مهندس|هرآنچه یک دانشجوی مهندسی لازم دارد

دانلود رایگان : کتاب، جزوه، مقاله، پروژه، گزارشکار و ...

WWW.MOHANDES.ORG

مهندس|هرآنچه یک دانشجوی
مهندسی لازم دارد

راهسازی

WWW.MOHANDES.ORG

راهســـازی

مهندس عابدینی

CEA سایت مهندسی عمران ایران

Civil Engineering & Architecture

سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری خراسان جنوبی

سید حسین دستیگردی ـــ سید علی خراشادیزاده ـــ امیر چاچی

خراسان جنوبی - بیرجند - صندوق پستی ۸۱۴-۹۷۱۷۵

Website: WWW.CEA.IR

E-mail: admin@cea.ir

سوالات و اشکالاتتان را در مورد مطالب این جزوه میتوانید در تالار گفتمان وبسایت www.cea.ir مطرح نمایید.

راهسازی

مهندس عابدینی

فصل اول: کلیات راه سازی

هدف از راهسازی: ایجاد ارتباط بین دو نقطه با در نظر گرفتن ضوابط آیین نامه ای و ضوابط ایمنی بر پایه ایجاد ایمنی برای راننده، وسیله نقلیه و عابر پیاده خواهد بود. آیین نامه راه ها و جاده ها را به کلاسهای مختلفی تقسیم کرده است و برای هر طبقه راه ظوابط و مشخصات خاصی خواهد داشت.

طبقه راه	تعداد خطوط	عرض هر خط	حریم راه	سرعت طراحی km/h			حجم ترافیک	
				دشتی	تپه ماهور	کوهستانی	هر خط در روز	هر خط در ساعت
راه های سریع و سیر	۴≤	۳.۶۵ m	۷۶ m	۱۰۰ ≤	۸۰ ≤	۹۰ ≤	-	۱۷۰۰-۱۰۰۰
اصلی	۲ - ۴	۳.۶۵ m	۴۵ m	۱۰۰≤	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۳۰۰۰-۷۰۰۰	-
درجه۱	۲	۳.۵ -۲.۲۵	۴۵ m	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	۵۰۰۰-۳۰۰۰	-
درجه۲	۲	۲.۷۵	۳۵ m	۶۰-۸۰	۶۰	۴۰-۶۰	۵۰۰۰-۲۰۰۰	-
درجه۳	۲	۲-۳.۲۵	۲۵ m	۶۰	۴۰-۶۰	۴۰	۱۵۰۰ ≤	-

بهترین کلاس یا طبقه راه راههای سریع و سیر هستند منظور از راه های سریع وسیر، اتوبان ها، بزرگراه ها، شاه راه ها و یا آزاد راه ها هستند تفاوت عمده این نوع مسیر ها در این است که جهت های رفت و برگشت از یکدیگر مجزا هستند و امکان سبقت گیری در جهت مخالف وجود ندارد این مسیرها حداقل ۴ خطه هستند (۲ خط رفت – ۲ خط برگشت) این مسیر ها می توانند ۴-۶-۸ خطه باشند.

راهای اصلی از خیلی از جهات شبیه را های سریع و سیر هستند با یک تفاوت که مسیر های رفت و برگشت در کنار هم واقع شده است. و امکان سبقت در جهت مخالف وجود دارد. این مسیر ها می توانند کلاً ۲ یا ۴ خط باشند راه های فرعی بدلیل پایین آوردن هزینه ها و عدم وجود ترافیک زیاد تماماً ۲ خطه هستند به راههای فرعی درجه یک راه های استانی به راههای فرعی درجه ۲ راه های منطقه ای و به راه های فرعی درجه ۳ راه های روستایی گفته میشود.

- عرض هر خط عبوری برای راه های سریع و سیر ۳.۶۵ m است.
- عرض هر خط عبوری برای راه های اصلی ۳.۶۵ m است.
- عرض هر خط عبوری برای راه های فرعی درجه یک ۳.۵-۳.۲۵ است.
- عرض هر خط عبوری برای راه های فرعی درجه دو ۲.۷۵ است.

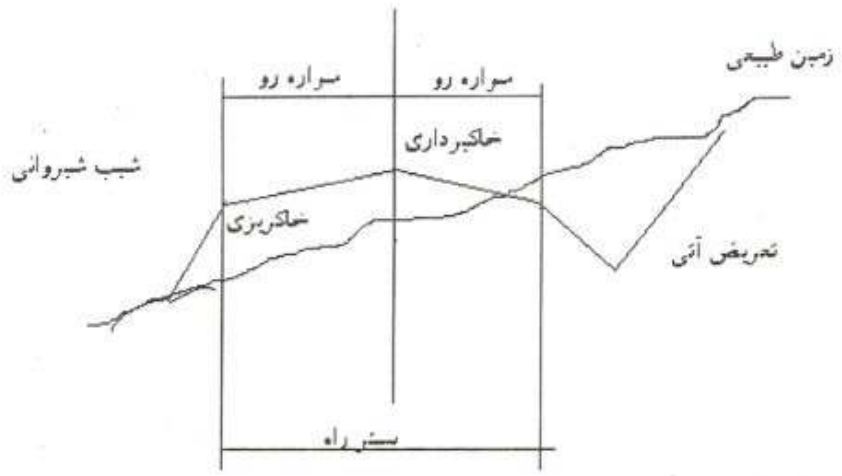
مهندس عابدینی

- عرض هر خط عبوری برای راه های فرعی درجه سه ۳.۲۵-۲ است.

حریم راه به عرضی از مسیر اطلاق می شود که در اختیار صاحب راه است در این عرض نه تنها قسمتهای سواره رو وجود دارد بلکه در سمت راست هر جهت فضای رزرو شده وجود دارد که می توان برای تعریض های آتی استفاده شود. و یا محلی برای عبور و مرور ماشین آلات راه سازی در هنگام ساخت راه و بعد از بهره برداری برای تعمیر و نگهداری راه استفاده شود.

یکی از مشخصه های طبقه بندی راه ها سرعت طراحی است هر چه طبقه بندی راه بالاتر باشد راننده باید بتواند با سرعت بیشتری حرکت کند و در ضمن هر چه عوارض طبیعی زمین کمتر باشد راننده باید بتواند با سرعت بیشتری حرکت کند که مناطق از لحاظ میزان عوارض طبیعی به سه دسته دشتی، تپه ماهور و کوهستانی تقسیم شده است.

یکی دیگر از مشخصه های طبقه بندی راه ها حجم ترافیک است راه هایی که در طبقات بالا تر قرار می گیرند ظرفیت ترافیکی بیشتری خواهند داشت در راههای سریع و سیر چون امکان ثبق گیری در جهات مخالف وجود ندارد در نتیجه حجم ترافیک بر اساس هر خط اندازه گیری می شود ولی در بقیه مسیر ها چون امکان ثبقت گیری در جهات مخالف وجود دارد و این ثبقت گیری تأثیر بر حجم و ظرفیت ترافیک می گزارد مجموع ۲ خط را در نظر میگیریم (رفت و برگشت).



به قسمتهایی که وسایل نقلیه روی آن حرکت می کند سواره رو گفته می شود در قسمت راست هر جهت فضای رزرو شده ای وجود دارد که جهت توقف های اضطراری بسته می شود که به این قسمت شانه راه گفته می شود.

مهندس عابدینی

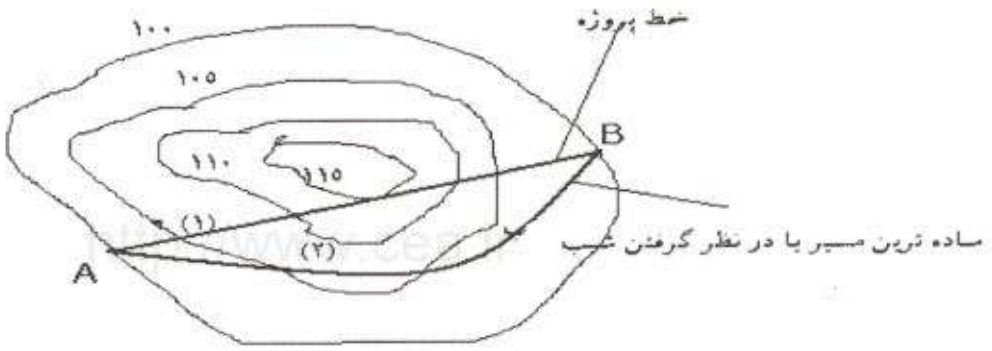
فصل دوم :

نقشه های راه

- پلان راه : نمایش محور راه بر روی نقشه های توپوگرافی به مقیاس ۱/۲۰۰۰ و یا ۱/۱۰۰۰ تعیین کیلومتر ، هکتومتری و ابتدا و انتهای قوس ها
- پروفیل طولی راه :
- پروفیل عرضی راه :

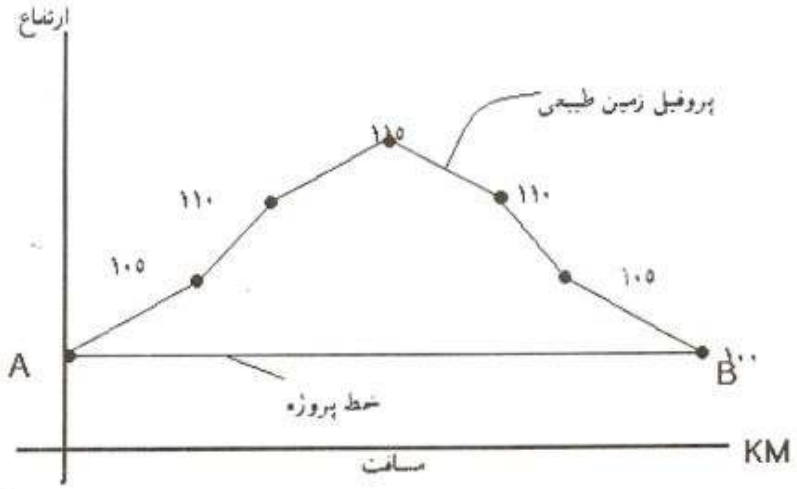
پروفیل طولی راه : برشی در امتداد قائم بر روی محور راه است که وضعیت زمین طبیعی و ارتفاع زمین و خط پروژه را نشان می دهد برای نمایش بهتر اطلاعات مقیاس ارتفاع ۱۰ برابر مقیاس طولی در نظر گرفته می شود.

اولین گام در طراحی یک مسیر، مسیر یابی است، مسیر یابی بر روی نقشه های هوایی و یا نقشه های توپوگرافی صورت می گیرد. نقشه های توپوگرافی در مقیاسهای مختلف وجود دارد بطور مثال (۱/۵۰۰۰۰) هر چه مقیاس نقشه بزرگتر باشد وسعت بیشتری را در بر می گیرد ولی جزئیات کمتری را نشان می دهد بطور مثال ۱cm در نقشه برابر است با ۵۰۰ m در واقعیت به تدریج که کار را پیش می بریم بایستی نهایتاً بر روی نقشه هایی با مقیاس ۱/۲۰۰۰ کار بکنیم که در آن ۱cm برابر ۲۰ m



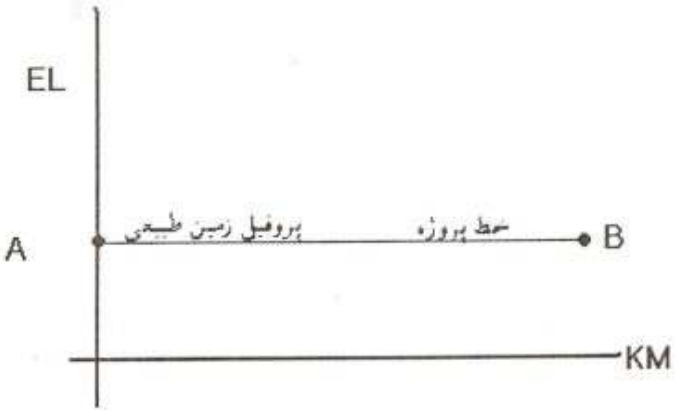
به مجموعه ایستگاهای A وB و نقشه توپو گرافی و خطی به نام خط پروژه، پلان راه گفته می شود. خط پروژه در پلان راه معرف جهت ها و تغییر جهت ها در مسیر است و هیچ گونه اطلاعات ارتفاعی به ما نمی دهد برای مشخص کردن اطلاعات ارتفاعی بعد از پلان راه که اولین نقشه است می بایست نقشه پروفیل طولی را تهیه کنیم.

مهندس عابدینی



پروفیل طولی ۱

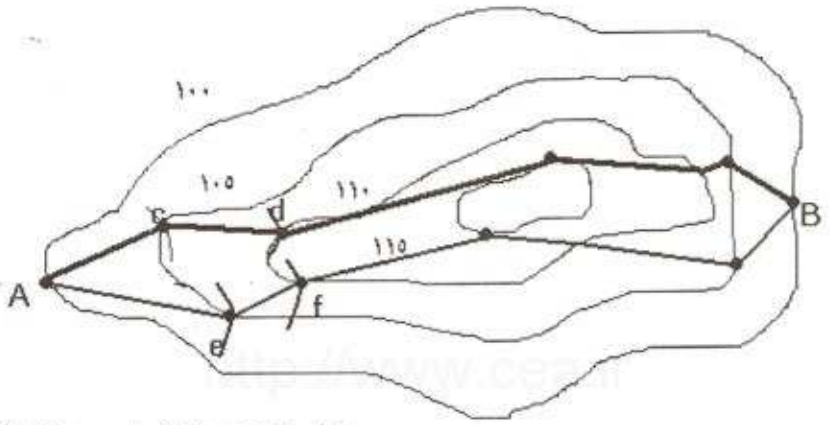
مقیاس محور افقی با پلان یکی است ولی مقیاس محور قائم ۱۰ برابرمقیاس محور افقی است. به مجموعه پروفیل طولی مسیر و پروفیل زمین طبیعی نقشه پروفیل طولی گفته می شود.



پروفیل طولی ۲

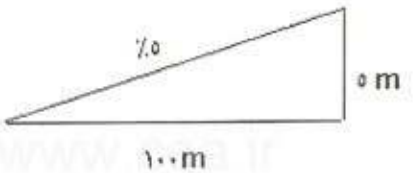
بین دو مسیر ۱ و ۲ مسیری را انتخاب می کنیم که از شیب مجاز بگونه ای استفاده می کنیم منطبق به شیب طبیعی زمین شود که طول آن نسبت به پروفیل طولی۲ کوتاه تر و عملیات خاک برداری نسبت به پروفیل طول ۱ کمتر خواهد شد.

مهندس عابدینی



مقیاس نقشه ۱/۵۰۰۰ وشیب حداکثر ٪۵

تمرین: مقیاس نقشه مقابل ۱/۵۰۰۰ و شیب حد اکثر ۵٪ می خواهیم مسیری بین ایستگاه A و B طراحی کنید که ضمن کوتاهی مسیر عملیات خاکی به حداقل برسد؟

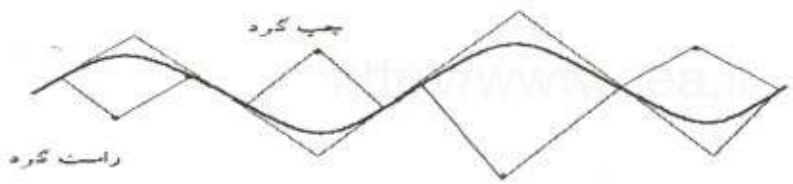


مقیاس ۱ cm = ۵۰m

به هر کدام از مسیر هایی که از A حرکت کردیم و به B رسیدیم یک واریانت می گوئیم به این روش ، روش پرگاری یا خط صفر می گوئیم.

دلیلی که برای انتخاب بهترین واریانت وجود دارد.

۱. طول مسیر
۲. شیب
۳. تعداد قوسها
۴. نوع قوس

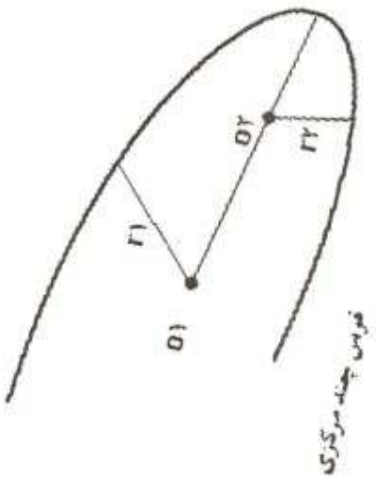


http://www.cea.ir

مهندس عابدینی

شعاع قوسهای افقی بر اساس سرعت تأیین می شود این قوسها همان پیچ ها در مسیر هستند. ایستگاه گذاری از طرف چپ نقشه به طرف راست نقشه افزایش پیدا می کند معمولاً فاصله ایستگاها از هم برابر است. (معمولاً هر ۱۰۰ متر) قوس که مرکزش سمت راست مسیر باشد قوس راست گرد و قوسی که مرکزش سمت چپ مسیر باشد قوس چپ گرد نامیده می شود.

به مجموعه خط های دایره ای شکل و خطوط مستقیم بینشان که به هر دو قوس مماس هستند پلان راه گفته میشود. در پلان راه از بالا به مسیر نگاه میکنیم و هیچگونه اطلاعات ارتفاعی در باره مسیر نداریم به لحاظ ایمنی و راهتی بهتر است که بین قوسها فاصله ای مستقیم داشته باشیم ولی به ناچار در مناطقی که عوارض طبیعی زمین زیاد است مثل جاده های کوهستانی قوسهای افقی ممکن است که بدون داشتن فاصله مستقیم بین آنها اجرا شود.

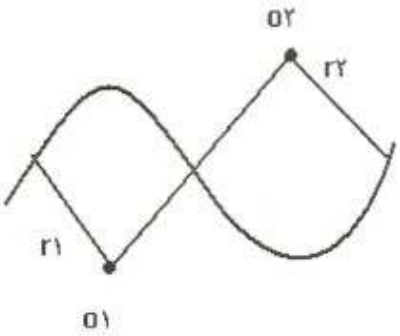


در شکل بالا دو قوس راست گرد پشت سر هم اجرا شده است یا به عبارت دیگر ابتدای قوس دوم بر انتهای قوس اول منطبق شده است به این نوع قوسها قوسهای چند مرکزی گفته می شود.

قوسهای چند مرکزی زمانی بوجود می آیند که جهت قوس ها یکی است، ممکن است جهت ها متفاوت باشد.

http://www.cea.ir

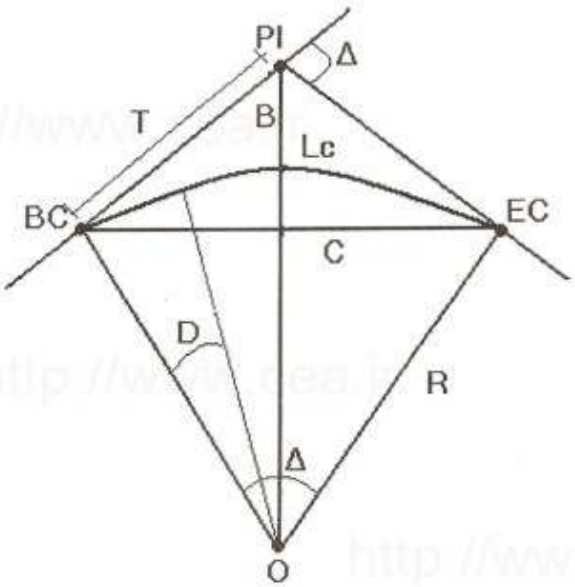
مهندس عابدینی



به قوسهایی که پشت سر هم اجرا می شوند و جهت آنها فرق دارند قوسهای معکوس گفته می شود.

در طراحی سعی می کنیم از قوسهای چند مرکزی و یا از قوسهای معکوس استفاده نکنیم مگر اینکه به اجبار در جادهای کوهستانی یا تقاطع های غیر هم سطح استفاده کنیم.

قوس دایره ای



به ابتدای قوس دایره ای BC و به انتهای آن EC گفته میشود و بمحل تلاقی مماس ها PI گفته میشود. حد فاصل بین BC تا PI را با T نمایش می دهیم. به مقدار T ، تانژانت قوس گفته میشود طول کمان با Lc نمایش داده میشود. زاویه بین دو مماس را با Δ نمایش می دهیم. Δ زاویه مرکزی یا زاویه روبروی قوس یا زاویه خارجی گفته می شود.

مهندس عابدینی

$$T = R\tan\frac{\Delta}{۲} \qquad Lc = ۲\tan\frac{\Delta}{۳۶۰} \qquad B = T\tan\frac{\Delta}{۴} \qquad C = ۲R\sin\frac{\Delta}{۲}$$

منظور از درجه قوس به مقدار درجه ای گفته می شود که طول کمان روبروآن ۱۰m باشد.

$$D = \frac{۵۷۲.۹۶}{R} \qquad Lc = ۱۰ \rightarrow ۱۰ = ۲\pi R\frac{D}{۳۶۰}$$

هر چه شعاع بیشتر باشد درجه قوس کمتر است و بالعکس

مثال: مطلوبست کیلومتراژ انتهای قوس درجه ۲ در صورتی که ابتدای قوس در کیلومتراژ ۱۰+۰۰۰ واقع شده باشدو طول مماس برابر ۱۰۰ متر باشد:

$$R = \frac{۵۷۲.۹۶}{D = ۲} = ۲۸۶.۴۸\,m$$

$$Lc = ۲\pi(۲۸۶.۴۸)\frac{۳۸.۴۸}{۳۶۰} \rightarrow \Delta = ۳۸.۴۸\ ۱۰۰ = ۲۸۸.۴۸\tan\frac{\Delta}{۲} \rightarrow$$

sta.Ec = sta.Bc + Lc → sta.Ec = (۱۰+۰۰۰) + ۱۹۲/۴۸ = ۲۰۲/۴۸

بیشترین کاربری که درجه قوس دارد جهت پیاده کردن مسیر است و بخصوص پیاده کردن قوس ها

مهندس عابدینی

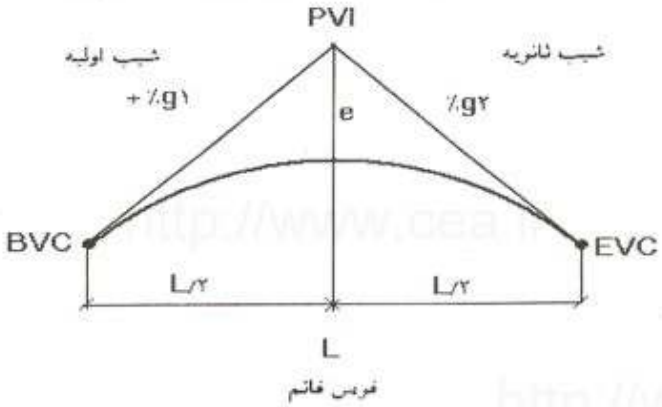
فصل سوم: قوس قائم

قوس قائم:

در پلان راه یک سری خطوط شکسته داریم که معرف جهت ها هستند و ارتباط بین جهت ها توسط قوس های دایره ای شکل صورت می گیرد. که این قوس های دایره ای شکل همان پیچ ها در مسیر هستند. در پلان راه هیچگونه اطلاعات ارتفاعی نداریم از بالا به مسیر نگاه می کنیم و نمی توانیم بگوئیم کدام نقطه پایین تر است. برای این منظور اقدام به تهیه نقشه پروفیل طولی می کنیم.

پروفیل طولی:

نقشه پروفیل طولی شامل ۲ پروفیل است. پروفیل زمین طبیعی و پروفیل مسیر، در این نقشه کلیه اطلاعات ارتفاعی را خواهیم داشت این نقشه هم شامل یک سری خطوط شکسته که معرف شیب ها در مسیر هستند می باشد ارتباط این شیب ها توسط قوسهایی انجام می شود که این قوسهای دایره ای شکل نیستند. این قوسها سهمی هستند. به این قوسهای سهمی شکل قوسهای قائم گفته می شود. یکی از این قوسها را با تمام جزئیاتش بررسی می کنیم.



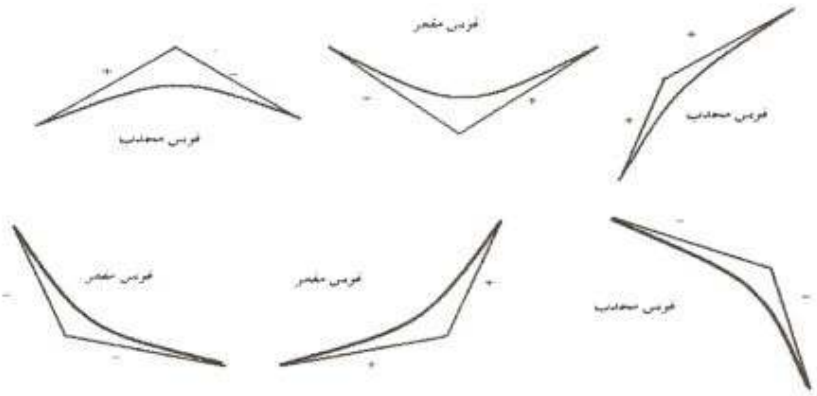
$$ast\ BVC = ast\ PVI - \frac{L}{2} \qquad Y\ BVC = YPVI - g1\ \frac{L}{2}$$

$$ast\ EVC = ast\ PVI - \frac{L}{2} \qquad Y\ EVC = YPVI - g2\ \frac{L}{2}$$

برای شیبهای طولی مسیر شیب را بر حسب ٪ عنوان می شود. حداکثر شیب طولی در مسیر اصلی حدود ۵ تا ۶ در صد است. جهت هدایت آبهای سطحی حتماً باید در مسیر شیب دشته باشیم حداقل شیب ۵٪ یا ۵ در ۱۰۰۰ است .(۵:۱۰۰۰) در مسیر های کوهستانی چون عوارض طبیعی زمین زیاد است حداکثر شیب

مهندس عابدینی

تا ۱۲٪ قابل افزایش است. ایستگاه گذاری همیشه طرف چپ نقشه به سمت راست افزایش پیدا می کند. درنتیجه شیب های صعود کننده را با (+) و شیب های نزول کننده را با (-) نمایش می دهیم.در بین شیب های مثبت و منفی قوس های مختلفی بوجود می آید.



طول قوس قائم برابر تصویرش در افق است.

$A = g2 - g1$ اختلاف شیب طرفین قوس را با A نمایش می دهیم.

حد فاصل PVI تا وسط قوس با حرف e نمایش می دهیم.

تغییر شیب در طول سهمی بصورت ثابت خواهد بود و نرخ تغییر شیب در طول سهمی را با r نمایش می دهیم.

$$R = \frac{g_2 - g_1}{L}$$

$$Yx = \frac{g_2 - g_1}{L} x^2 + g_1 x + y_{BVC}$$

(ارتفاع نقطه ای بر روی سهمی که با فاصله x از BVC قرار دارد)

تأیین ارتفاع در قسمت هایی که شیب ثابت داریم به راحتی انجام می شود.

$$Xmax = g\ max \frac{L}{8} \quad \text{یا} \quad Xmax = -\frac{g\ max}{2}$$

مهندس عابدینی

ارتفاع بین BVC و EVC از رابطه بالا محاسبه می شود.

مثال: مطلوبست محاسبه عوامل مربوط به قوسی قائم به طول ۶۰۰ متر که بین دو قسمت با شیب های ۲٪ و ۱.۳۲-٪ در نظر گرفته شده است رأس قوسی به ارتفاع ۳۰۳.۵ متر و کیلو متراژ آن ۲+۷۵۲ است. فواصل میخ کوبی را ۵۰ متر به ۵۰ متر در نظر بگیرید:

$$Y\ BVC = ۳۰۳.۵ - ۳۰۰(۰.۰۲) = ۲۹۷.۵$$
$$Y\ EVC = ۳۰۳.۵ - ۳۰۰(۰.۰۱۳۳) = ۲۹۹.۵$$
$$StaBVC = (۲+۷۵۲) - ۳۰۰ = ۲+ ۴۵۲$$
$$StaEVC = (۲+۷۵۲) + ۳۰۰ = ۳+ ۰۵۲$$

$$y_{۲+۵۰۲} = \frac{-۰.۰۱۳۳ - ۰.۰۲}{۲(۶۰۰)} ۵۰^۲ + ۰.۰۲(۵۰) + ۲۹۷.۵ = ۲۹۸.۴۲$$

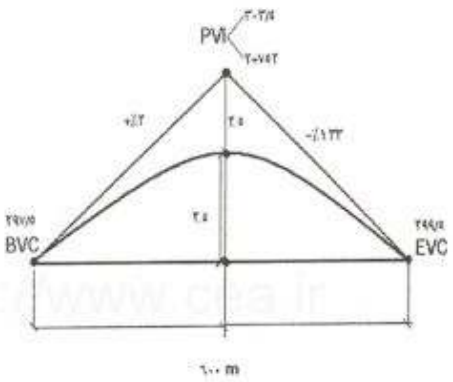
$$y_{۲+۵۵۲} = \frac{-۰.۰۱۳۳ - ۰.۰۲}{۲(۶۰۰)} ۱۰۰^۲ + ۰.۰۲(۱۰۰) + ۲۹۷.۵ = ۲۹۹.۳۳$$

$$y_{۲+۵۵۲} = \frac{-۰.۰۱۳۳ - ۰.۰۲}{۲(۶۰۰)} ۳۰۰^۲ + ۰.۰۲(۳۰۰) + ۲۹۷.۵ = ۳۰۱$$

سپس خط مستقیمی بین BVC و EVC رسم می کنیم.

$$e = \frac{AL}{۲} = \frac{(g_۲ - g_۱)}{۸} = \frac{(-۰.۰۱۳۳ - ۰.۰۲)}{۸} = -۲.۵$$

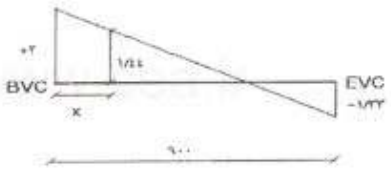
عدد بدست آمده برای e اگر مثب شود قوس مقعر است و در صورت منفی شدن قوس محدب است.



$$X_{max} = -\frac{g_{max}}{r} = \frac{-۰.۰۰۲}{\frac{-۰.۰۰۲ - ۰.۰۱۳۳}{۶۰۰}} = ۳۴۶$$

۳۶۴ متر بعد ازBVC به ایستگاه ماکزیمم دارای ارتفاع MAX می رسیم.

X نقطه ماکزیمم را در معدله می گذاریم و ارتفاع را بدست می آوریم. شیب ایستگاه ماکزیمم صفر است



http://www.cea.ir

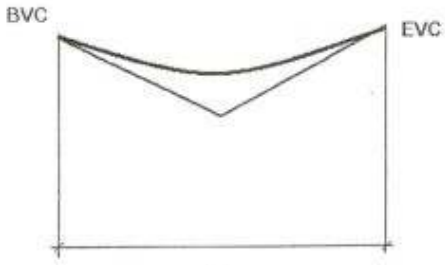
مهندس عابدینی

ast max = (۲+۴۵۲)+۳۶۴=۲+۸۱۶

تعیین طول سهمی بر اساس سرعت طراحی خواهد بود و اینکه چه نوع قوسی داشته باشیم (محدب، مقعر) فرمول خلاصه شده ای داریم.

$$L \geq A.K$$

دراین رابطه A برابر اختلاف شیب طرفین قوس است و K پارامتری است که بر اساس سرعت و نوع قوس تعیین می شود و L حداقل طول قوس است.



سرعت KM/H	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰
K برای قوس های محدب	۳۱	۴۵	۶۲	۸۰	۱۲۴	۱۸۵	۲۳۰
K برای قوس های مقعر	۳۷	۴۵	۵۸	۷۰	۹۸	۱۱۰	۱۳۵

مثال: یک قوس قائم مقعر را در نظر بگیرید که دو شیب g۱=-۴٪ و g۲=۲٪ را بیکدیگر متصل می کنیم، حداقل طول قوس لازم چقدر است اگر کیلومتراژ PVI=۱۲+۱۵۰ و ارتفاع آن برابر ۱۱۰۰ متر باشد.کیلومتراژ و ارتفاع نقاط BVC و EVC نقطه ای با کمترین ارتفاع در طول قوس را بیابید و در مرحله بعد در ایستگاهایی به فاصله ۵۰ متر کیلومتراژ وارتفاع ایستگاهها را در جدولی نمایش دهید.(سرعت طراحی ۱۰۰ KM/H)

$A=g_۲-g_۱ =۲-(-۴) = ۶$

$K = ۱۱۰ \rightarrow L \geq A.K \rightarrow L \geq ۶۶۰$ ازجدول

ast BVC = astPVI – ۳۳۰

مهندس عابدینی

ast PVI = astBVC - ۶۶۰

Y BVC = YPVI +(۳۳۰*۰.۰۴)

Y EVC = YPVI +(۳۳۰*۰.۰۲)

$$X = g\frac{L}{A} \rightarrow g_{min}\left\{g_1, g_2\right\} = ۰.۲ \qquad X = ۲\frac{۶۶۰}{۶} = ۲۲۰$$

http://www.cea.ir

مهندس عابدینی

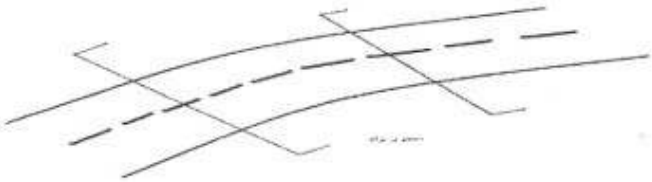
چهارم: مشخصات راه

مقاطع عرضی :

۱. پلالن : در پروژه های راه سازی ابتدا پلان راه بررسی می شود.

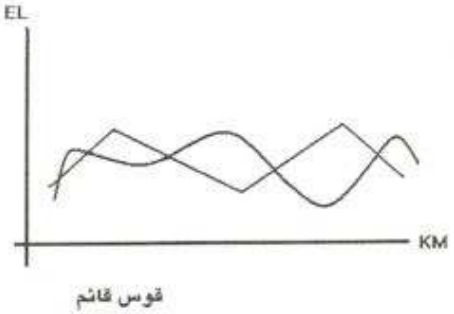
۲. پلان راه ها و تغییر جهت ها

جهت ها توسط خطوط مستقیم و تغییر جهت ها توسط قوس های دایره ای شکل مشخص می شوند که به این قوس های دایره ای شکل قوس های افقی گفته می شود. در پلان راه اطلاعات ارتفاعی محور راه را نداریم. برای این منظور در نقشه پروفیل طولی اطلاعات ارتفاعی محور راه را تکمیل می کنیم.



پروفیل طولی شامل یک سری خطوط مستقیم که معرف شیب های طولی مسیر است که قوس های سهمی به یکدیگر متصل شده است که به این قوس های سهمی قوسهای قائم گفته می شود. در نقشه پروفیل طولی کلیه اطلاعات ارتفاعی محور راه را خواهیم داشت که در مقایسه با پروفیل زمین طبیعی داده شده است.

http://www.cea.ir

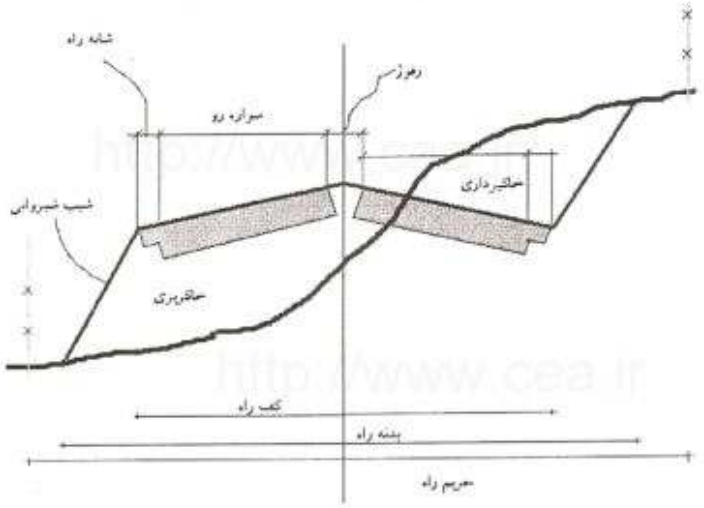


قوس قائم

در پروفیل طولی فقط اطلاعات ارتفاعی برای محور راه را داریم و هیچ گونه اطلاعات ارتفاعی برای لبه های راه نداریم برای این منظور مقاطع عرضی را تهیه می کنیم. مقاطع عرضی برش هایی هستند که عمود بر

مهندس عابدینی

محور راه زده می شود. هر چه عوارض طبیعی زمین بیشتر باشد تعداد و مقاطع عرضی بیشتر و فاصله آنها نسبت به یکدیگر کمتر خواهد بود. ولی به طور معمول هر ۵۰ متر یک مقطع عرضی باید داشته باشیم یکی از مقاطع عرضی را با جزئیاتش بررسی می کنیم.

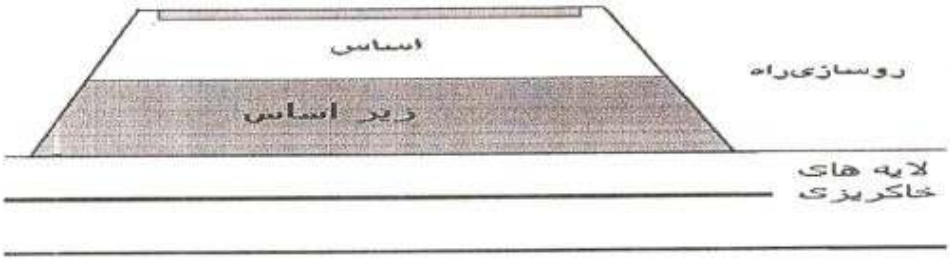


به کل قسمتی که اتومبیل بر روی آن حرکت می کند سواره رو می گویند. در سمت راست هر جهت فضایی به عنوان توقف های اضطراری در نظر می گیریم که به آن شانه را می گویند. در بین جهت رفت و برگشت می توانیم فضای رزرو شده ای داشته باشیم که عمدتاً به عنوان جداسازی مسیر رفت و برگشت است و می تواند به عنوان تعریض های آتی در نظر گرفته می شود به این فضا و رفوژ گفته می شود به کل قسمتی که اتومبیل می تواند روی آن قرار بگیرد و کف راه گفته می شود.

به محدوده ای که زمین طبیعی دست می خورد بدنه راه یا بستر راه می گویند فراتر از این محدوده قسمت هایی راداریم که به عنوان تعریض های آتی و به عنوان عبور و مرور ماشین آلات راه سازی استفاده می شود. به این محدوده حریم راه گفته می شود از اطلاعات دیگری که در مقطع عرضی لازم است نشان بدهیم شیب عرضی سواره رو است که معمولاً حدود ۲ تا ۲/۵ درصد است. برای شانه ی راه جهت تسریع در هدایت آب های سطحی معمولاً ۵ درصد در نظر می گیرند. شیب شیردانی های خاک ریز به دلیل این که معمولاً این خاک دست ریز حالت یکنواخت دارد معمولاً یک به یک در نظر می گیریم اما برای شیروانی خاک برداری بستگی به خاک پشت آن دارد هر چه خاک سفت تر و سنگین تر باشد و شیب تند تر است در لبه های راه

مهندس عابدینی

جهت هدایت آبهای سطحی در طول مسیر آب درهایی را طراحی می کنیم که مقطع این آب روها می تواند ذوزنقه ای شکل ، نیم دایره ای ، مربع یا مستطیل شکل باشد. که معمولاً ذوزنقه ای شکل است. می تواند خاکی یا سیمانی باشد. یکی دیگر از مشخصاتی که در مقاطع عرضی نشان می دهیم روسازی راه است.



روسازی راه متشکل از چند لایه مصالح مرغوب متراکم شده است که بر روی لایه های خاکریز متراکم شده قرار می گیرد و هدف ایجاد یک سطح صاف و هموار است که در زیر چرخ های وسایل نقلیه پایداری خودش را حفظ کند و در تمام شرایط آب و هوایی قابل بهره برداری باشد که از سه لایه ی زیر تشکیل شده است.

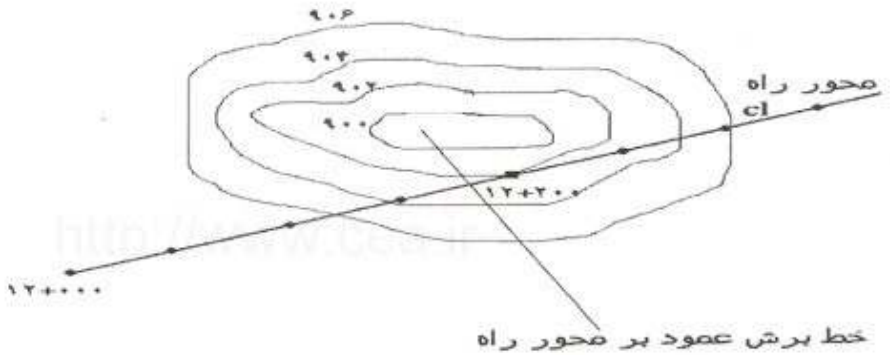
۱- زیر اساس ۲- اساس ۳- رویه ی آسفالت

که ضخامت روسازی باید در مقطع عرضی لحاظ شود به مجموعه ی این اطلاعات مقطع شیب عرضی گفته می شود که می تواند بعضاً برای طولی از مسیر ثابت باشد به عنوان مثال بین کیلومتر ۱۰ و کیلومتر ۲۵ پس یک مقطع عرضی شامل دو قسمت است.

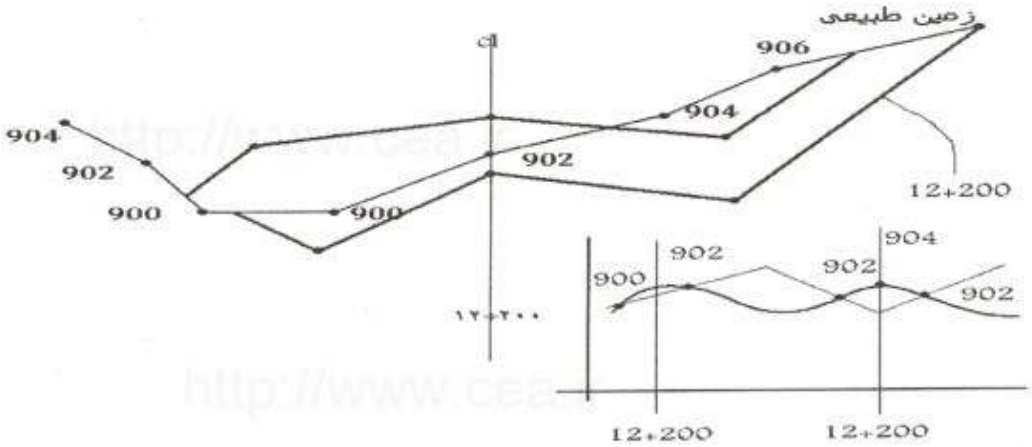
۱. **مشخصات راه** : یعنی مجموعه تمام اطلاعاتی که درباره ی آن صحبت کردیم. (الگو راه)

مهندس عابدینی

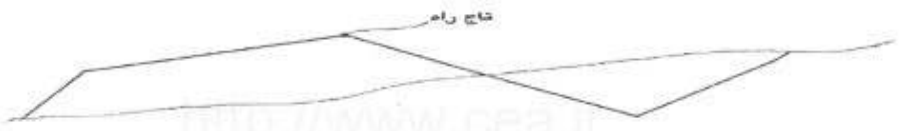
۲. **پروفیل زمین طبیعی**: که از هر ایستگاه تا ایستگاه بعدی تغییر می کند. پس به طور میانگین هر ۵۰ متر پروفیل زمین طبیعی را رسم می کنیم و بر روی آن الگو راه را قرار می دهیم.



به مجموعه ی محور راه بر روی نقشه های توپوگرافی پلان راه گفته می شود.



به مجموعه ی این خطوط شکسته پروفیل عرضی زمین طبیعی گفته می شود.



به نقطه ی بالای مسیر اگر رفوژ نداشته باشیم تاج راه گفته می شود. در پروفیل طولی ارتفاع نقاط محور راه را مشخص می کنیم.

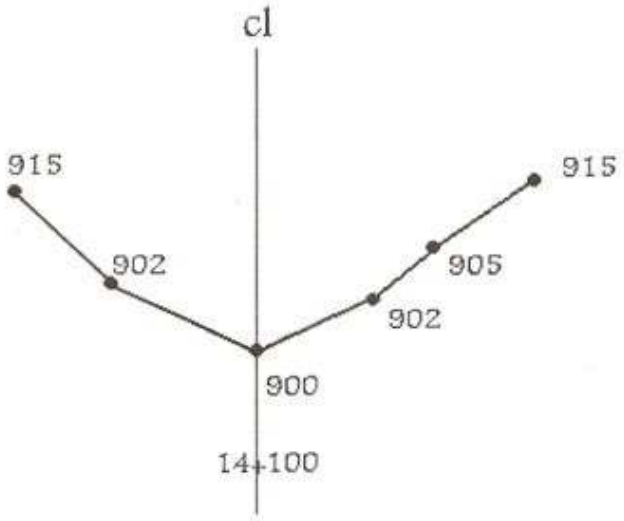
مهندس عابدینی

پروفیل عرضی که در شکل بالا کشیده شد برداشته شده از نقشه توپوگرافی است که برای مطالعات اولیه دقت لازم را دارد ولی برای مطالعات نهایی لازم است نقشه بردار به سر زمین برود و برداشت هایی بر دارد و بر اساس برداشت های نقشه بردار پروفیل زمین طبیعی رسم می شد برداشت های نقشه بردار به صورت زیر است.

ایستگاه	L		E	R		
۱۴+۱۰۰	۲۰ / ۹۱۰	۱۵ / ۹۰۲	۹۰۰	۵ / ۹۰۲	۱۰ / ۹۰۵	۲۰ / ۹۱۰
۱۴+۱۵۰	۲۰ / ۹۱۱	۱۵ / ۹۱۰	۱۵ / ۹۰۵	۹۰۲	۵ / ۹۰۵	۱۰ / ۹۰۵	۲۰ / ۹۱۰

http://www.cea.ir

برداشت های نقشه بردار در چنین جداولی تنظیم می شود به طور مثال در ایستگاه ۱۰۰ + ۱۴ داریم.



نکته: در هر جایی که زمین شکست داشته باشد یک برداشت می کنیم.

مهندس عابدینی

فصل پنجم: عملیات خاکی

عملیات خاکی :

قرضه : در صورتی که نتوان تمام خاک مورد نیاز را از خاکبرداری تأمین نمود، خاک مورد نیاز را از محل دیگری تأمین می نمئیم که به آن قرضه گفته می شود.

دپو : درصورتی که تمام خاک حاصل از خاک برداری در خاکریز ها مصرف نشود باید خاک اظافه را دپو کرد یعنی خاک اضافی را به محل تأمین شده حمل نمود.

طبقه بندی خاک از نظر مواد:

۱- خاک برداری معمولی شامل خاک و قلوه سنگ که اندازه شان چندان بزرگ نباشد.

۲- خاکبرداری در نقاطی که سنگ و قلوه سنگ به صورت سست در خاک وجود دارد و می توان آنها را بدون استفاده از مواد منفجره جا به جا نمود.

۳- خاکبرداری در مناطق سنگی که جا به جا کردن خاک قسمتی با زدن کمانه و انفجار مقدور است.

محاسبه حجم عملیات خاکی

راه را به قطعات زیادی تقسیم شود که در قطعه میان دو نیم رخ عرضی واقع است و حجم عملیات مجموع حجم های میان نیم رخی است.

روش های محاسبه مساحت نیمه منحنی عرضی :

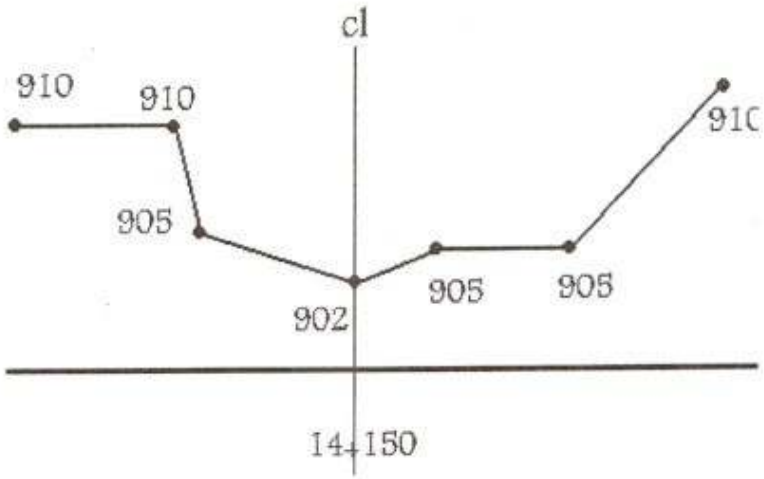
۱. محاسبه مساحت به طریقه هندسی

۲. محاسبه سطح نیمرخ به روش مقتضیات : ابتدا یک محور مختصات که محور آن بر محور مختصات منطبق است در نظر می گیریم

۳. محاسبه مساحت به روش ترسیمی

۴. محاسبه مساحت به وسیله کامپیوتر

مهندس عابدینی



شیب زمین (محور راه ۴ درصد)

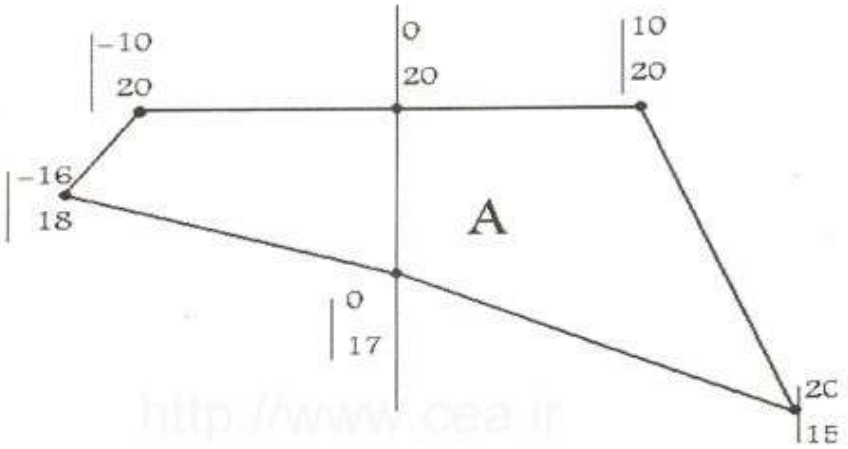
با توجه به مقاطع عرضی می توانیم ابتدا سطح مقاطع عرضی و حجم خاکبرداری را بدست آوریم.

الگوی راه و مشخصات راه که در طول مسیر ثابت است و زمین طبیعی که برای هر ایستگاه متفاوت است. که به مساحت محصور شده بین الگوی راه و زمین طبیعی مقطع عرضی می گویند. هدف از رسم مقاطع عرضی ۲ مورد است. ۱- آشنایی با وضعیت ارتفاعی لبه های راه و ۲ – پس از محاسبه ی سطح مقاطع عرضی می توانیم حجم عملیات خاکی را بدست آوریم. برای محاسبه ی سطح مقطع عرضی راه های متفاوتی است.

روش اول : تقسیم یک مقطع نامنظم به چند قسمت منظم است به طور مثال تقسیم یک سری مثلث ها و مستطیل ها که به راحتی بتوانیم سطح نامنظم عرضی را بدست آوریم و یا رسم مقطع عرضی بر روی کاغذهای میلی متری است که بعد با شمارش خانه های میلی متری با تقریب بسیار خوب سطح مقطع عرضی بدست می آید.

روش دیگر : استفاده از دستگاه پلانی متر است. پلانی متر دستگاهی است که به اندازه ی ماشین حساب جیبی است که با گردش این دستگاه بر روی محیط مقطع عرضی می توانیم سطح مقطع را بدست آوریم. روش دیگر روش مختصات است. در روش مختصات ابتدا مختصات کنج های مقطع عرضی به صورت اسمی مشخص می شود.

مهندس عابدینی



اعدادی به صورت ضربدری ابتدا با هم ضرب سپس با هم جمع می کنیم.

$$\frac{y1}{x1} \times \frac{y2}{x2} \times \frac{y3}{x3} \times \frac{y4}{x4} \dots \frac{y\,1}{x1}$$

$$\frac{۲۰}{۰} \times \frac{۲۰}{۱۰} \times \frac{۱۵}{۲۰} \times \frac{۱۷}{۰} \times \frac{۱۸}{-۱۶} \times \frac{۲۰}{-۱۰} \times \frac{۲۰}{۰}$$

((۲۰*۱۰)+(۱۵*۱۰)+(۱۷*-۱۶)+(۱۸*-۱۰)+(-۲۰*۱۰)

و همین عمل را برای اعدادی که با خط آبی به هم وصل شده است انجام می دهیم

(۲۰(۰) + ۱۵(۱۰) +۱۷(۲۰)+۱۸(۰) +۲۰(-۱۶) +۲۰(-۱۰))

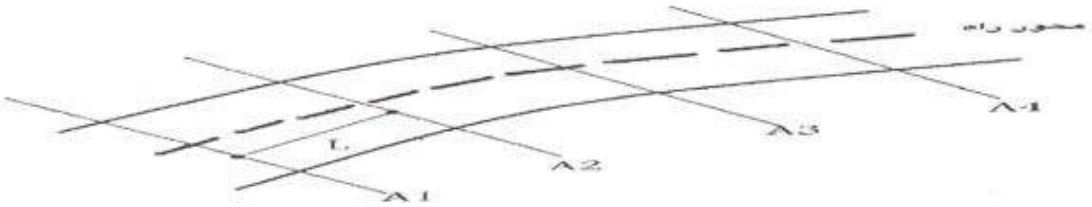
سطح مقطع عرضی A برابر نصف مقدار این دو مقدار است.

A = ۱/۲{ ۲۰(۱۰) + ۲۰(۲۰) + ۱۵(۰)+۱۷(-۱۶)+۱۸(-۱۰) + ۲۰(۱۰) -((۲۰(۰) + ۱۵(۱۰) + ۱۷(۲۰) + ۱۸ (۰) +۲۰(-۱۰)+۲۰(-۱۰)}

و یا مقطع عرضی می تواند بر روی یکی از نرم افزارهی که نصب و سطح مقطع به راحتی محاسبه می شود.

بعد از این که سطح یکایک مقاطع عرضی بدست آمد. سپس حجم عملیات خاکی را به بینابین دو ایستگاه متوالی با فاصله ی محوری را بدست می آوریم در مقطع عرضی متوالی A۱ وa۲ می توانند حالت های مختلفی داشته باشند.

مهندس عابدینی

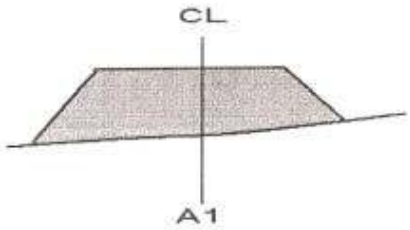


فرض کنید A۱ و A۲ هر دو در خاکریزی واقع شوند.

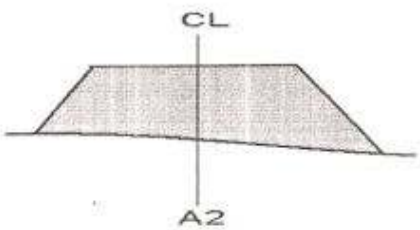
از روش میانگین سطوح یا حجم خاکریزی برابر می شد با

حالت اول)

F : خاکریزی (fill)



C : خاکبرداری (cat)



حالت ۱

هر دو مقطع خاکریزی

$$Vf = \frac{A_1 + A_2}{2} L$$

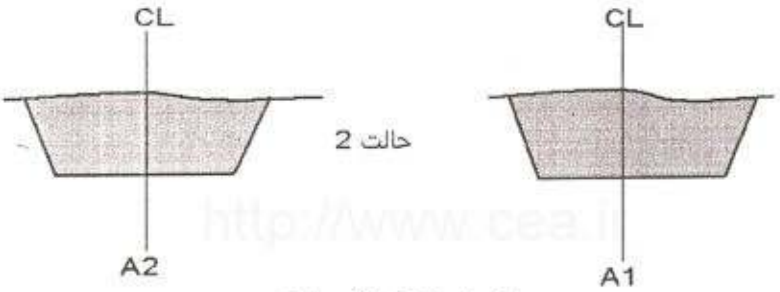
در روش میانگین سطوح فرضی بر این است که عوارض طبیعی در بینابی دو ایستگاه متوالی تغییر چندانی نداشته باشد و یا اصطلاحاً تغییرات ثبات است و به صورت خطی است.

A_2	A_1
خاکریزی	خاکریزی
خاکبرداری	خاکبرداری
خاکبرداری	خاکریزی
خاکبرداری + خاکریزی	خاکریزی
خاکبرداری + خاکریزی	خاکبرداری + خاکریزی
خاکبرداری + خاکریزی	خاکریزی + خاکبرداری

مهندس عابدینی

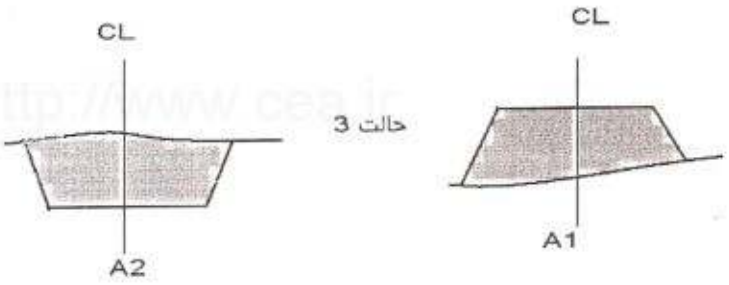
$$Vc = \frac{A1+A1}{2}L$$

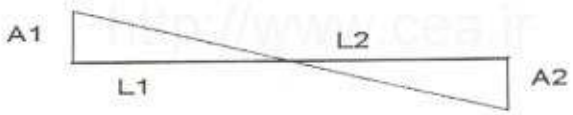
حالت ۲) در حالتی که هر دو خاکبرداری باشد مانند قبل دارع :



هر دو مقطع خاکبرداری

حالت ۳) یکی خاکریز و دیگر خاکبرداری : A۲= خاکبرداری A۱ خاکریزی با استفاده از فرضی که عوارض طبیعی زمین که تغییراتشان به صورت خطی است زمانی که A۱ به A۲ می رویم سطح خاکریزی کاهش تا به حد صفر می رسد و بعد خاکبرداری افزایش پیدا می کند تا به حد A برسد.



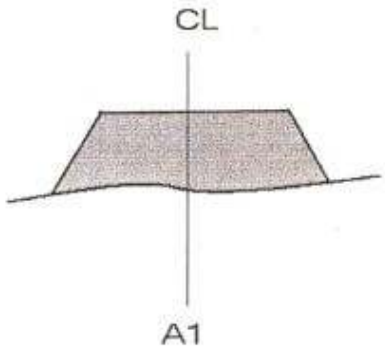


$$Vf = \frac{A1 + 0}{2}L1 \qquad Vc = \frac{A2 + 0}{2}L2$$

حالت ۴) A۲= خاکبرداری + خاکریز خاکریز = A۱

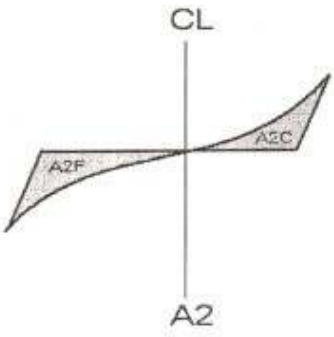
برای بدست آوردن حجم عملیت خاکی بین A۱ و A۲ ، حجم عملیات خاکبرداری و حجم عملیات خاکریزی ها را با هم محاسبه می کنیم.

مهندس عابدینی



خاکریزی

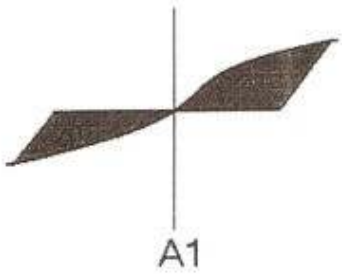
حالت 4



خاکبرداری+خاکریزی

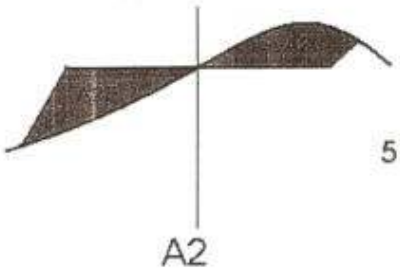
$$Vf = \frac{A1 + A2c}{2} L \qquad Vc = \frac{A2c + 0}{2} L$$

حالت ۵) A۱، خاکبرداری + خاکریزی خاکبرداری + خاکریزی = A۲



خاکبرداری + خاکریزی

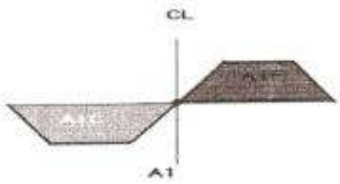
حالت 5



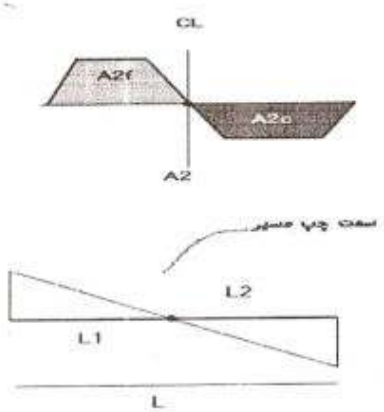
خاکبرداری +خاکریزی

$$Vf = \frac{A1f + A2f}{2} L \qquad Vc = \frac{A1c + A2c}{2} L$$

حالت ۶) A۱= خاکبرداری + خاکریز خاکریز + خاکبرداری = A۲



حالت 6



مهندس عابدینی

$$Vf1 = \frac{A2f + 0}{2} L1 \qquad Vc1 = \frac{A1c + 0}{2} L2$$

$$Vf2 = \frac{A1f + 0}{2} L4 \qquad Vc2 = \frac{A2c + 0}{2} L3$$

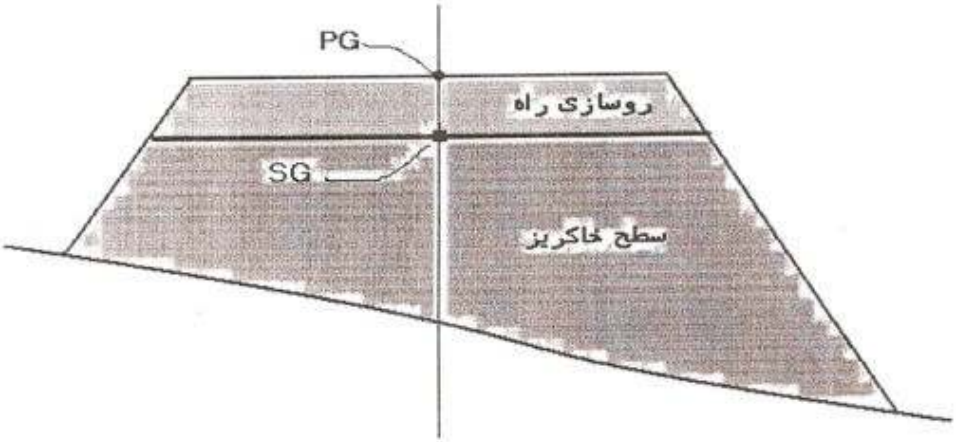
در یک پروژه راهسازی می توانیم صدها مقطع عرضی داشته باشیم و برای بدست آورن حجم عملیات خاکی می توانیم به همین صورت ولی به صورت جدول تنظیم می کنیم که این جدول را جدول عملیات خاکی می گوییم. نمونه ای از این جدول را در ادامه مشاهده می کنید.

ایستگاه	فاصله	خاکریز				خاکبرداری			
	مقاطع	سطح	میانگین	حجم	حجم m^3کل	سطح مقطع عرضی	میانگین سطوح m^2	حجم m^3جزء	حجم کل
۵۰۰ +۱۰		۱۰							
	۵۰		۲۰	۱۰۰۰					
۱۰+۵۵۰		۳۰			۱۰۰۰	۰			
	۵۰		۲۰	۱۰۰۰			۲۰	۱۰۰۰	
۰۶۰+۱۰		۱۰			۲۰۰۰	۴۰			۱۰۰۰
	۲۰		۵	۱۰۰			۴۰	۸۰۰	
۱۰+۶۲۰		۰			۲۱۰۰	۴۰			۱۸۰۰
	۳۰						۶۰	۱۸۰۰	
۱۰+۶۵۰		۰				۸۰			۳۶۰۰

ایستگاه مختلف پیاده شده است و برای هر ایستگاه مقطع عرضی بدست آمده است سطحی که برای خاکریزی یا خاکبرداری در نظر می گیریم باید بالاترین نقطه ی محوری راه (PG) در سطح روسازی نامیده می شود.

به آخرین مجموعه ی لایه هایی که در سطح راه قرار می گیرند روسازی راه می گویند.

مهندس عابدینی

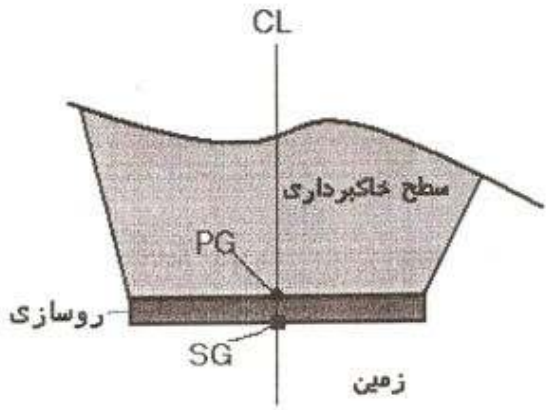


جنس لایه های روسازی اصطلاحاً مصالح دانه بندی نشده است در صورتی که قبل از اینکه به روسازی برسیم جنس لایه های خاک بوده است که لایه لایه پخش و کوبیده می شود.

بالاترین نقطه ی خاکریزی در محور راه SG نامیده می شود.

اختلاف بین SG و PG ضخامت روسازی است.

سطح خاکریز شامل قسمت روسازی نمی شود.



سطح خاکبرداری شامل حتی قسمت روسازی نیز می شود.

نکته : سطح عملیات خاکی همیشه بین زمین طبیعی و SG است. کلیه سطوحی که موارد جدول عملیات خاکی می شود مربوط به خاک مرغوب است. به طور مثال اگر خاک برداشت نشده از خاکبرداری ها خاک نامرغوب باشد در جدول عملیات خاکی لحاظ نخواهد شد. فقط خاک مرغوب وارد جدول عملیات خاکی می شود.

مهندس عابدینی

در بدو شروع پروژه های راه سازی معمولاً سطح راه به عمق ۳۰ سانتی متر برداشت می شود دور ریخته می شود و این خاک اصطلاحاً خاک فرسوده شامل ریشه ی گیاهان و غیر قابل مصرف در لایه های خاکریزی است به این خاک ، خاک بتنی می گوئیم و مجدداً به پیمانکار جزء آیتم جداگانه پرداخت می شود ولی چون غیر قابل مصرف در لایه های خاکریزی است پس در جدول عملیات خاکی لحاظ نمی کنیم.

نحوه ی جابجایی خاک و محاسبات مربوط به تعیین ایستگاه های خاکبرداری که در کدام ایستگاه های خاکریزی مصرف شوند. در پروژه های راه سازی به دلیل طویل بودن پروژه و حجیم بودن عملیات خاکی سعی می کنیم که خط پروژه را به گونه ای رسم کنیم که مقدار خاکبرداری ها با مقدار خاکریزها برابری کند. در جابجایی خاک از محل های خاکبرداری به خاکریزی پدیده های متفاوتی می تواند صورت بگیرید. به طور مثال یک متر مکعب خاک برداشت شده از خاکبرداری چه حجمی را در خاکریزی می کند به دو دلیل یک متر مکعب خاک برداشت شده فضای کمتری را در خاکریزی ها پر می کند. را یک مقدار خاک در حمل و نقل خاک در طول راه از بین می رود.

۲- خاک مصرفی در محل های خاک ریزی در لایه های نازک حداکثر ۲۰cm پخش آب پاشی و کوبیده می شود و در نتیجه با تراکم نسبی بیشتر قرار می گیرد به این پدیده ، پدیده ی انقباض می گوئیم. و به اختلاف حجمی که پیدا می شود. به صورت نسبی فاکتور انقباض می گوئیم. هر چه شن و ماسه ی خاک بیشتر باشد فاکتور انقباض هم کمتر می شود برعکس چنین پدیده ای به نام پدیده تورم که معمولاً برای خاکهای ریزدانه، خاکهای رسی، و خاکهای لایه دار اتفاق می افتد و چون از این نوع خاکهادر راهسازی استفاده نمی کنیم پس کمتر با چنین پدیده ای مواجه می شویم. به هر صورت در طراحی ها سعی می کنیم خاکبرداری با خاکریزها با در نظر گرفتن فاکتور انقباض برابری کند و اغلب این اتفاق نمی افتد. بسیاری از اوقات خاکبرداری ها بیشتر از خاکریزها هستند. خاکهای اضافی را حمل به دپو می کنیم. محل دپو را دستگاه نظرت یامشاوره تعیین می کند. که محل دپو باید خصوصیات زیر را داشته باشد. نزدیک باشد،عوارض طبیعی زمین را به هم نزند، به زیبایی مسیر هم سطح ترند. بر عکس این اتفاق میزان خاکریزها بیشتر از خاکبرداری ها باشد. باید از بیرن پروژه خاک به داخل پروژه آورده شود یا به اصطلاح متوسل به فرضیه شویم. محل فرضیه را نیز دستگاه نظارت یا فشار تعیین می کند و فرضیه نیز با مشخصات دپو را داشته باشد و علاوه بر دپو فرضیه باید دارای خاک مرغوب باشد. برای پایین آوردن هزینه ی عملیات بایستی مشخص کنیم کدام خاکبرداری ها در کدام خاکریزها مصرف شوند تا کمترین هزینه حمل را پرداخت کنند. برای این منظور دیاگرام توده (Mass Digram) (منحنی بررکنو) را رسم می کنیم.

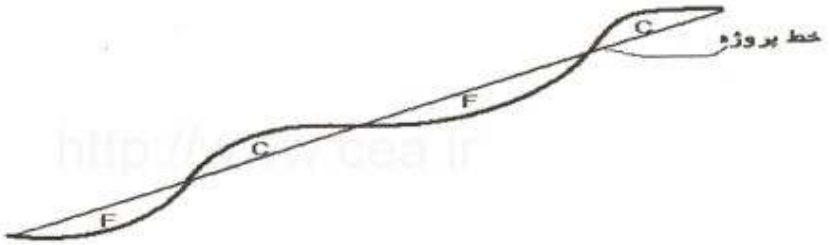
مهندس عابدینی

ایستگاه	فاصله m	خاکبرداری	خاکریز fm	انقباض +خاکریز	اضافه عملیات خاکی		جمع جبری خاکبرداری یا خاکریز
					خاکبرداری	خاکریز	
۱۰+۵۰۰	۵۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰				
۱۰+۵۵۰	۵۰	۳۰۰۰	۳۳۰۰				+۱۱۰۰
۱۰+۶۰۰	۲۰	۶۴۰	۴۰۰	۴۴۰	۲۰۰		+۴۴۰۰
۱۰+۶۲۰	۳۰	۴۰۰۰					+۴۲۰۰
۱۰+۶۵۰	۵۰	۳۰۰					+۲۰۰
۱۰+۷۰۰							-۲۸۰۰

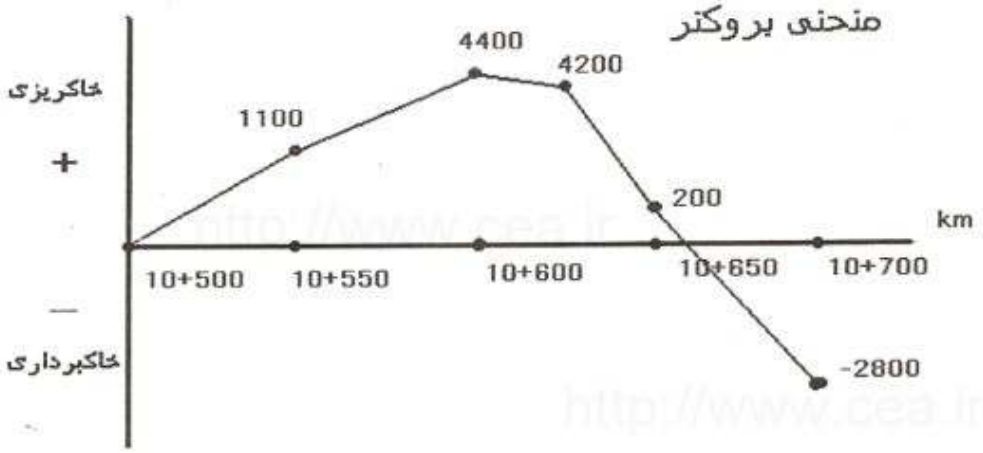
http://www.cea.ir

مهندس عابدینی

فصل ششم: منحنی بروکنر



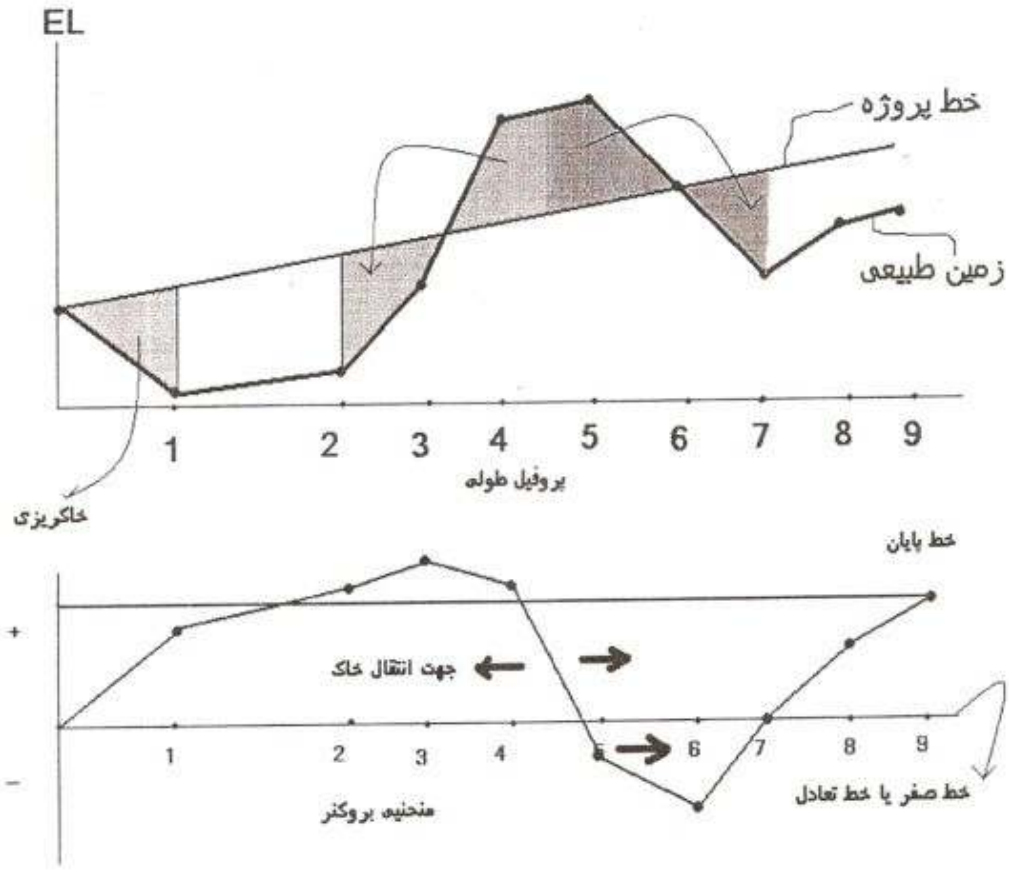
نکته : خاکریز ها را با علامت (+) و خاکبرداری را با علامت (-) نشان می دهیم.



نقاطی که منحنی بروکنر صعودی است خاکریز داریم و هر جا بروکنر نزولی است خاکبرداری داریم.

http://www.cea.ir

مهندس عابدینی



نقاط ماکزیمم و می نیمم در منحنی بروکنر عبارت است از در این نقاط نوع عملیات خاکی عوض شود. در نقطه ی ماکزیمم خاکریزی به خاکبرداری و در نقطه ی می نیمم خاکبرداری به خاکریزی و در جایی که خط صفر قطع می شود یعنی به همان مقدار که خاکبرداری داشتیم همان مقدار خاکریزی داشته ایم.

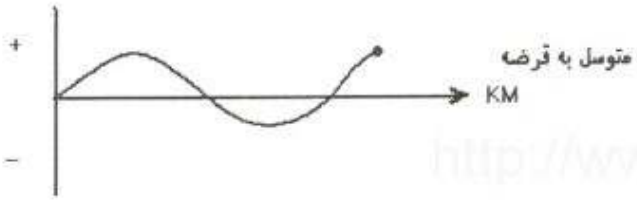
فلش ها جهت حرکت خاک را نشان می دهند.

مهندس عابدینی

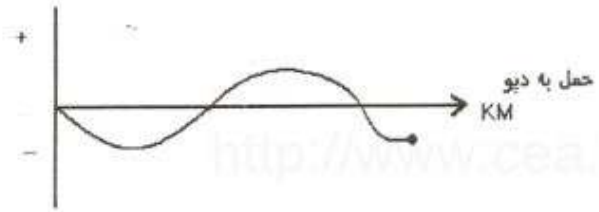
از ویژگیهای منحنی بروکنر در این است که خط تعادل می تواند به موازات خط صفر بالا یا پایین برد و هیچ گونه تغییری در منحنی بروکنر نخواهیم داشت (در شکل مانند خط پایان).

خط پایان : خط تعادلی است که هم به موازات خط صفر است و هم از انتهای منحنی بروکنر رد می شود.

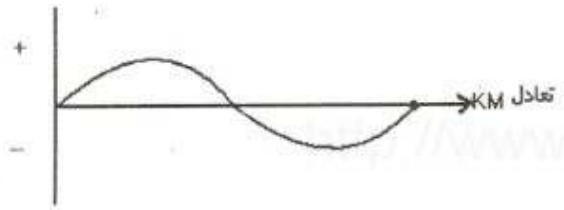
فرض کنیم که محل قرضه در انتهای پروژه باشد در این صورت بهترین خط تعادل خط صفر است. ولی اگر محل قرضه در ابتدای پروژه باشد بهترین خط تعادل خط پایان است.



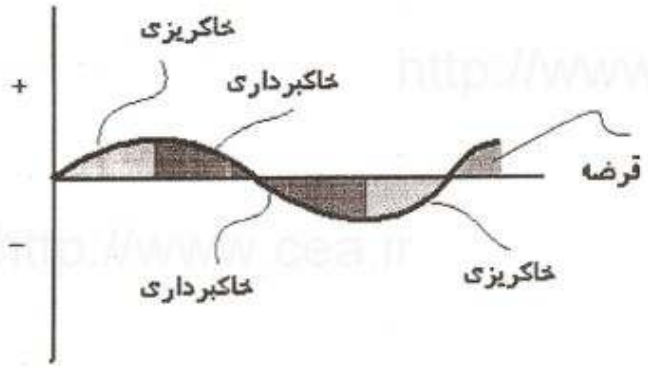
پس با توجه به محل قرضه یا دپو بهترین خط تعادل را تعریف می کنیم بینهایت خط تعادل بین خط صفر و خط پایان می توانیم داشته باشیم.



ممکن است یک یا چند محل قرضه یا دپو داشته باشیم ممکن این محل ها در ابتدا یا انتها و یا در وسط پروژه باشند که برای هر کدام از این حالت ها بایستی بهترین خط تعادل یا خط توزیع بدست آید.

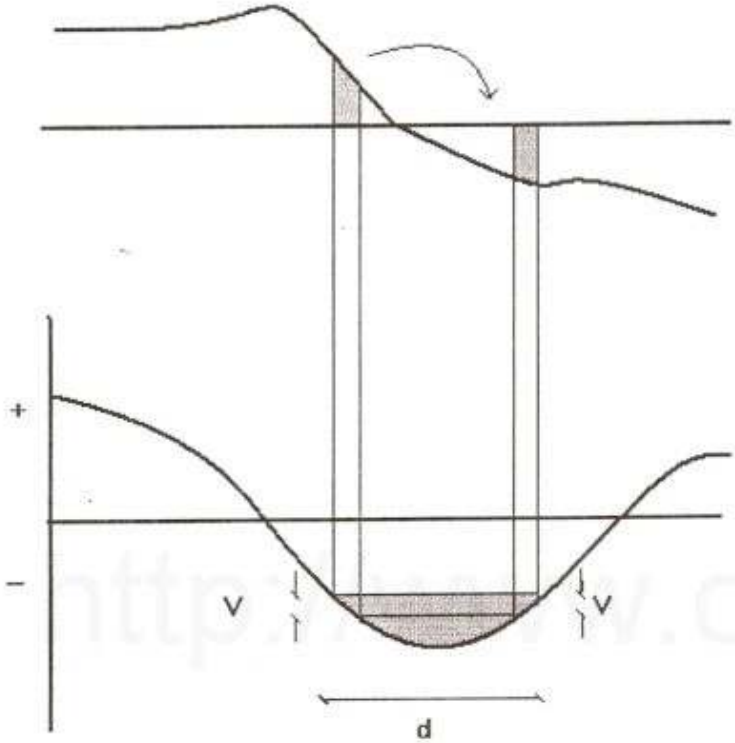


تعیین بهترین خط تعادل که منجر به کمترین هزینه حمل شود با توجه به محل یا محل های قرضه یا دپو.



مهندس عابدینی

پروفیل طولی



اگر محل قرضه در انتهای پروژه باشد بهترین خط تعادل خط صفر خواهد بود.

خط توزیع یا پخش : خطی موازی با محور x هاست که می تواند به این محور باشد. یا در فاصله ای از محور قرار داشته باشد با استفاده از این خط می توان تا حدی ، عزم حمل خاکبرداری یا خاک ریزی را تغییر داد.

در این شکل ها، مقدار خاکی که باید به دپو فرستاده شود با تغییر محل خط توزیع از انتها به ابتدای پروژه منتقل شده است، **مساحت محصور میان منحنی بروکنر و خط توزیع همان عزم حمل می باشد.**

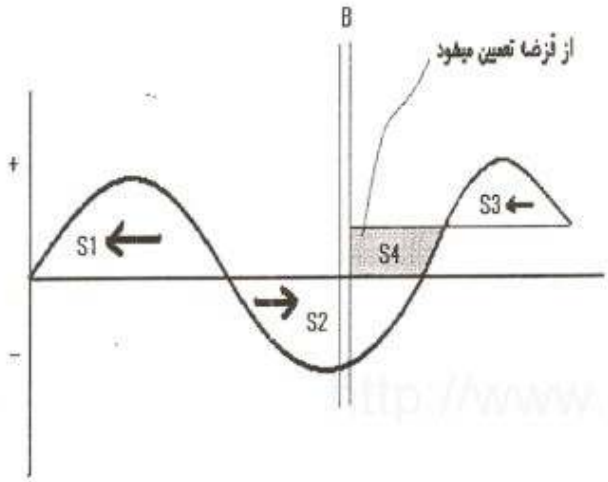
خط توزیع باید به گونه ای انتخاب شود که عزم حمل حداقل گردد.

اگر محل دپو در ابتدا پروژه باشد بهتری خط تعادل خطی است که از انتهای منحنی رسم می شود. (خط پایان)

$$\text{عزم حمل} = s = v \times d$$

در واقع عزم حمل همان سطح منحنی بروکنر است در نتیجه در پروژه های راهسازی به دنبال خط توزیع یا خط تعادلی هستیم که منجر به کمترین سطح منحنی بروکنر و در نتیجه کمترین عزم حمل که باعث کمترین هزینه شود. زمانی که محل قرضه یا دپو به صورت اختیاری باشد یعنی پیمانکار در هر مکانی که خواست محل دپو یا قرضه را انتخاب می کند.

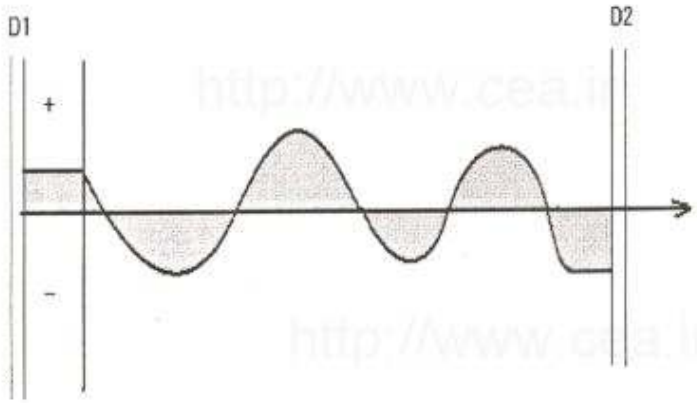
مهندس عابدینی



بهتری خط تعادل خطی است که اختلاف قاعده ی مثلث های بالا و پایین کمترین حالت باشد در نتیجه بین خط صفر و خط پایان خطی را جستجو می کنیم که این حالت را ایجاد کند.

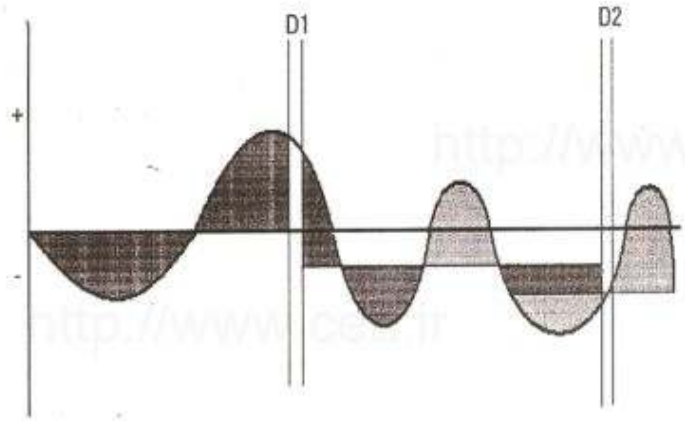
ویژگی خط وسط خط وسط این است که کمترین مساحت (کمتری عزم حمل) را دارد. برای حالت فوق محل قرضه را یکی در ابتدا و یکی در انتها انتخاب می کنیم حالت دیگر .

در کل مجموعه احتیاج به قرضه داریم و فرض می کنی محل قرض در وسط کار باشد B قرضه و D برای دپو



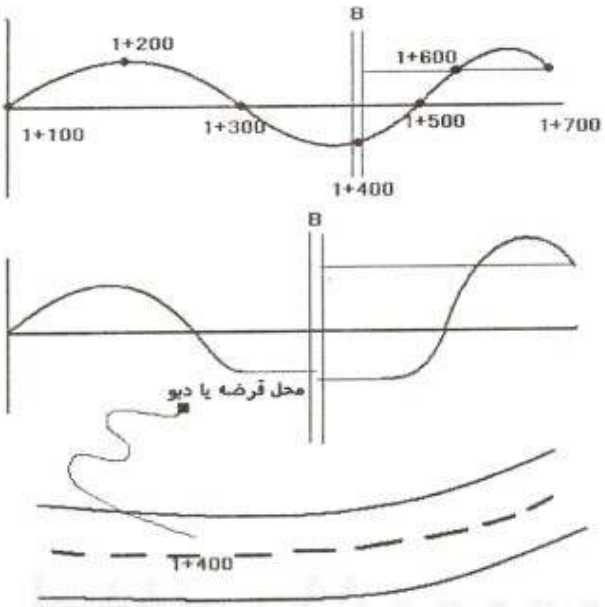
برای نزدیک کردن محل خاکریز به محل قرضه کار را از طرفین به تعادل می رسانیم از ابتدا با خط صفر و از انتها با خط پایان

حالت دیگر : دو تا محل قرضه و دپو داشته باشیم یکی قبل ازابتدای پروژه و یکی بعد از انتهای پروژه.



حالت دیگر : چند تا محل قرضه یا دپو داشته باشیم و همه در وسط قرار داشته باشند.

مهندس عابدینی



نکته : به این متد و روش روش پله پله می گویند. که خط توزیع به صورت پلکانی عوض می شود مرتعی که دپو داشته باشیم پله به طرف پائین و اگر قرضه داشته باشد پله به سمت بالا.

در عمل هیچ کدام از حالت های قبل اجرا نمی شود. و مانند نمونه ی روبرو است:

هر چه فاصله ی متوسط حمل بیشتر باشد هزینه نیز بیشتر می شود در فهرست بها بر اساس فواصل متوسط حمل پیمانکار هزینه پرداخت می شود.

نکته : خط توزیع باید بین خط اساس (محور x) و خطی موازی محور y که از انتهای منحنی رسم می شود. (خط پایان) قرار داشته باشد.

** بهترین خط توزیع خطی است که مجموع قاعده مثلث های فوقانی خط توزیع ، برابر با مجموع قاعده مثلث های تهتانی فوقانی خط در بسیاری موارد حالت تساوی رخ نمی دهد، در این صورت حالات زیر را خواهیم داشت،

الف) تفاوت بین قاعده های سطوح فوقانی و تهتانی مسدود به خط توزیع هنگامی که از خط اساس به سمت خط پایان منحنی حرکت می کند مرتباً بزرگ می شود، در این حالت بهترین خط توزیع خود خط اساس می باشد.

ب) تفاوت بین قائده های سطوح فوقانی و تحتانی مسدود به خط توضیع، هنگاهی که از خط اساس به سمت خط پایان منحنی حرکت می کنیم مرتباً کوچک می شود در این حالت بهترین خط توزیع خط پایان منحنی است.

ج) اختلاف بین مجموع قاعده های فوقانی و تحتانی محدود به خط توزیع ، در فاصله بین خط اساس و خط پایان منحنی بدون آن که صفر گردد ناگهان تغییر علامت می دهد و این زمانی است که منحنی بروگنر شامل قطعه ای افقی باشد، در این خط توزیع باید بر آن خط افقی منطبق گردد.

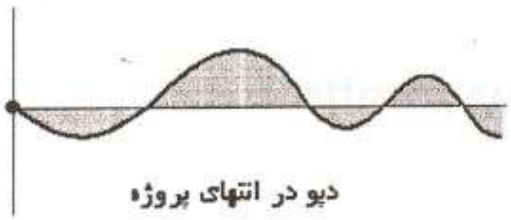
* جهت حمل خاک همیشه از خاکبرداری به طرف خاک ریزی است.

تعیین خط توزیع با در نظر گیری قرضه و دپو :

۱- محل قرضه یا دپو در سمت راست منحنی بروکنر واقع شده باشد، در این حالت بهترین خط توزیع همان خط اساس می باشد

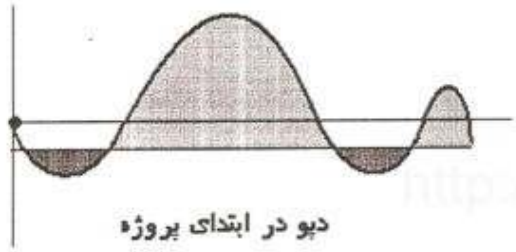
۲- محل قرضه یا دپو در سمت چپ منحنی بروکنر واقع شده باشد بر این حالت بهترین خط توزیع همان خط پایان می باشد

۳- محل قرضه یا دپو در طرفین چپ منحنی بروکنر واقع شده باشد در این حالت بهترین خط توزیع در میان خط اساس و خط پایان قرار می گیرد و نحوه تایین محل خط توزیع مشابه است علت عادی می باشد.



دپو در انتهای پروژه

۴- محل دپو یا دپو وسط منحنی بروکنر واقع شده باشد در این حالت بهترین خط توزیع همان خط اساس می باشد سمت چپ را مانند حالت اول سمت راست را معادل حالت دوم حمل می کنیم.



دپو در ابتدای پروژه

مهندس عابدینی

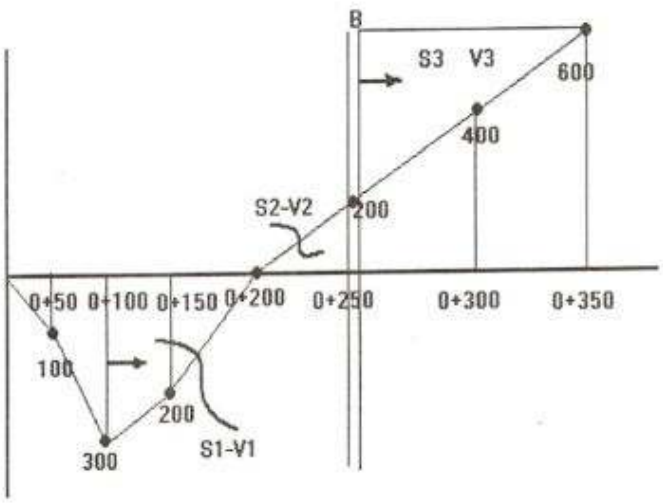
۵- محل قرضه یا دپو به طور متعدد بر روی منحنی موجود است در این حالت بهترین خط توزیع ، سمت راست را شبه حالت اول و سمت چپ را شبیه حالت دوم و وسط منحنی را مانند حالت سوم عمل می کنیم

۶- محل دپو تا قرضه قبل و بعد از منحنی و با فاصله قرار داشته باشد. یعنی محل قرضه و دپو از ابتدا و انتهای پروژه ، فاصله داشته باشد. در این حالت ابتدا باید منحنی باز را تبدیل به یک منحنی بسته کنیم و در گام بعد مانند حالت ۳ عمل کنیم.

۷- گاهی محل دپو یافته نیز خارج از محور راه واقع است در این وضعیت باید خط اساس جدیدی رسم نمائیم و فاصله ای که دپو یا قرضه در خارج از محور راه قرار گرفته را بررسی خط اساس پیاده کنیم سپس منحنی بروکنر تبدیل به یکی از حالات قبل می شود.

http://www.cea.ir

مثال : با توجه به مشخصات داده شده عزم حمل کل را محاسبه نمائید ، محل قرضه یا دپو درکیلو متر ۲۵۰+۰ قرار دارد ابتدا منحنی بروکنر را رسم کنید.



ایستگاه	حجم	
	خاکبرداری	خاکریزی
۰+۰۰۰		
	۱۰۰	
۰+۰۵۰		
	۲۰۰	
۰+۱۰۰		
	۱۰۰	۲۰۰
۰+۱۵۰		
	۱۰۰	۳۰۰
۰+۲۰۰		
		۲۰۰
۰+۲۵۰		
		۲۰۰
۰+۳۰۰		
		۲۰۰
۰+۳۵۰		

$$S = \frac{۵۰ * ۱۰۰}{۲} + \frac{۲۰۰ + ۱۰۰}{۲}(۵۰) + \frac{۲۰۰ + ۳۰۰}{۲}(۵۰) + \frac{۲۰۰ * ۵۰}{۲} + \frac{۵۰۰ * ۲۰۰}{۲} + \frac{۴۰۰ * ۱۰۰}{۲} = ۵۵۰۰۰$$

$$\text{فاصله متوسط حمل} = \frac{\sum S}{\sum V} = \frac{۵۵۰۰۰}{۳۰۰ + ۲۰۰ + ۴۰۰}$$

http://www.cea.ir

مهندس عابدینی

فصل هفتم: کلوتوئید

مزایای کلوتوئید

۱- راحت تر شدن رانندگی و کنترل خودرو در مسیر : با اجرای کلوتوئید افزایش و کاهش نیروی جانب مرکز به صورت تدریجی انجام می گیرد.

۲- تغییر شیب عرضی (دور) از حالت عادی (قبل از قوس) تا حداکثر مقدار (روی قوس دایره ای) در طول قوس اتصال انجام می گیرد.

۳- در مقاطعی از مسیر که در طول قوس دایره ای تعویض انجام می شود وجود قوس اتصال باعث صهولت در تغییر عرضی از مقدار پایه (قبل از قوس) به مقدار مورد نیاز (در طول قوس) می شود.

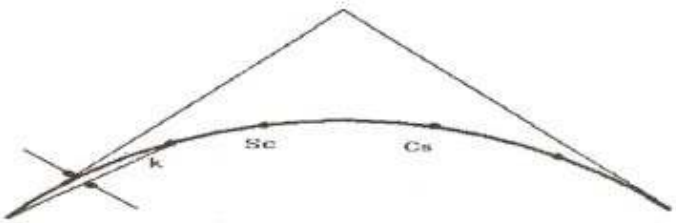
۴- قوس های کلوتوئید باعث افزایش محدوده دید می شود و راننده و انتهای قوس ناچار به استفاده از قرضه نخواهد بود.

عموماً در قوس های انتقالی از کلوتوئید استفاده می کنیم در این قوس ها ، شعاع از بینهایت از نقطه آخر tan و شروع کلوتوئید و شعاع دایره در پایان کلوتوئید و شروع قوس دایره تغییر می کند.

شعاع انحناء در هر نقطه از کلوتوئید نسبت معکوس با طول کلوتوئید در آن نقطه دارد.

اتصالات کلوتوئیدی

محدودیت اتصالت کلوتوئید.



۱- حداقل طول اتصل کلوتوئید ۸۰ متر است.

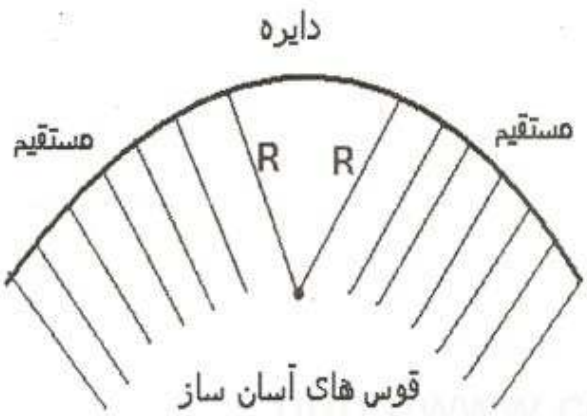
۲- اتصال کلوتوئیدی زمانی طراحی می شود که شعاع قوس دایره کمتر از ۱۵۰۰ متر باشد.

۳- پارمتر کلوتوئید باید $\frac{R}{3} < A < R$ باشد.

۴- زاویه ی کلوتوئید می تواند برای هر ایستگاه حساب شود.

$$\theta = \left(\frac{L}{Ls}\right)^2 \theta_S \quad \text{(رادیان)}$$

مهندس عابدینی

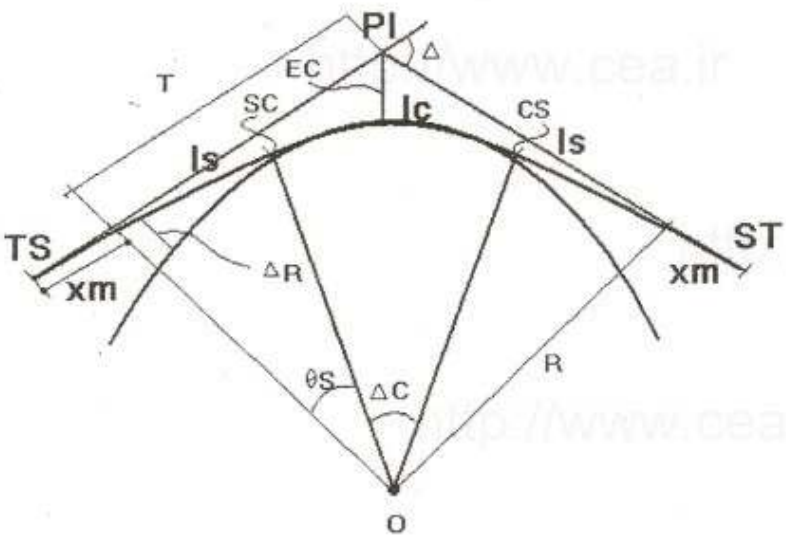


۵- خط مستقیمی که دو نقطه ی اتصال کلوتوئد را به هم وصل می کند وتر کلوتوئید نامیده می شود بزرگترین وتر خطی است که IS و SC را ب هم وصل می کند. و زاویه ای که می سازد Ø نامیده می شود.

به Ø زاویه ی انحراف می گوئیم

$$\emptyset = \frac{L^2}{6RLs}$$

در پلان راه یک سری خطوط مستقیم داریم که معرف جهت ها و در مسیر هستند و قوس های دایره ای شکل یا همان پیچ ها در مسیر این جهت های مختلف را به هم وصل می کنند در مواقعی که شعاع این قوس های افقی کم باشد و یا سرعت طراحی بالا باشد می بینیم که در نقطه ی شروع قوس (BC) در یک لحظه شعاع از بی نهایت تبدیل به شعاع ثابت R می شود و این احساس ناخوشایندی را برای راننده ایجاد می کند برای جلوگیری از این مشکل می توانیم از قوس های استفاده کنیم شعاع آنها به تدریج عوض شود در این قوس ها را در بین قسمت های مستقیم و قوس های دایره ای شکل قرار می دهیم.



به چنین قوس هایی که به صورت متقارن در کنار قوس دایره قرار می گیرند قوس های آسان ساز یا اصطلاحاً اتصالات کلوتوئیدی گفته می شود این قوس های به گونه ای است که در ابتدای بی نهایت است و به تدریج شعاع کم می شود تا به Rبرسد و مجدداً افزایش پیدا می کند تا حد بی نهایت.

مهندس عابدینی

یکی از این اتصالات کلوتوئید را با جزئیاتش بررسی می کنیم.

از این به بعد ابتدای منحنی را با TS و انتهای اتصال کلوتوئید و ابتدای دایره را با SC و انتهای دایره را با CS نمایش می دهیم. اتصال کلوتوئید به صورت متقارن اطراف دایره اجرا می شود.

مختصات نقطه ی SC برابر (YS و XS) به شرطی که TS را مبنا در نظر بگیریم حد فاصل دایره تا مماس بزرگ را با ΔR نمایش می دهیم.

به کل طول اتصال کلوتوئید LS گفته می شود.

X و Y مختصات هر نقطه بر روی اتصال کلوتوئید.

X و Y بسط های sin و cos است که فقط جمله ی اول را استفاده می کنیم.

http://www.cea.ir

$$A^2 = R\,Ls \qquad \theta s = \frac{A^2}{R} * \frac{180}{\pi} \qquad \Delta R = y_s - R(1-\cos\theta s) \qquad x_m$$
$$= L_s - R\sin\theta s$$

$$x_s = Ls\left(1 - \frac{Ls^2}{40R^2}\right) \qquad y_s = \frac{Ls^2}{6R}\left(1 - \frac{Ls^2}{56R^2}\right) \qquad \Delta_C = \Delta - 2\theta s$$

$$L_C = 2\pi R\frac{\Delta_C}{360} \qquad T = (R+\Delta R)\,tan\frac{\Delta}{2} + K \qquad K$$
$$= x_s - R\,sin\,\theta s$$

$$E_s = (R+\Delta R)\left(sec\frac{\Delta}{2} - 1\right)\Delta R \qquad \theta s = \frac{L}{2R}\,\frac{180}{\pi} \qquad Ls$$
$$= 2\pi R\frac{\Delta_C}{360}$$

(A پارامتر کلوتوئید)

مهندس عابدینی

مثال : دایره ای به شعاع ۶۰۰ متر بین دو تانژانت که زاویه ی خارجی آن ها ۴۰ درجه و در ایستگاه Pi به کیلومتراژ ۸۰۰ + ۲ واقع شده است قوس اتصال کلوتوئیدی با پارامتر ۳۰۰= A بکار برده و ایستگاههای ابتدا و انتهای اتصالات کلوتوئیدی را محاسبه نمائید.

$$A^2 = R\,Ls \rightarrow ۳۰۰^2 = ۶۰۰(Ls) \rightarrow Ls = ۱۴۹/۷۷$$

$$x_s = ۱۵۰\left(۱ - \frac{۱۵۰^2}{۴۰(۶۰۰)^2}\right) = ۶.۲۴ \qquad \theta s = \frac{۱۵۰}{۲(۶۰۰)}\,\frac{۱۸۰}{\pi}$$

$$= ۷.۱۶$$

$$\Delta R = \frac{۶}{۲۴} - ۶۰۰(۱ - \cos ۷.۱۶) = ۱.۵۶ \qquad x_m = ۱۴۹.۷۷ - ۶۰۰ \sin ۷.۱۶$$

$$= ۷۴.۹۹$$

$$(R + \Delta R)\tan\frac{\Delta}{۲} = (۶۰۰ + ۱.۵۶)\tan ۲۰ = ۲۱۸.۹۵$$

$$sta\,Ts = (۲ + ۸۰۰) - ۲۱۸.۹۵ - ۷۴.۹۹$$
$$= ۲ + ۵۰۶.۰۶$$

$$sta\,S_T = (۲ + ۵۰۶.۰۶) + Ls = ۲ + ۶۵۶.۰۶$$

$$\Delta_C = \Delta - ۲\theta s = ۴۰ - ۲(۷.۱۶) = \frac{۲۵}{۶۸}$$

$$Ls = ۲\pi(۶۰۰)\frac{۲۵.۶۸}{۳۶۰} = ۲۶۸.۹۲\,m$$

$$sta\,C_s = (۲ + ۶۵۶.۰۶) + ۲۶۸.۹۲ = ۲ + ۹۲۴.۹۸$$

$$sta\,S_T = (۲ + ۹۲۴.۹۸) + Ls = ۳ + ۷۴.۹۸$$

در ادامه ی مثال قبل زاویه ی انحراف و مختصات نقطه ی وسط کلوتوئی را محاسبه کنید.

$$A^2 = R\,Ls$$

مهندس عابدینی

$$۳۰۰^۲ = ۶۰۰ * ۱۵۰$$

$$۳۰۰^۲ = ۱۲۰۰ * ۷۵$$

$$\emptyset = \frac{۷۵^۲}{۴(۶۰۰)(۱۵۰)} = ۰.۰۱۰۴ = ۳۵\square ۴۹\square$$

$$x_s = Ls\left(۱ - \frac{Ls^۲}{۴۰R^۲}\right) = ۷۵\left(۱ - \frac{۷۵^۲}{۴۰(۱۲۰۰)^۲}\right) = ۷۴.۹۹$$

$$y_s = \frac{Ls^۲}{۶R}\left(۱ - \frac{Ls^۲}{۵۶R^۲}\right) = \frac{۷۵^۲}{۶(۱۲۰۰)}\left(۱ - \frac{Ls^۲}{۵۶(۱۲۰۰)^۲}\right) = ۰.۷۸$$

برای پیاده کردن هر نقطه نیاز به دو تا اطلاعات داریم:

۱. زاویه ی انحراف.

۲. طول متر کشی

http://www.cea.ir

مهندس عابدینی

فصل هشتم:تعریض فاصله دید سبقت و دید توقف

تعریض: در بعضی از قسمت های مسیر به خاطر ایمنی و راحتی عرض مسیر را افزایش می دهیم. یکی از این مواقع در داخل قوس ها یا پیچ ها است که شعاع کم و سرعت به صورت نسبی بالا است و در این مواقع وسایل نقلیه سنگین به مشکلی در داخل پیچ تردد می کنند برای جلوگیری از این مشکل تعریض را انجام می دهند.

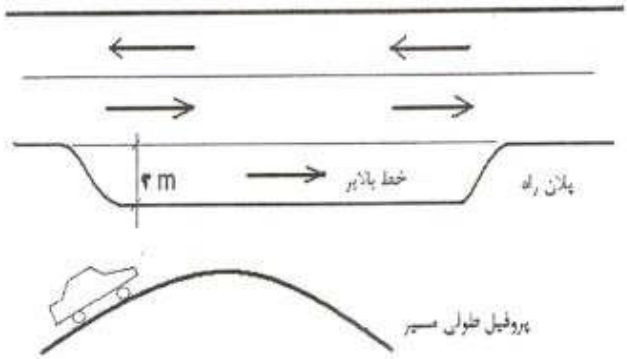
$$F = n\left(R - \sqrt{R^2 + B^2}\right) + \frac{0.105V}{\sqrt{R}}$$

که در این رابط F مقدار تعریض بر حسب متر (m) خواهد بود. n تعداد خطوط که معمولاً ۲ در نظر می گیریم . v سرعت بر حسب ($\frac{Km}{hr}$) R شعاع بر حسب متر (m) و B فاصله ی دو محور وسیله ی نقلیه سنگین که به صورت کمر شکن عمل نمی کنند.

مقدار F شامل دو قسمت است . قسمت اول مقدار تعریض است که لازم وسیله ی نقلیه ی سنگین فیزیکی داخل خط قرار بگیرد و قسمت اصطلاحاً فاکتور راحتی است که راننده لازم دارد با امنیت و راحتی بیشتری در داخل قوس حرکت کند تابعی از سرعت است.مقدار تعریض می تواند بین ۰ تا ۲ باشد توصیه می شود تعریض بین ۶۰cm تا ۱/۲۰ باشد در صورتی که تعریض بیشتر از ۲ باشد بجای تعریض بهتر است که یک خط اضافه کنیم و یا می توانیم مقدار F ر به اندازه ی $F = \frac{50}{R}$ در نظر بگیریم که مقدار R حداکثر ۲۵۰m است.

یکی دیگر از مواردی که تعریض را انجام می دهیم از مناطق کوهستانی است جایی که عوارض طبیعی زمین زیاد است و شیب های طولانی و زیاد داریم. در سربالایی هایی طولانی وسیله ی نقلیه ی سنگین کاهش سرعت پیدا می کند باعث ایجاد ترافیک می شود برای جلوگیری از این مشکل خطی را در سمت راست جهت حرکت ایجاد می کنیم که وسایل نقلیه سنگین از این خط استفاده کنن. به چنینی خطی خط بالابر گفته می شود.

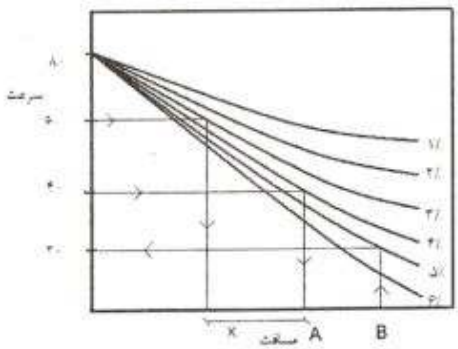
مهندس عابدینی



حداقل عرض خط بالابر ۳متر است.

وسیله نقلیه سنگین در شیب سر بالایی قرار می گیرد به تدریج سرعت کم می شود تا جایی که به ۶۰ ٪ سرعت طراحی می رسد یا برای یکسان سازی بین مسیرهای مختلف وقتی سرعت آن به $۴۰\frac{km}{nr}$ رسید بایستی خط بالابر با عرض کامل طرحی شده باشد.

برای آنکه تشخیص دهیم چه مقدار کاهش سرعت داریم از نمودار های کاهش سرعت استفاده می کنیم.

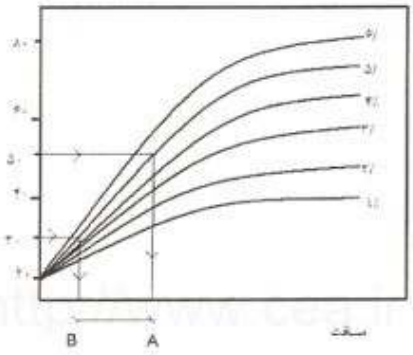


در این نمودار منحنی های مربوط به شیب های سر بالایی است.

مسافت X : یعنی مسافتی که اتومبیل در سربالایی حرکت میکند تا سرعت به $۴۰\frac{km}{nr}$ تنزل پیدا کند. تا از ایستگاه A به مقدار فاصله موجود تا ایستگاه B میرویم و در نمودار به شیب ۵٪ وصل می کنیم و از آن طریق سرعت را بدست می آوریم.

برای پیدا کردن فاصله بین Bتا Cاز منحنی های افزایش سرعت استفاده می کنیم.

مهندس عابدینی

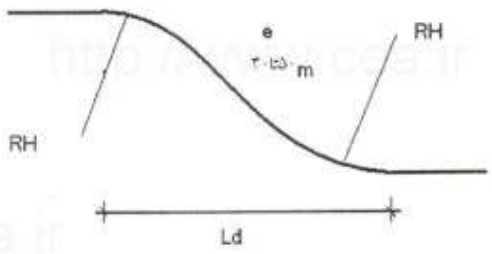


دراین نمودار منحنی ها مربوط به شیب های سرازیری هستند.

وقتی سرعت وسیله نقلیه به $\frac{km}{nr}$ ۵۰ رسید می تواند به حالت اولیه بازگردد پس طی مسیر L_1 وL_2 تابعی از سرعت طراحی می باشد.

سرعت	L_1	L_2	RH	L.I
۶۰	۱۰۰	۶۰	۶۰۰	۱۰۰
۸۰	۱۸۰	۹۰	۱۰۰۰	۱۲۵
۱۰۰	۲۴۰	۱۱۰	۲۰۰۰	۱۷۰
۱۲۰	۳۰۰	۱۳۰	۳۰۰۰	۲۱۰

اجرای جزئیات l_1 و l_2 برای تمام پروژه های الازمی و اجباری می باشد. برای ورود به خط بالابر نیز می توانیم جزئیات متفاوتی داشته باشیم قوس های معکوس با شعاع RH یکی از این جزئیات است.



مهندس عابدینی

پس یک خط بالابر شامل Ld به اضافه ی فاصله ی A تا B + فاصله ی Bتا C و + L_1 و L_2 به مجموعه این فواصل طول خط بالابر گفته می شود یکی دیگر از موارد تعریض ، تعریض جهت حد دید کافی است در داخل پیچ هایی که شعاع نسبتاً کم و سرعت نسبتاً زیاد است. در داخل پیچ ممکن است موانع وجود داشته باشد که جلوی دید راننده گرفته شود. دیدی که راننده لازم دارد می تواند برای دو عالم باشد ۱- مسافت دید جهت توقف ۲- مسافت دید جهت سبقت بنا به تعریف مساف دید توقف مسافتی است که راننده بتواند به محض رویت مانع با ایمنی راحتی قبل از برخورد با مانع متوقف شود که این مقدار ، مقدار Sخواهد بود.

$$s = ۰.۲۷۸\,Vt + ۰.۰۰۴\,\frac{V^۲ + U^۲}{f \pm G}$$

S : مسافت دید توقف بر حسب متر V: سرعت بر حسب $\frac{Km}{h}$

U: سرعت ثانویه (صفر در نظر می گیریم)

F: ضریب اصطکاک لاستیک اتومبیل با سطح جاده G و شیب در مسیر راه (سر بالایی مثبت و سرازیری منفی خواهد بود)

t : زمان عکس العمل راننده که بین ۱ تا ۲/۵ ثانیه در نظر گرفته می شود.

که در داخل ۱ تا ۲/۵ ثانیه چندین اتفاق می افتد در ابتدا مانع رؤیت می شود در وحله ی بعد تشخیص داده می شود که آیا چیزی که رؤیت شده مانع است یا نه ، در مرحله ی بعد تصمیم گیری می شود. و در آخرین مرحله اقدام به ترمز گیری است. که به پارامتری بستگی دارد. ابتدا سلامتی اتومبیل است. سپس سلامت راننده که داخل سلامت راننده بالا تعریف پارامتر هوشیاری راننده است و پارامتر دیگر شرایط جدی است.

که برای تمام پروژه ها این حد دید (s) اجباری و الزامی است.

مسافت دید سبقت $s = ۴V$ یا $۶V$

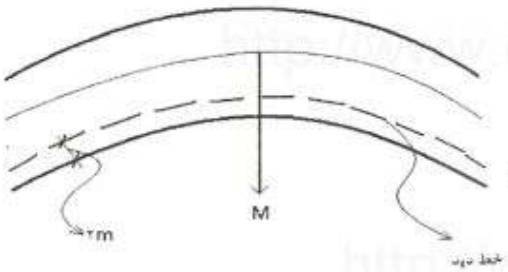
S: حداقل مسافت دید V : سرعت طراحی

مسافت دید سبقت الزامی نیست بلکه فقط توصیه شده است.

مهندس عابدینی

بیشترین تعریض در وسط قوس انجام می شود M حداکثر مقدار تعریض است. که از خط دید راننده محاسبه می شود.

برای محاسبه M دو حالت وجود دارد. ۱- $S \leq L$ ۲- $S \geq L$



۱- $S \leq L$ ← دقیق $M = R(1 - \cos(\frac{S}{2R}D))$ تقریبی $M = \frac{S^2}{8R}$

D: درجه قوس

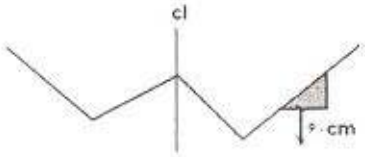
۲- $S \geq L$ ← $R = \frac{5729.96}{D}$ $M = \frac{L(2S-L)}{8R}$

اجرای تعریض : بر روی خط دید مقدار Sرا جدا می کنیم حد فاصل دو ایستگاه ۱ تا ۱ مسافت دید خواهد شد این دو نقطه را به هم وصل می کنیم و ۲۰ متر جلوتر همین عمل را تکرار می کنیم. فاصله ی ۲ تا ۲ و به همین ترتیب ادامه می دهیم.

در این نوع تعریض هدف ایجاد دید کافی برای راننده در طرف مقابل قوس است. فرضاً اگر می خواهیم در کنار کوه خاکبرداری انجام شود الزامی نیست که این خاکبرداری تا کف جاده برداشته شود.

این تعریض می تواند از ارتفاع ۶۰cm کف برداشته شود چون ارتفاع چشم راننده بالاتر از ۶۰cm قرار می گیرد.

مهندس عابدینی



یکی دیگر از مواردی که از مسافت دید استفاده می کنیم جهت طراحی قوس های قائم است. حداقل طول قوس قائم بایستی به اندازهای باشد که راننده دید کافی در رف مقابل قوس را داشته باشد تا بتاند به موقع با ایمنی و راحتی قبل از برخورد با مانع توقف کند.

۱/۲ معرف دید راننده و در طرف دیر ۱۵cm ارتفاع مانع است. که آئین نامه هر شی که ۱۵cm یا بیشتر باشد مانع نامیده می شود.

حد فاصل این دو مقدار s یا مسافت دید است. طول قوس قائم بایستی به گونه ای باشد که حداقل مسافت دید توقف دیده شود. و یا اگر در چنین مسیری می خواهیم سبقت بگیریم بایستی مسافت دید سبقت نیز تأمین شده باد در نتیجه برای پیدا کردن حداقل طول قوس قائم دو حالت پیش می آید.

۱) $s < l$ رابطه (۱) توقف $L = \frac{AS^2}{۴۲۵}$ رابطه (۲) سبقت $L = \frac{AS^2}{۹۱۵}$

L: حداقل طول قوس قائم جهت تأمین مسافت دید توقف است.

A: اختلاف شیب طرفین قوس g_2-g_1

در رابطه دوم s خیلی بزرگ تر از رابطه اول است.

حداقل طول قوس قوس قائم در رابطه ی دوم بزرگتر از ربطه ی اول است.

۲) $s > l$ سبقت $L = 2S - \frac{۹۱۵}{A}$ توقف $L = 2S - \frac{۴۲۵}{A}$

مهندس عابدینی

در هنگام شب نورهای چراغ های وسایل نقلیه تا ۱ درجه بالاتر از افق را روشن می کند پس اگر مانع فراتر از حوزه ای باش که چراغ ها روشن شود راننده دچار مشکل می شود. پس برای قوس های مقعر کنترل طول قوس اجباری می شود. : دو حالت وجود دارد:

۱- $S < L$ $\quad L = \frac{AS^2}{۱۲۰+۳.۵S}$

۲- $S > L$ $\quad L = ۲S - \frac{۱۲۰+۳.۵S}{A}$

S در قوس مقعر S توقف است.

در قوس های محدب نیروی گریز از مرکز به طرف بالا و نیروی جاذبه به طرف پایین عمل می کند و تقریباً همدیگر را دفع می کنند ولی در قوس های مقعر هر دو نیروی جاذبه و نیروی گریز از مرکز در یک جهت عمل می کند و در قوس هایی که طولش کم باشد و سرعت بالا باشد در چنین قوس های مقعری احساس ناخوشایندی برای راننده ایجاد می شود. برای جلوگیری از این مسئله طول قوس را افزایش می دهیم. حداقل طول قوسی که جلوی این مشکل را بگیرد مقدار L یا حداقل ضابطه ی راحتی است: $L = ۰.۰۰۲۵۷ V^2 A$

پس در قوس های مقعر حداقل طول قوس بیشترین مقداری است بین ضابطه ی راحتی و طولی که مسافت دید را ایجاد کند.

مثال : با توجه به مسافت دید توقف ۱۲۰m و مسافت دید سبقت ۴۰۰m حداق طول قوس را برای هر دو حالت تعیین نمائید. شیب اولیه ۶% + و شیب ثانویه ۲%- می باشد؟ قوس محدب است.

در ابتدا فرض می کنیم $s < l$ فرض درست است $\rightarrow L = \frac{۸(۱۲۰^2)}{۴۲۵} = ۲۷۱\ m > ۱۲۰$ توقف

فرض درست نیست $\rightarrow L = ۲S - \frac{۹۱۵}{A} = ۲(۴۰۰) - \frac{۹۱۵}{۸} = ۴۸۶\ m < ۴۰۰$ سبقت $\rightarrow S > L$ فرض میکنیم

پس $s \leq L \rightarrow L = \frac{AS^2}{۹۱۵} = \frac{۸(۴۰۰^2)}{۹۱۵} = ۱۳۹۹\ m > ۴۰۰$ ✓