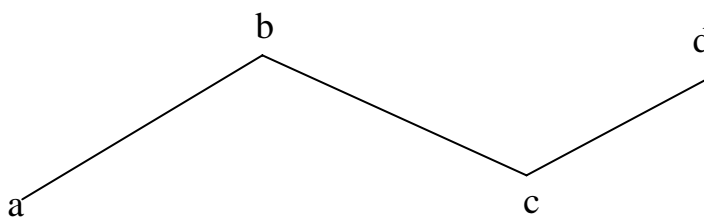
$$S = \frac{20}{D} \arcsin \left(\frac{CD}{2 \times 572.96} \right)$$

پیاده کردن یک قوس ساده

در ابتدا حداقل شعاع قوس بر حسب سرعت طرح وسایل نقلیه باید محاسبه و در نظر گرفته شود و نتیجتاً در عمل هنگامی که زاویه Δ ثابت باشد قوس صافتر یعنی قوس که دارای شعاع بزرگتر و درجه کمتر باشد انتخاب می کنند زیرا نسبت به قوس تیز تر با شعاع کوچکتر و درجه بزرگتر از نظر ایمنی وسایل نقلیه با سرعت زیاد و صرفه جویی در طول رجحان دارد.

حال شکل زیر را که معرف یک مسیر بر روی نقشه است را در نظر می گیریم و می خواهیم قوسی ساده بین

مسیر abc رسم کنیم برای این منظور ابتدا شعاع قوس را با استفاده از فرمول زیر بدست می آوریم



$$R = \frac{V^2}{127.2(e + f)}$$

که در این فرمول e شیب عرضی جاده (که با توجه به شرایط جوی منطقه بدست می آید) و f ضریب اصطکاک (که با توجه به سرعت طرح بدست می آید) می باشد.

حال با داشتن شعاع قوس و زاویه Δ (که می توان با نقایه و یا بصورت هندسی محاسبه نمود) طول تانژانتهای قوس را از فرمول زیر محاسبه و اعمال نمود

$$T = R \tan \frac{1}{2} \Delta$$

حال با داشتن طول تانژانتهای با استفاده از خط کش از راس قوس یعنی از نقطه b به اندازه T (طول تانژانت محاسبه شده) در طرفین مسیر یعنی بر روی خط ba و bc علامت گذاری می نمائیم که این دو نقطه محل شروع و پایان قوس ساده ما خواهد بود حال می توان با استفاده از این دو نقطه به اندازه R قوسهایی بزنیم که محل تقاطع این قوسها مرکز قوس ساده ما بر روی مسیر خواهد حال از مرکز قوس به اندازه شعاع آن بر روی مسیر قوس می زنیم .

پایان بخش مطالعه آزاد

الف) قوس های کلوتوئید

طبق ابلاغیه های وزارت راه ، حداقل شعاع قوس بدون کلوتوئید برای سرعت طرح 110 km/h ، 1700 متر می باشد و عملاً تأمین چنین شعاعی در بعضی از قوسها امکان پذیر نبود ، بنابراین قوسهای افقی اجرا شده در این پروژه از نوع کلوتوئیدی بوده که مبانی طرح آنها در زیر آمده است.

قوسهای انتقال (قوسهای اتصال تدریجی)

معمولاً از قوس کلوتوئید ، برای اتصال مسیر مستقیم و مسیر منحنی دایره ای استفاده می شود.

مزایای کاربرد قوسهای اتصال تدریجی :

- اتصال پیچ دایره ای شکل به مسیر مستقیم با تغییر تدریجی شعاع انحناء انجام می گیرد، این امر سبب ایمنی و نیز راحتی سرنشینان می گردد.
- اعمال بر بلندی (دور) از مقدار حداقل تا مقدار حداکثر آن می تواند در طول قوس اتصال تدریجی انجام گیرد.
- اعمال اضافه عرض روسازی در طول قوس می تواند در طول قوس اتصال تدریجی انجام شود.
- تعیین شعاع قوس

حداقل شعاع قوس بر اساس دور حداکثر بدست می آید. بر اساس روابط داریم :

$$R = \frac{v^2}{127.2(e + f)}$$

e : مقدار بر بلندی بر حسب m/m

f : ضریب اصطکاک جانبی لاستیک چرخ با سطح جاده. (از جدول بدست می آید)

v : سرعت طرح بر حسب km/h

از آنجا که بر طبق آئین نامه وزارت راه مقدار دور ماکزیمم برای مناطق با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا برابر ۰٫۸ می باشد و با توجه به اینکه راه از نوع بزرگراه است و کمربندی شهری را تشکیل میدهد دور ۶٪ در نظر گرفته می شود و مقدار شعاع حداقل قوس ۵۵۹٫۵۶ متر بدست می آید.

تعیین حداقل طول اتصال کلوتوئید

روش (AASHTO)

طبق این روش حداقل طول اتصال (ls) از دو رابطه زیر بدست می آید و هر کدام طول بیشتری دهد بعنوان حداقل طول کلوتوئید مورد استفاده قرار می گیرند.

رابطه اول :

$$l_s = 0.036 \times V^3 / R$$

R : شعاع قوس (m)

V : سرعت طراحی (km/h)

ls : طول کلوتوئید

رابطه دوم :

$$l_s = 13.65 \times Ve$$

e : ماکزیمم شیب عرضی جاده (%)

روابط دیگر مربوط به قوسهای افقی در زیر آمده است:

$$x = \frac{l}{100} [100 - 0.3\theta^2 (10)^{-2} + 0.43\theta^4 (10)^{-7} - 0.3\theta^6 (10)^{-12} + 0.14\theta^8 (10)^{-17}]$$

$$y = \frac{l}{100} [0.58\theta - 0.13\theta^3 (10)^{-4} + 0.12\theta^5 (10)^{-9} - 0.05\theta^7 (10)^{-15}]$$

x : طول هر نقطه بر روی کلوتوئید

y : عرض هر نقطه بر روی کلوتوئید

θ : زاویه مرکزی روبروی قسمتی از قوس کلوتوئید

$$\theta_s (rad) = \frac{l_s}{2R_c} \Rightarrow \theta_s (deg) = \frac{90l_s}{\pi R_c}$$

θ_s : زاویه کلوتوئید

R_c : شعاع دایره

همچنین :

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

$$k = x_s - R_c \times \sin \theta_s$$

$$T_s = (R_c + p) \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) + k$$

p : فاصله مماس بردایره تا تانژانت در محلی که این مماس موازی تانژانت است.

k : طول دایره منحرف شده در محل فوق نسبت به T_s

T_s : مجموع کل طول تانژانت

y_s : عرض نقطه S_c

x_s : طول نقطه S_c

Δ : مجموع زاویه مرکزی قوس دایره و کلوئید

در هر حال محاسبات مربوط به قوسهای افقی توسط برنامه و بوسیله کامپیوتر جیبی انجام شده و ریز محاسبات مربوطه در پیوست آمده است.

Ls=90.09m	Ts=	X2=60.05
Xs=90.03	X1=30.02	Y2=0.71
Ys=2.40	Y1=0.089	Θ2=2.04
Θs=4.61	Θ1=0.51	جدول محاسبات ترسیمی کلوئید برای قوس افقی مرکب با شعاع بزرگتر

Ls=171.26 m	Ts=	X2=113.96
Xs=169.69	X1=57.08	Y2=5.15
Ys=17.29	Y1=0.64	Θ2=7.79
Θs=17.53	Θ1=1.94	جدول محاسبات ترسیمی کلوئید برای قوس افقی مرکب با شعاع کمتر

ب) قوسهای دایره ای مرکب:

پیچ مرکب از دو یا تعداد بیشتری قوس دایره ای هم جهت با شعاع های مختلف تشکیل شده که بر یکدیگر مماس است. با ترکیب قوس های مختلف دایره ای، به شعاع های گوناگون می توان پیچ مرکب مناسبی برای وضعیت های مختلف طراحی کرد و مسیر را با موقعیت های مشکل تطبیق داد.

محاسبات مربوط به قوس مرکب دومرکزی (سه مرکزی با شعاع $R_3=0$ و $\Delta=0$)

$$R = \frac{v^2}{127.2(e+f)} \rightarrow 559.56 \quad \text{متر بر روی زمین}$$

که با اعمال ضرایب مقیاس برابر است با : ۲۸ سانتی متر بر روی نقشه

نکته ۱ : مقادیر سرعت طرح ، دور و اصطکاک جانبی طبق آیین نامه و بر اساس نوع جاده از لحاظ اهمیت و منطقه

توپوگرافی به ترتیب برابر با ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت ؛ ۶٪ و ۰.۱۱ می باشد

نکته ۲ : طبق توصیه نامه ها و ابلاغیه های وزارت راه و ترابری و سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور :

$$R_2 = 0.5 * R_1$$

R_2 = شعاع قوس دایره های دوم

R_1 = شعاع قوس دایره ای اول که برابر با همان شعاع قوسی است که از رابطه بدست می آید.

$$I = \Delta_1 + \Delta_2 = 126 \quad \text{نکته ۳ : همواره}$$

Δ_1 = زاویه مرکزی قوس دایره ای بزرگ اول = ۳۰ درجه

Δ_2 = زاویه مرکزی قوس دایره ای کوچک دوم = ۹۶ درجه

طبق بند a از محاسبات قوس مرکب دو مرکزی کتاب طرح هندسی راه :

$$X_1 = R_2 \sin I + (R_1 - R_2) \sin \Delta_1 \rightarrow X_1 = 18.32$$

طبق بند b از محاسبات قوس مرکب دو مرکزی کتاب طرح هندسی راه :

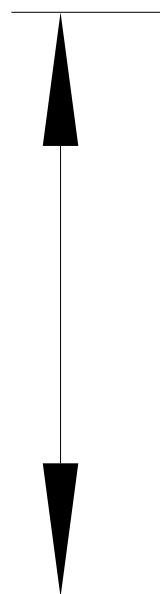
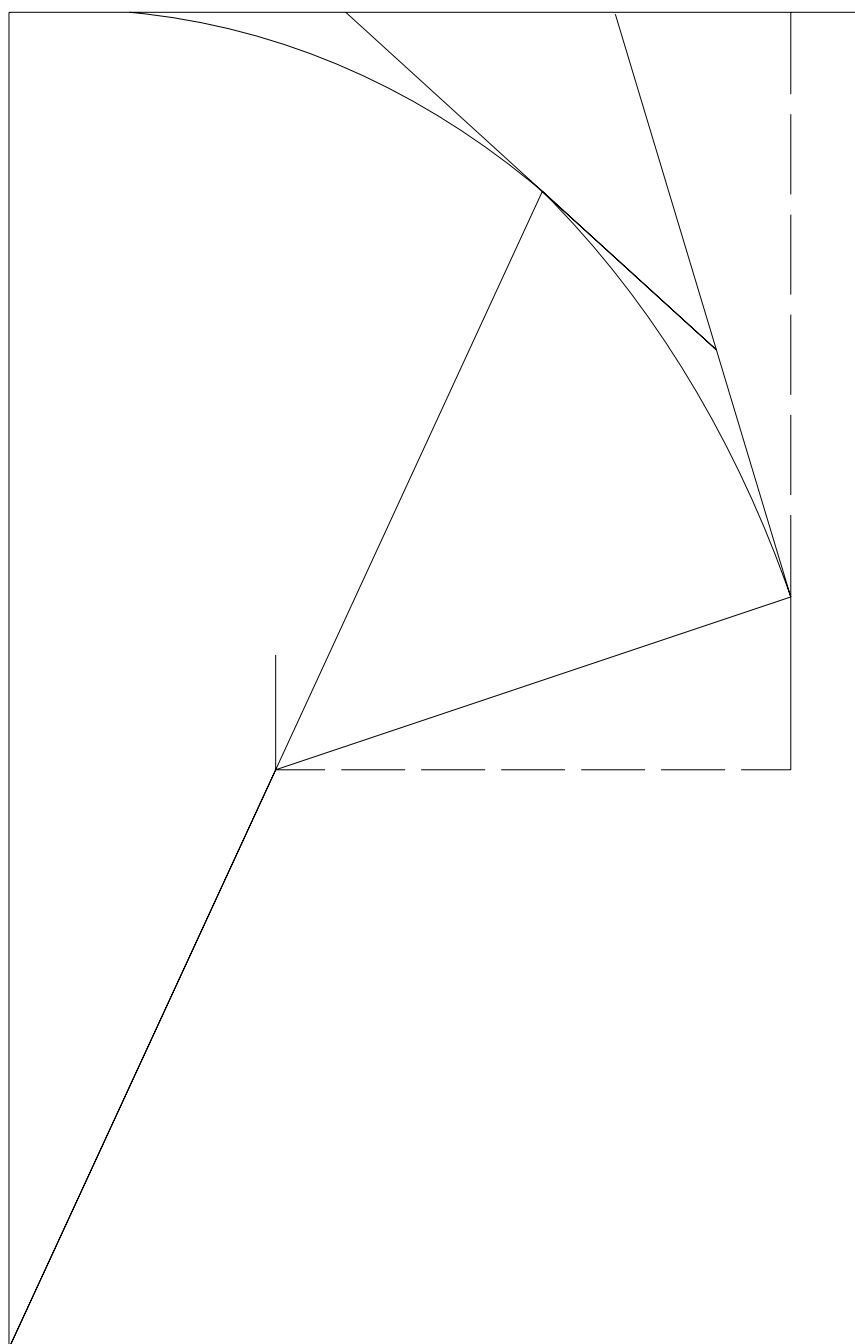
$$Y_1 = R_1 - R_2 \cos I - (R_1 - R_2) \cos \Delta_1 \rightarrow Y_1 = 24.1$$

طبق فرمول (۷-۱) از همان کتاب داریم:

$$T_b = Y_1 / \sin I = 24.1 / \sin 126 = 29.79$$

طبق فرمول (۷-۱) از همان کتاب داریم:

$$T_a = \frac{-R_2 - R_1 \cos I + (R_1 - R_2) \cos \Delta}{\sin I} = 35.83$$



۷- برابندی (دور) Superelevation

در قوسها خودروها تحت اثر نیروی گریز از مرکز قرار می گیرند. برای تأمین ایمنی و راحتی سرنشینان ، سطح جاده را در قوسها بصورت شیبدار به طرف داخل قوس در نظر می گیرند که آن را برابندی (دور) می نامند. در زیر رابطه دور به همراه توضیح ارکان آن آمده است :

$$e = \frac{v^2}{127.2R} - f$$

e : مقدار برابندی بر حسب m/m

f : ضریب اصطکاک جانبی لاستیک با سطح جاده (این ضریب از روی جدول بدست می آید)

v : سرعت طرح بر حسب km/h

مقدار حداکثر برابندی بستگی به عوامل زیر دارد:

- شرایط جوی منطقه
- نوع راه (کوهستانی ، دشت ، تپه ماهور)
- محدودیت طراحی از لحاظ تأمین فضای کافی برای برابندی
- شرایط تخلیه آبهای سطحی

همچنین طبق آئین نامه وزارت راه ، مقادیر حداکثر دور به این قرار می باشد :

راههای دوخطه و مناطقی که در معرض برف و یخبندان نیست : $e_{\max} = 12\%$

آزادراهها و بزرگراه ها : $e_{\max} = 10\%$

در مناطق با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و در شرایط برف و یخ بندان : $e_{\max} = 8\%$

در مناطقی که احتمال نزدیکی به شهر را دارد بدلیل اینکه در این مناطق معمولاً سرعت کاهش میابد و در نتیجه

$$e_{\max} = 6\% \quad \text{میزان نیروی گریز از مرکز نیز کاهش می یابد :}$$

که در این پروژه بدلیل دشتی بودن منطقه و کمربند بودن شهری، حداکثر مقدار برابندی برابر ۶٪ در نظر گرفت شده است.

روشهای اجرای برابندی :

الف) دوران نیمرخ عرضی حول محور طولی راه

ب) دوران نیمرخ عرضی حول لبه داخلی راه

ج) دوران نیمرخ عرضی حول لبه خارجی راه

لازم به ذکر است که تمامی دورههای این پروژه مطابق بند "ب" می باشد.

۸- تعریض روسازی

دلایل افزایش عرض در پیچها :

۱- خودرو در پیچ عرض بیشتری را اشغال می کند.

۲- معمولاً راننده در پیچ به سختی می تواند از محور خطی که در آن حرکت می کند ، پیروی کند.

روش محاسبه میزان اضافه عرض روسازی

$$W = W_c - W_n$$

$$W_c = 2(u + c) + F_A + Z$$

$$u = u_0 + R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

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

$$z = \frac{V}{(10\sqrt{R})}$$

W : اضافه عرض روسازی برای یک راه دو خطه (m)

Wc : عرض روسازی راه دو خطه در پیچ (m)

Wn : عرض روسازی راه دو خطه در قسمت مستقیم (m) - (در این راه ۷,۳ متر)

u : عرضی که توسط وسیله نقلیه (خارج به خارج چرخها) در قوس اشغال می شود (m) - (در این راه ۲,۱ متر)

c : فاصله آزاد جانبی وسیله نقلیه برای روسازی با عرض ۶, ۵,۶ و ۷ این مقدار برابر است با ۰,۶ ، ۰,۷ ، ۰,۹ - (در

این راه ۰,۹ متر)

F_A : عرض پیشامدگی جلوی وسیله نقلیه (m) - (در این راه ۰,۹ متر)

Z : عرض اضافی به دلیل دشواری رانندگی در پیچ (m)

u₀ : عرضی که توسط وسیله نقلیه در مسیر مستقیم اشغال می شود (m)

R : شعاع محور راه دو خطه در پیچ - (در این راه ۲۱۸ متر برای پیچهای کلوتوئیدی و ۱۰۰۰ متر برای پیچهای

دایره ای)

L : فاصله بین محورهای جلو و عقب ماشین (m)

V : سرعت طرح (km/h) - (در این راه ۸۰ کیلومتر بر ساعت)

A : فاصله بین پیش آمدگی جلو وسیله نقلیه و محور جلو (m)

مقادیر پارامترهای فوق در این پروژه در پارامترهایی مقابل هر مقدار نوشته شده است، با توجه به مقادیر فوق مقدار

۰,۲۵ متر تعریض برای قوسهای مرکب کلوتوئیدی بدست می آید.

۹- قوسهای قائم (خمها)

قوسهای قائم برای ایجاد یک تغییر تدریجی بین دو امتداد مستقیم از راه با شیب های طولی مختلف استفاده می شود.

مبانی طرح قوس های قائم :

الف - مسافت دید کافی تأمین شود.

ب - تأمین آسایش سرنشینان

ج - تخلیه آبهای سطحی

انواع قوس های قائم :

۱- خم های گنبدی (قوس های برآمده)

۲- خم های کاسه ای (قوسهای فرورفته)

همچنین قوسهای قائم از لحاظ شکل هندسی به سه دسته سهمی ساده ، سهمی درجه ۳ و دایره ای تقسیم می شوند. تمامی قوسهای قائم موجود در این پروژه از نوع سهمی ساده می باشند. در زیر روابط مربوط به خم های سهمی شکل آمده است.

در قوس های قائم سهمی شکل ، فاصله عمودی قوس از خط مماس بستگی به مجذور فاصله افقی از نقطه تماس دارد. روابط مربوط به قوس های قائم در زیر آمده است :

$$A = g_2 - g_1$$

$$y = \frac{1}{2}(g_2 - g_1) \frac{x^2}{L}$$

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

$$\Rightarrow y = \left(\frac{x}{L}\right)^2 \times 4e$$

برای محاسبه رقوم نقاط از رابطه آخر استفاده می شود. با ترکیب آن با رقوم مربوط به هر نقطه در امتداد

مماس اولیه ، مقادیر رقوم قوس قائم بدست می آید.

در زیر روابط مربوط به حداقل طول خمها آمده است:

حداقل طول خمهای گنبدی

بنابر آئین نامه وزارت راه ، طول خم گنبدی باید به اندازه ای باشد که حداقل فاصله دید توقف برای راننده فراهم شود.

$$L \geq \frac{A \times S^2}{404} \Rightarrow \frac{S^2}{404} = K \Rightarrow L \geq K.A$$

L : طول خم گنبدی

K : ضریب تابع سرعت طرح که مقدار آن برای سرعت طرح 70 km/h برابر ۲۷ می باشد.

در ضمن حداقل طول خم برای اختلاف شیب بیش از نیم درصد ۳۰ متر است و برای کمتر از آن به طول خم نیازی نیست.

حداقل طول خمهای کاسه ای

حداقل طول خمهای کاسه ای با در نظر گرفتن دو موضوع زیر تنظیم می شود :

۱ - حداقل فاصله دید توقف

$$L \geq \frac{A.S^2}{122 + 3.5S}$$

$$\Rightarrow L \geq A.K$$

$$\frac{S^2}{122.5 + 3.5S}$$

۲ - راحتی سرنشینان

$$L = 0.0025.v^2.A$$

و از دو مقدار بالا هر کدام بیشتر بود ، به عنوان حداقل طول خم در نظر گرفته شده است.

طراحی قوسهای قائم با فرض حداقل شیب طولی ۰,۵٪ و حداکثر شیب طولی ۳٪ محاسبه و ترسیم شده است.

محاسبات مربوط به قوس V1:

$V = 110 \text{ km/hr}$ در نتیجه طبق آیین نامه طرح هندسی راه برای قوس های کاسه ای داریم
 $K = 54$ و $L > K * A$ و $A = g_2 - g_1$ که $A = -0.5 - (-1.2) = +0.7$ بنابراین حداقل مقدار
 برای L برابر است با $37.8 = 54 * 0.7$
 مقدار بدست آمده برای راحتی سرنشین نیز برابر است با:

$$L = 0.0025 \cdot v^2 \cdot A \rightarrow L = 21.76$$

مقدار L برابر است با مقدار \max دو رابطه بالا:

$$L = 37.8 \rightarrow L = 40 \text{ m}$$

فاصله بین هر ایستگاه نیز ۱۰ متر است که تعداد ایستگاهها برابر ۴ ایستگاه می شود.

$$e = (1/8) * AL$$

$$e = 0.035$$

$$y = (x/l)^2 * 4e$$

$$y = 0.0000875 (x^2)$$

y = معادله اختلاف ارتفاع بین سهمی قوس قائم و مماس وارد بر آن

e = بیشترین فاصله بین سهمی و مماس و یا فاصله رأس قوس تا مماس

ارتفاع روی سهمی	اختلاف ارتفاع (y)	ارتفاعات روی مماس	X^2	فاصله از مبدأ (x)	ایستگاه شماره پیکه
۱۷۶۴,۸۸	۰,۰۰	۱۷۶۴,۸۸	۰	۰	۱-۱۳
۱۷۶۴,۷۶۸	۰,۰۰۸۷۵	۱۷۶۴,۷۶	۱۰۰	۱۰	۲-۱۴
۱۷۶۴,۶۷	۰,۰۳۵	۱۷۶۴,۶۴	۴۰۰	۲۰	۳-۱۵
۱۷۶۴,۵۹	۰,۰۷۸	۱۷۶۴,۵۲	۹۰۰	۳۰	۴-۱۶
۱۷۶۴,۵۴	۰,۱۴	۱۷۶۴,۴۰	۱۶۰۰	۴۰	۵-۱۷

محاسبات مربوط به قوس V_2 :

$V = 110 \text{ km/hr}$ در نتیجه طبق آیین نامه طرح هندسی راه برای قوس های گنبدی داریم

$K = 120$ و $L > K * A$ و $A = g_2 - g_1$ که $A = -1.2 - (-0.5) = -0.7$ بنابراین حداقل مقدار برای L برابر است با $84 = 120 * 0.7$ مقدار بدست آمده برای راحتی سرنشین نیز برابر است با:

$$L = 0.0025 \cdot v^2 \cdot A \rightarrow L = 21.7$$

مقدار L برابر است با مقدار \max دو رابطه بالا:

$$L = 84 \rightarrow L = 90 \text{ m}$$

فاصله بین هر ایستگاه نیز ۱۰ متر است که تعداد ایستگاهها برابر ۹ ایستگاه می شود.

$$e = (1/8) * AL$$

$$e = -0.078$$

$$y = (x/l)^2 * 4e$$

$$y = -0.000038518 (x^2)$$

$y =$ معادله اختلاف ارتفاع بین سهمی قوس قائم و مماس وارد بر آن

$e =$ بیشترین فاصله بین سهمی و مماس و یا فاصله رأس قوس تا مماس

ارتفاع سهمی روی	اختلاف ارتفاع (y)	ارتفاعات مماس روی	X^2	فاصله از مبدأ (x)	ایستگاه شماره پیکه
۱۷۶۳,۵۴	۰	۱۷۶۳,۵۴	۰	۰	۳۴-۱
۱۷۶۳,۴۸	-۰,۰۳۸	۱۷۶۳,۴۹	۱۰۰	۱۰	۳۵-۲
۱۷۶۳,۴۱	-۰,۰۱۵	۱۷۶۳,۴۳	۴۰۰	۲۰	۳۶-۳
۱۷۶۳,۳۳	-۰,۰۳۴	۱۷۶۳,۳۷	۹۰۰	۳۰	۳۷-۴
۱۷۶۳,۲۴	-۰,۰۶۱	۱۷۶۳,۳۱	۱۶۰۰	۴۰	۳۸-۵
۱۷۶۳,۱۵	-۰,۰۹۶	۱۷۶۳,۲۵	۲۵۰۰	۵۰	۳۹-۶
۱۷۶۳,۰۵	-۰,۱۳۸	۱۷۶۳,۱۹	۳۶۰۰	۶۰	۴۰-۷
۱۷۶۲,۹۵	-۰,۱۸۸	۱۷۶۳,۱۴	۴۹۰۰	۷۰	۴۱-۸
۱۷۶۲,۸۳	-۰,۲۴۶	۱۷۶۳,۰۸	۶۴۰۰	۸۰	۴۲-۹

۴۳-۱۰	۹۰	۸۱۰۰	۱۷۶۳,۰۲	-۰,۳۱۲	۱۷۶۲,۷۰
-------	----	------	---------	--------	---------

محاسبات مربوط به قوس V3:

$V = 110 \text{ km/hr}$ در نتیجه طبق آیین نامه طرح هندسی راه برای قوس های گنبدی داریم

$K = 54$ و $L > K * A$ و $A = g_2 - g_1$ که $A = 0.7 - (-1.2) = 1.9$ بنابراین حداقل مقدار

برای L برابر است با $102.6 = 54 * 1.9$

مقدار بدست آمده برای راحتی سرنشین نیز برابر است با:

$$L = .0025.v^2.A \rightarrow L = 59.08$$

مقدار L برابر است با مقدار \max دو رابطه بالا:

$$L = 102.3 \rightarrow L = 110 \text{ m}$$

فاصله بین هر ایستگاه نیز ۱۰ متر است که تعداد ایستگاهها برابر ۱۱ ایستگاه می شود.

$$e = (1/8) * AL$$

$$e = 0.26$$

$$y = (x/l)^2 * 4e$$

$$y = 0.00008595 (x^2)$$

y = معادله اختلاف ارتفاع بین سهمی قوس قائم و مماس وارد بر آن

e = بیشترین فاصله بین سهمی و مماس و یا فاصله رأس قوس تا مماس

ایستگاه شماره پیکه	فاصله از مبدأ (x)	X^2	ارتفاعات روی مماس	ارتفاع اختلاف (y)	ارتفاع روی سهمی
۵۱-۱	۰	۰	۱۷۶۱,۷۴	۰	۱۷۶۱,۷۴
۵۲-۲	۱۰	۱۰۰	۱۷۶۱,۶۲	۰,۰۰۸۵	۱۷۶۱,۶۲۸
۵۳-۳	۲۰	۴۰۰	۱۷۶۱,۵۰	۰,۰۳۴	۱۷۶۱,۵۳
۵۴-۴	۳۰	۹۰۰	۱۷۶۱,۳۸	۰,۰۷۷	۱۷۶۱,۴۵
۵۵-۵	۴۰	۱۶۰۰	۱۷۶۱,۲۶	۰,۱۳	۱۷۶۱,۳۹
۵۶-۶	۵۰	۲۵۰۰	۱۷۶۱,۱۴	۰,۲۱	۱۷۶۱,۳۵
۵۷-۷	۶۰	۳۶۰۰	۱۷۶۱,۰۲	۰,۳۰	۱۷۶۱,۳۲
۵۸-۸	۷۰	۴۹۰۰	۱۷۶۰,۹۰	۰,۴۲	۱۷۶۱,۳۲

۵۹-۹	۸۰	۶۴۰۰	۱۷۶۰,۷۸	۰,۵۵	۱۷۶۱,۳۳
۶۰-۱۰	۹۰	۸۱۰۰	۱۷۶۰,۶۶	۰,۶۹	۱۷۶۱,۳۵
۶۱-۱۱	۱۰۰	۱۰۰۰۰	۱۷۶۰,۵۴	۰,۸۵	۱۷۶۱,۳۹
۶۲-۱۲	۱۱۰	۱۲۱۰۰	۱۷۶۰,۴۲	۱,۰۳	۱۷۶۱,۴۵

محاسبات مربوط به قوس V4:

$V = 110 \text{ km/hr}$ در نتیجه طبق آیین نامه طرح هندسی راه برای قوس های گنبدی داریم

$K = 120$ و $L > K * A$ و $A = g_2 - g_1$ که $A = -0.5 - (-0.7) = -1.2$ بنابراین حداقل مقدار

برای L برابر است با $144 = 120 * 1.2$

مقدار بدست آمده برای راحتی سرنشین نیز برابر است با:

$$L = 0.0025 \cdot v^2 \cdot A \rightarrow L = 37.3$$

مقدار L برابر است با مقدار \max دو رابطه بالا:

$$L = 144 \rightarrow L = 150 \text{ m}$$

فاصله بین هر ایستگاه نیز ۱۰ متر است که تعداد ایستگاهها برابر ۱۵ ایستگاه می شود.

$$e = (1/8) * AL$$

$$e = -0.225$$

$$y = (x/l)^2 * 4e$$

$$y = -0.00004 (x^2)$$

$y =$ معادله اختلاف ارتفاع بین سهمی قوس قائم و مماس وارد بر آن

$e =$ بیشترین فاصله بین سهمی و مماس و یا فاصله رأس قوس تا مماس

ایستگاه شماره پیکه	فاصله از مبدأ (x)	X^2	ارتفاعات روی مماس	ارتفاع اختلاف (y)	ارتفاع روی سهمی
۶۷-۱	۰	۰	۱۷۶۱,۸۰	۰	۱۷۶۱,۸۰
۶۸-۲	۱۰	۱۰۰	۱۷۶۱,۸۷	-۰,۰۰۴	۱۷۶۱,۸۶
۶۹-۳	۲۰	۴۰۰	۱۷۶۱,۹۴	-۰,۰۱۶	۱۷۶۱,۹۲
۷۰-۴	۳۰	۹۰۰	۱۷۶۲,۰۱	-۰,۰۳۶	۱۷۶۱,۹۷
۷۱-۵	۴۰	۱۶۰۰	۱۷۶۲,۰۸	-۰,۰۶۴	۱۷۶۲,۰۱

۷۲-۶	۵۰	۲۵۰۰	۱۷۶۲,۱۵	-۰,۱	۱۷۶۲,۰۵
۷۳-۷	۶۰	۳۶۰۰	۱۷۶۲,۲۲	-۰,۱۴	۱۷۶۲,۰۸
۷۴-۸	۷۰	۴۹۰۰	۱۷۶۲,۲۹	-۰,۱۹۶	۱۷۶۲,۰۹
۷۵-۹	۸۰	۶۴۰۰	۱۷۶۲,۳۶	-۰,۲۵۶	۱۷۶۲,۱۰
۷۶-۱۰	۹۰	۸۱۰۰	۱۷۶۲,۴۳	-۰,۳۲۴	۱۷۶۲,۱۰
۷۷-۱۱	۱۰۰	۱۰۰۰۰	۱۷۶۲,۵۰	-۰,۴	۱۷۶۲,۱۰
۷۸-۱۲	۱۱۰	۱۲۱۰۰	۱۷۶۲,۵۷	-۰,۴۸۴	۱۷۶۲,۰۸
۷۹-۱۳	۱۲۰	۱۴۴۰۰	۱۷۶۲,۶۴	-۰,۵۷۶	۱۷۶۲,۰۶
۸۰-۱۴	۱۳۰	۱۶۹۰۰	۱۷۶۲,۷۱	-۰,۶۷۶	۱۷۶۲,۰۳
۸۱-۱۵	۱۴۰	۱۹۶۰۰	۱۷۶۲,۷۸	-۰,۷۸۴	۱۷۶۱,۹۹
۸۲-۱۶	۱۵۰	۲۲۵۰۰	۱۷۶۲,۸۵	-۰,۹	۱۷۶۱,۹۵

محاسبات مربوط به قوس V5:

$V = 110 \text{ km/hr}$ در نتیجه طبق آیین نامه طرح هندسی راه برای قوس های گنبدی داریم

$K = 54$ و $L > K * A$ و $A = g_2 - g_1$ که $A = 0.6 - (-1) = 1.6$ بنابراین حداقل مقدار برای L برابر است با $54 * 1.6 = 86.4$

مقدار بدست آمده برای راحتی سرنشین نیز برابر است با:

$$L = .0025.v^2.A \rightarrow L = 49.75$$

مقدار L برابر است با مقدار \max دو رابطه بالا:

$$L = 86.4 \rightarrow L = 90 \text{ m}$$

فاصله بین هر ایستگاه نیز ۱۰ متر است که تعداد ایستگاهها برابر ۹ ایستگاه می شود.

$$e = (1/8) * AL$$

$$e = 0.18$$

$$y = (x/1)^2 * 4e$$

$$y = 0.000089 (x^2)$$

y = معادله اختلاف ارتفاع بین سهمی قوس قائم و مماس وارد بر آن

e = بیشترین فاصله بین سهمی و مماس و یا فاصله رأس قوس تا مماس

ارتفاع سهمی روی	اختلاف ارتفاع (y)	ارتفاع مماس روی	X ²	فاصله از مبدأ (x)	ایستگاه
1760.74	0	1760.74	۰	0	1
1760.648	0.0089	1760.64	۱۰۰	10	2
1760.57	0.0356	1760.54	۴۰۰	20	3
1760.52	0.0801	1760.44	۹۰۰	30	4
1760.48	0.142	1760.34	۱۶۰۰	40	5
1760.46	0.222	1760.24	۲۵۰۰	50	6
1760.46	0.32	1760.14	۳۶۰۰	60	7
1760.47	0.436	1760.04	۴۹۰۰	70	8
1760.50	0.569	1759.94	۶۴۰۰	80	9
1760.56	0.72	1759.84	۸۱۰۰	90	10

محاسبات مربوط به قوس V6:

$V = 110 \text{ km/hr}$ در نتیجه طبق آیین نامه طرح هندسی راه برای قوس های گنبدی داریم

$K = 120$ و $L > K * A$ و $A = g_2 - g_1$ که $A = -0.5 - (-0.6) = -1.1$ بنابراین حداقل مقدار

برای L برابر است با $132 = 120 * 1.1$

مقدار بدست آمده برای راحتی سرنشین نیز برابر است با:

$$L = .0025.v^2.A \rightarrow L = 34.2$$

مقدار L برابر است با مقدار \max دو رابطه بالا:

$$L = 132 \rightarrow L = 140 \text{ m}$$

فاصله بین هر ایستگاه نیز ۱۰ متر است که تعداد ایستگاهها برابر ۱۴ ایستگاه می شود.

$$e = (1/8) * AL$$

$$e = -0.192$$

$$y = (x/l)^2 * 4e$$

$$y = -0.000039 (x^2)$$

y = معادله اختلاف ارتفاع بین سهمی قوس قائم و مماس وارد بر آن

e = بیشترین فاصله بین سهمی و مماس و یا فاصله رأس قوس تا مماس

ایستگاه	فاصله از مبدأ (x)	X^2	ارتفاع روی مماس	ارتفاع اختلاف (y)	ارتفاع روی سهمی
1	0	۰	1760.70	0	1760.70
2	10	۱۰۰	1760.76	-0.0039	1760.75
3	20	۴۰۰	1760.82	-0.015	1760.80
4	30	۹۰۰	1760.88	-0.035	1760.84
5	40	۱۶۰۰	1760.94	-0.062	1760.87
6	50	۲۵۰۰	1761.00	-0.097	1760.90
7	60	۳۶۰۰	1761.06	-0.14	1760.92
8	70	۴۹۰۰	1761.12	-0.19	1760.93
9	80	۶۴۰۰	1761.18	-0.24	1760.94
10	90	۸۱۰۰	1761.24	-0.31	1760.93
11	۱۱۰	۱۲۱۰۰	1761.30	-0.39	1760.91
12	۱۲۰	۱۴۴۰۰	1761.36	-0.47	1760.89
13	۱۳۰	۱۶۹۰۰	1761.42	-0.56	1760.86
14	۱۴۰	۱۹۶۰۰	1761.48	-0.659	1760.821
15	۱۵۰	۲۲۵۰۰	1761.54	-0.764	1760.776

۱۰- پلان راه

پلان راه عبارت است از تصویر افقی محور راه بر روی نقشهٔ توپوگرافی ، علاوه بر محور راه موارد زیر در پلان نشان داده می شود :

- عرض روسازی و شانهٔ راه
- فصل مشترک پای شیروانی راه در خاکریزها و سر ترانشه راه در خاکبرداریها
- محل و نوع پلها . آبروها و اندازهٔ آنها
- مشخصات کامل قوسهای افقی شامل شعاع قوس ، طول تانژانت ، طول خارجی قوس ، طول داخلی قوس ، زاویه تقاطع ها

۱۱- منحنی حمل خاک یا منحنی بروکنر (Bruckner)

منحنی بروکنر یا دیاگرام توده برای یافتن خط پخش یا خط توزیعی است که اقتصادی ترین نحوه حمل خاک را بدست دهد. برای رسم منحنی بروکنر، در روی محور X ها فاصله از مبدأ با مقیاس پروفیل طولی، و در روی محور Y ها مجموع جبری خاکریزی (با علامت مثبت) و خاکبرداری (با علامت منفی) رسم می شود.

خصوصیات منحنی بروکنر:

- الف - ارتفاع هر نقطه نشان دهنده جمع جبری عملیات خاکی تا آن نقطه است.
- ب - منحنی بروکنر در خاکریزها صعودی و در خاکبرداریهها نزولی است.
- ج - نقاط حداکثر منحنی، نقاط تغییر خاکریزی به خاکبرداری و نقاط حداقل آن نقطه تغییر خاکبرداری به خاکریزی می باشد.
- د - هر خط افقی که منحنی بروکنر را در دو نقطه قطع کند، به خط تعامل موسوم بوده و حجم خاکبرداری و خاکریزی در فاصله بین این دو نقطه مساوی است.
- ه - سطح محصور بین منحنی بروکنر و خط تعامل، عزم محل را نشان می دهد.

$$\text{فاصله حمل} \times \text{حجم خاک} = \text{عزم محل (لنگر حمل)}$$

جدول و محاسبات مربوط به رسم منحنی بروکنر در صفحه بعد آمده است. نکته قابل ذکر این است که فاکتور انقباض برابر ۱,۱۵ در نظر گرفته شده است. ($\text{Shrinkage}=15\%$)

محاسبات حجم خاکبرداری و خاکریزی توسط نرم افزار انجام شده و در انتها با توجه به خروجیهای این نرم افزار منحنی بروکنر رسم شده است.

۱۲- طرح روسازی

برای طراحی روسازی طبق روش اشتو روال زیر را طی می نمایم:

CBR اشباع خاک بستر ← ضریب باربری خاک را طبق شکل ۹-۵ طرح روسازی راه بدست می آوریم ← آمار ۳۰ ساله هم ارز محور ۸,۲ تنی را بدست می آوریم ← SN رابدست می آوریم ← R (ضریب منطقه ای)

محاسبه می شود $SN \leftarrow$ اصلاح شده را می یابیم وبا توجه به تعداد لایه ها و فرمول های مربوطه، ضخامت هر لایه را محاسبه می کنیم.

اساس طراحی ها بر پایه فرضیات زیر استوار است :

۱- ترافیک راه :

2,000,000,000 ماشین در سال شروع طرح

با توجه به جدول ضرایب بار هم ارز اشتو (۸-۶) از کتاب طرح روسازی راه دکتر طباطبایی داریم:

تعداد محور ۸.۲ تنی در سال شروع طرح $2,000,000,000 * 0.0003 = 600,000$

$600,000 * (1 + 1/300 * 100)^{30} = 1604592 \sim 1,700,000$ تعداد محور ۸.۲ تنی در سال خاتمه طرح

۲- cbr لایه بستر = ۵

۳- ضریب و توان خدمت رسانی = ۲,۵

۴- مصالح زیر اساس از جنس ماسه شکسته است

۵- مصالح اساس از جنس شن و ماسه است.

۶- مصالح رویه از نوع آسفالت گرم می باشد.

حل:

طبق شکل ۹-۵ از کتاب روسازی راه داریم : $Cbr = 5 \rightarrow s=4$

طبق جدول ۹-۱ ضریب منطقه ای : $R = (0.8 * 3 + 0.5 * 6 + 4.5 * 3) / 12 = 1.575$

با توجه به شکل ۹-۶ SN اصلاح شده برابر است با : ۳,۵۵

فرمول ضرایب لایه و ضخامت آنها مطابق زیر است :

$$SN = 1/2.5 * (a_1 * D_1 + a_2 * D_2 + a_3 * D_3)$$

که در آن a_1, a_2, a_3 با عنوان ضرایب قشر شناخته میشوند که تابعی از جنس مصالح هستند D_1, D_2, D_3

ضخامت های لایه های مختلف محسوب می شوند. ضرایب قشر از روی جدول (۹-۲) مطابق ذیل بدست می آید

:

$$A1 = \text{ضریب قشر زیر اساس} = 0,11$$

$$A2 = \text{ضریب قشر اساس} = 0,07$$

$$A3 = \text{ضریب قشر رویه} = 0,44$$

بر اساس این فرمول و با توجه به $SN=3.55$ داریم :

نتایج بدست آمده :

ضخامت لایه‌های اساس و زیر اساس و رویه به ترتیب برابر ۲۵ ، ۲۵ و ۱۰ سانتی متر خواهد بود.

Exp 1

نرده های حفاظتی راه ها :

نرده های حفاظتی راه ها از تجهیزات و علائم ایمنی راه ها هستند که به منظور کاهش خسارات در صورت

بروز سوانح تعبیه می شوند . نقش هشدار دهنده گی آنها، بیشتر آشکار نمودن مسیر و حریم های ایمن عبور است .

در طراحی و ساخت و مصالح انتخابی آنها حتی الامکان سعی شده است که ضمن حفظ وسیله نقلیه،

بازگرداندن آن به مسیر اولیه خسارات وارده را به حد اقل کاهش دهند.

در بسیاری موارد نرده های حفاظتی نیز نقش تفکیک و هدایت ترافیک را نیز عهده دار هستند در این بخش

به انواع و کاربری نرده های حفاظتی پرداخته شده است .

انواع نرده های حفاظتی:

الف : نرده های حفاظتی کناری:

نرده های حفاظتی کناری به منظور جلوگیری از پرت شدن وسایل نقلیه به محوطه های کناری مسیر راه نصب می شوند و امکان برخورد وسایل نقلیه با آنها فقط از یک سمت نرده وجود دارد. نرده های حفاظتی کناری بر اساس مقاومت نسبی آنها به سه دسته ذیل تقسیم می شوند .

۱. نرده های کناری حفاظتی صلب ؛

این نوع نرده ها به هنگام برخورد خودرو ها با آنها ثابت و بدون انعطاف باقی می مانند این حفاظ ها از بتن مسلح ساخته می شوند .

۲. نرده های حفاظتی کناری نیمه صلب ؛

این نوع نرده ها دارای انعطاف کمی هستند و به هنگام برخورد خود رو به آنها انعطاف محدودی از خود نشان می دهند

نرده های حفاظتی کناری انعطاف پذیر ؛

این نوع نرده ها دارای انعطاف زیادی بوده و به هنگام برخورد خودرو به آنها می توانند تا حدود ۲۱۰ سانتی متر انعطاف افقی و ۲۲ سانتی متر انعطاف قائم به سمت بالا داشته باشند .

ب: نرده های حفاظتی میانی ؛

این نرده ها به منظور جلوگیری از ورود وسایل نقلیه به سمت عبور طرف دیگر در فضای میانی راه نصب می شوند .

امکان برخورد خودرو با این نرده ها از یک سمت یا هر دو سمت سطح سواره رو وجود دارد . نرده های

حفاظتی میانی به انواع زیر تقسیم می شوند :

۱- نرده های میانی انعطاف پذیر :

این نرده ها به نحوی ساخته می شوند که در اثر برخورد خودرو با آنها نرده از پای خود جدا می شود.

۲- نرده های حفاظتی میانی نیمه صلب :

این نرده ها که دارای انعطاف محدودی هستند برای جلوگیری از عبور وسایل نقلیه از فضای میانی (در

مواردی که عرض فضای بین دو سطح سواره نسبتاً کم است) استفاده می شود .

۳- نرده های حفاظتی میانی صلب :

این نوع نرده های حفاظتی معمولاً از نوع بتن مسلح با اشکال و طرح های مختلف ساخته می شوند.

Exp 1**نرده های حفاظتی راه ها :**

نرده های حفاظتی راه ها از تجهیزات و علائم ایمنی راه ها هستند که به منظور کاهش خسارات در صورت بروز سوانح تعبیه می شوند . نقش هشدار دهنده گی آنها، بیشتر آشکار نمودن مسیر و حریم های ایمن عبور است .

در طراحی و ساخت و مصالح انتخابی آنها حتی الامکان سعی شده است که ضمن حفظ وسیله نقلیه، بازگرداندن آن به مسیر اولیه خسارات وارده را به حد اقل کاهش دهند.

در بسیاری موارد نرده های حفاظتی نیز نقش تفکیک و هدایت ترافیک را نیز عهده دار هستند در این بخش به انواع و کاربری نرده های حفاظتی پرداخته شده است .

انواع نرده های حفاظتی:**الف : نرده های حفاظتی کناری:**

نرده های حفاظتی کناری به منظور جلوگیری از پرت شدن وسایل نقلیه به محوطه های کناری مسیر راه نصب می شوند و امکان برخورد وسایل نقلیه با آنها فقط از یک سمت نرده وجود دارد. نرده های حفاظتی کناری بر اساس مقاومت نسبی آنها به سه دسته ذیل تقسیم می شوند .

۳. نرده های کناری حفاظتی صلب ؛

این نوع نرده ها به هنگام برخورد خودرو با آنها ثابت و بدون انعطاف باقی می مانند این حفاظ ها از بتن مسلح ساخته می شوند .

۴. نرده های حفاظتی کناری نیمه صلب ؛

این نوع نرده ها دارای انعطاف کمی هستند و به هنگام برخورد خود رو به آنها انعطاف محدودی از خود نشان می دهند
۵. نرده های حفاظتی کناری انعطاف پذیر ؛

این نوع نرده ها دارای انعطاف زیادی بوده و به هنگام برخورد خودرو به آنها می توانند تا حدود ۲۱۰ سانتی متر انعطاف افقی و ۲۲ سانتی متر انعطاف قائم به سمت بالا داشته باشند .

ب: نرده های حفاظتی میانی ؛

این نرده ها به منظور جلوگیری از ورود وسایل نقلیه به سمت عبور طرف دیگر در فضای میانی راه نصب می شوند .
امکان برخورد خودرو با این نرده ها از یک سمت یا هر دو سمت سطح سواره رو وجود دارد . نرده های حفاظتی میانی به انواع زیر تقسیم می شوند :

۱- نرده های میانی انعطاف پذیر :

این نرده ها به نحوی ساخته می شوند که در اثر برخورد خودرو با آنها نرده از پای خود جدا می شود.

۲- نرده های حفاظتی میانی نیمه صلب :

این نرده ها که دارای انعطاف محدودی هستند برای جلوگیری از عبور وسایل نقلیه از فضای میانی (در مواردی که عرض فضای بین دو سطح سواره نسبتاً کم است) استفاده می شود.

۳- نرده های حفاظتی میانی صلب:

این نوع نرده های حفاظتی معمولاً از نوع بتن مسلح با اشکال و طرح های مختلف ساخته می شوند.