

به نام مهندس هستی



دانشگاه هرمزگان

دستور العمل پروژه راهسازی در Civil 3D 2024

بر اساس نشریه ۴۱۵

استاد مربوطه: دکتر حامد روح الامینی

نویسنده: سروش عامری پور

کانال تلگرام : @civilengineering98hu

فروردین ۱۴۰۴

فهرست

۳.....	مقدمه.....
۴.....	سطح توپوگرافی (Surface).....
۹.....	مسیر راه (Alignment).....
۲۶.....	پروفیل طولی (Profile).....
۴۲.....	طراحی مقطع عرضی (Assembly).....
۵۰.....	سطح توپوگرافی مسیر راه (Corridor).....
۵۴.....	خطوط نمونه (Sample Line).....
۵۷.....	مقاطع عرضی (Section Views).....
۵۳.....	جدول احجام (Volume Table).....
۶۵.....	منحنی بروکنر (Mass Haul).....
۸۱.....	مشکلات معمول.....
۸۶.....	منابع.....

مقدمه

هدف از این دستور العمل، راهنمایی برای انجام پروژه راهسازی به ساده ترین و سریع ترین صورت ممکن در نرم افزار Civil 3D 2024 است. در این دستورالعمل ممکن از بیش از یک راه برای انجام یک عمل در نرم افزار Civil 3D وجود داشته باشد، که به برخی از آنها اشاره خواهد شد. بسته به دانش و درک خود شما می توانید، راه های دیگری را بیابید و برای آینده خود استفاده کنید.

هر بخش از دستور العمل می تواند شامل سه بخش روش ها و نکات و نشریه می باشد. روش ها برای نشان دادن این است که یک عمل در Civil 3D و یا کلا در پروژه می تواند به یکی از این روش ها انجام شود. نکات برای این است که در حین انجام پروژه برای انجام پروژه باید به آن دقت شود، تا در کیفیت انجام پروژه افزایش یابد و نشریه قسمت مهم نشریه ۴۱۵ را بررسی می کند.

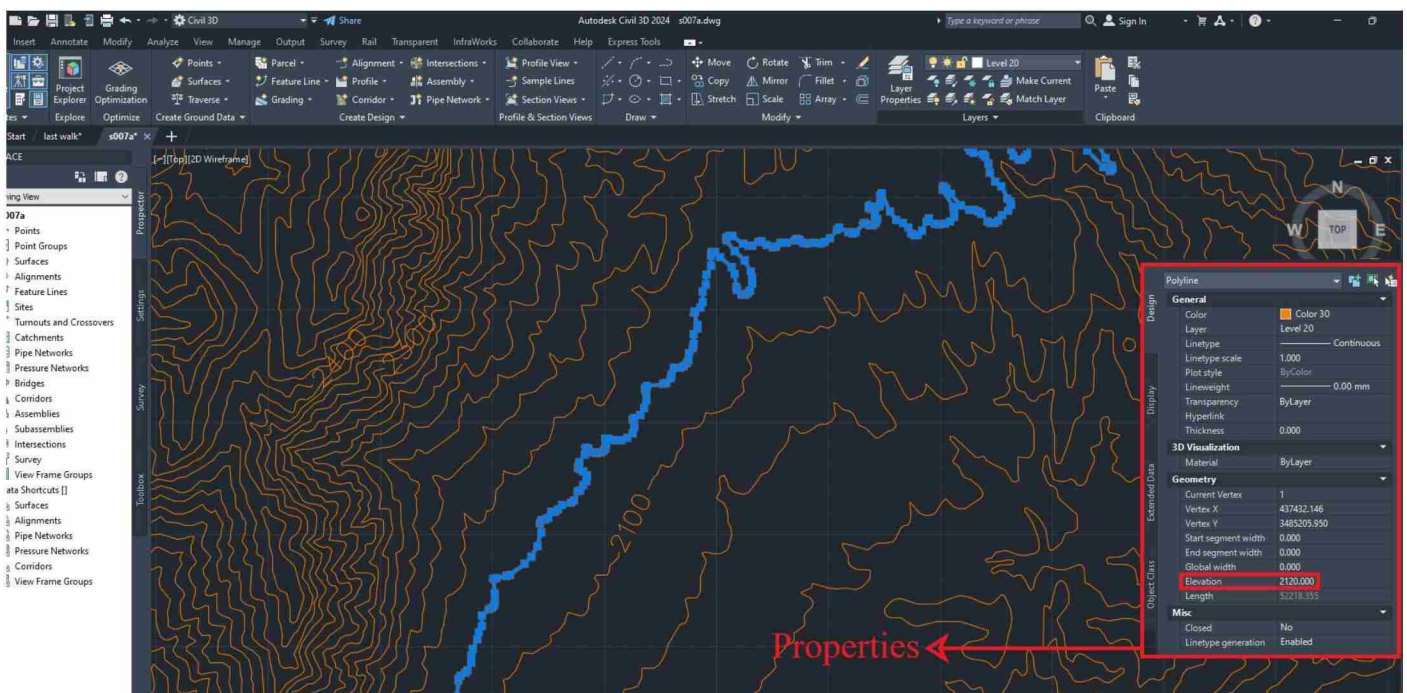
برای شروع انجام پروژه راهسازی خود، برنامه [Civil 3D 2024](#) را از سایتی همچون [soft98.ir](#) دانلود، نصب و کرک نمایید. توجه داشته باشید که درایورهای سیستم مورد استفاده خود را بروز رسانی کنید، تا در هنگام استفاده از نرم افزار Civil 3D 2024 هیچ مشکلی نداشته باشید. برای بروز رسانی درایورها می توانید از برنامه ای همچون [Driver Easy](#) و یا از نرم افزار های مشابه استفاده کنید.

توصیه می شود، که برای یادگیری بهینه، این دستور العمل به همراه نشریه ۴۱۵ به صورت کلی مطالعه شود و از مطالعه آن به صورت جزئی مگر در موقع نیاز پرهیز شود. برای تهیه این دستور العمل رایگان زمان زیادی صرف شده است و فقط از خواننده عزیز خواهش می شود که ذکر منبع، یعنی کانال تلگرام @civilengineering98hu را فراموش نکند.

سطح توپوگرافی (Surface)

روش ۱ (خط یا Contour): زمانی که فایل خام شامل خطوط توپوگرافی (Contours) باشد. برای ساخت Surface باید چک کنیم که آیا این خطوط دارای ارتفاع هستند؟ در صورتی که دارای ارتفاع باشند به ۲ بند پایین تر مراجعه کنید و در صورتی ارتفاع ندارد از بند زیر بخوانید.

برای چک کردن ارتفاع ساده ترین راه این است که (ctrl + 1) زده تا Properties باز شود و به صورت تصادفی یکی از خطوط توپوگرافی را انتخاب می کنیم و Elevation را چک می کنیم. راه دیگر برای انجام این کار انتخاب یکی از خطوط توپوگرافی و کلیک راست کردن و در آخر گزینه Properties را انتخاب می کنیم و Elevation را چک می کنیم.



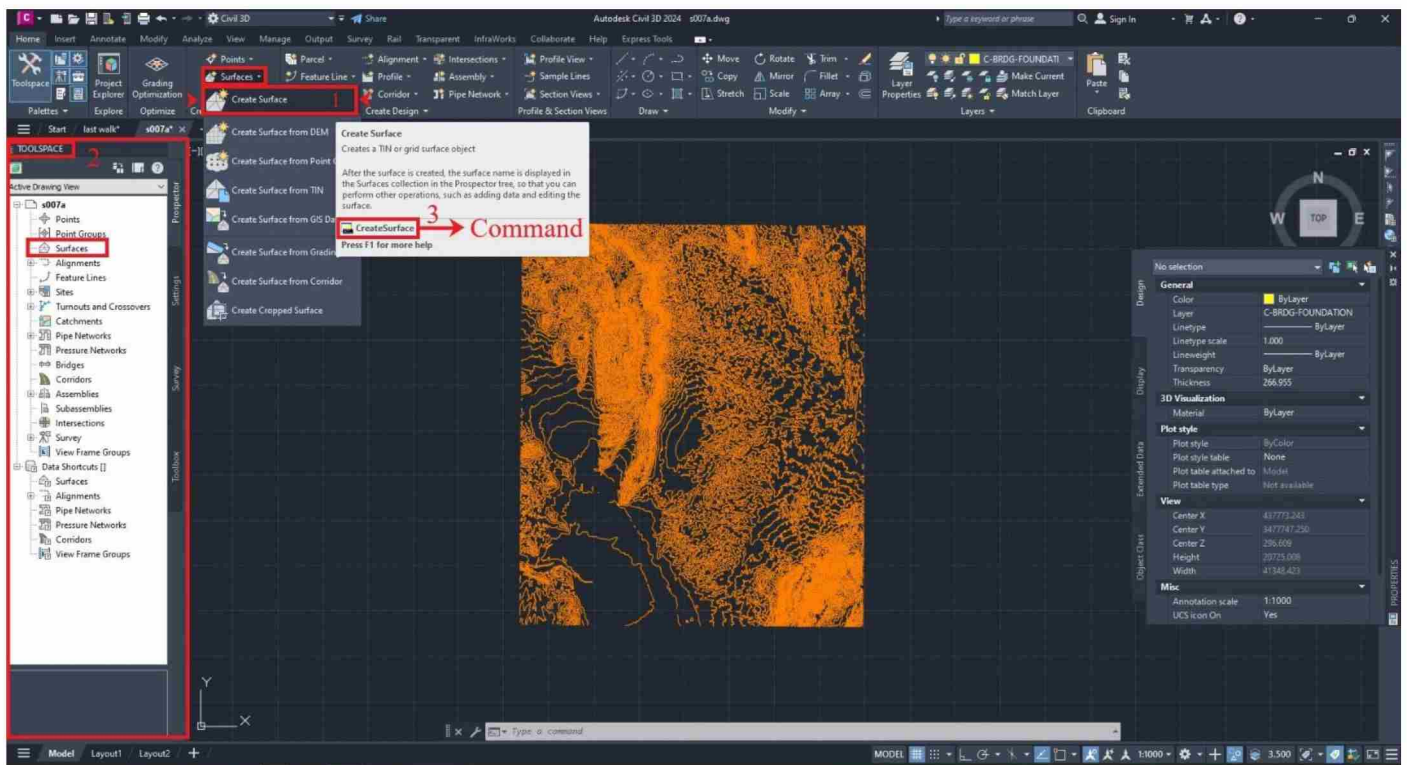
شکل (۱). چک کردن Elevation

دقت داشته باشید که ارتفاعی که برای خط مورد نظر ثبت شده با ارتفاع متناسب توپوگرافی مطابقت داشته باشد. (یعنی اینکه هر خط با خطوط کناری اش به اندازه ۱ واحد مثلا در تصویر بالا ۲۰ متر تفاوت دارد). در صورتی که خطوط فایل ارتفاع نداشته باشد یعنی ارتفاع آن صفر باشد باید برای هر خط در پنجره Properties ارتفاع متناسب را در قسمت Elevation با کلیک کردن روی عدد 0 وارد کنید.

اگر فایل خام ارتفاع داشت و یا پس از اینکه ارتفاع خطوط را وارد کردید. می توانید شروع به ساخت Surface کنید. برای شروع یکی از خطوط توپوگرافی را انتخاب کرده و کلیک راست می کنیم و گزینه یکی مانده به

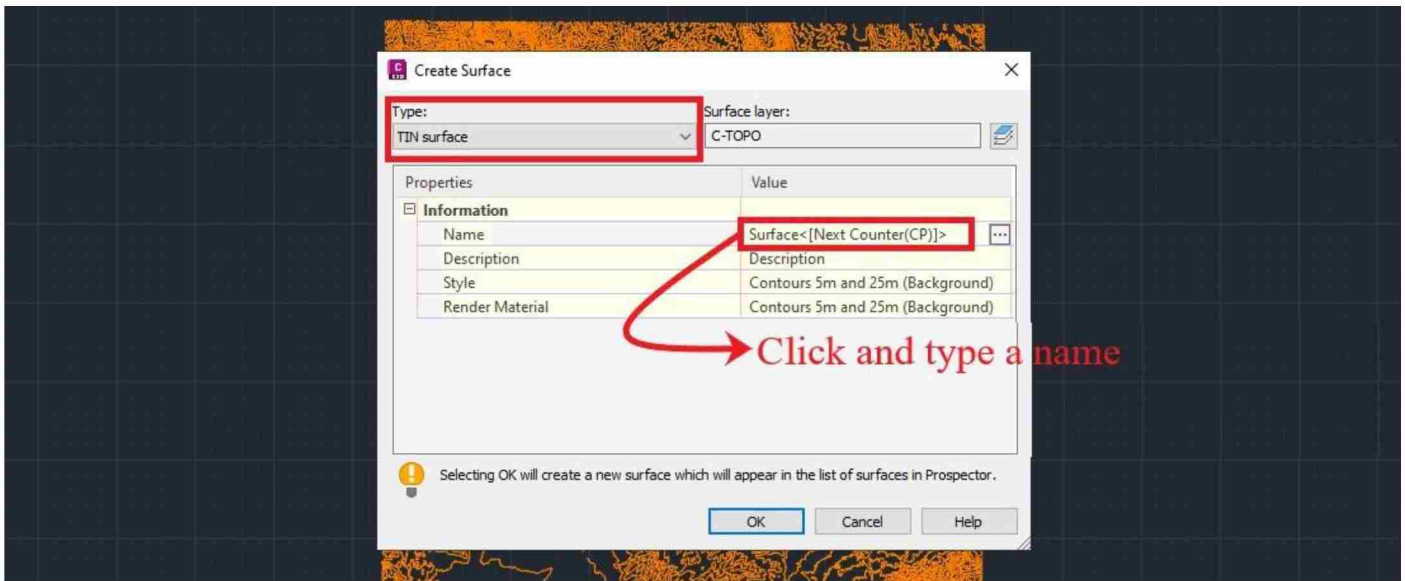
آخر Select Similar را انتخاب می کنیم. پس از انتخاب همه خطوط توپوگرافی دوباره کلیک راست کرده و از قسمت Isolate Objects اولین گزینه Isolate Selected Objects را انتخاب می کنیم. دلیل از این کار این است، می خواهیم فقط با خطوط توپوگرافی (Contours) کار کنیم و خطوط و نوشته ها و ... کار ما را سخت می کند.

بعد از ایزوله کردن خطوط توپوگرافی (Contours) سه راه برای Create Surface وجود دارد.



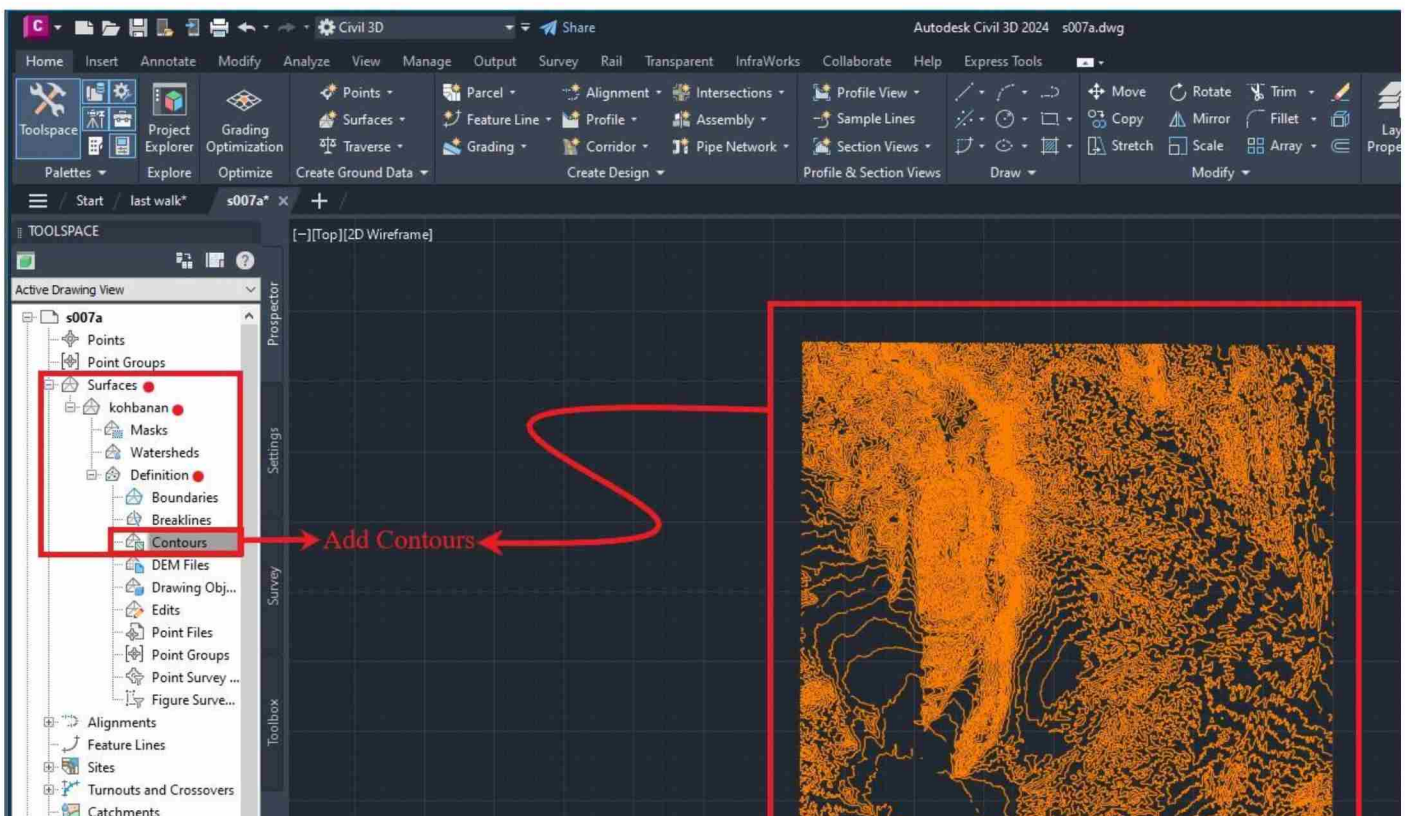
شکل (۲). سه راه برای Create Surface

- ۱- در سربرگ Home روی Surfaces کلیک کرده و گزینه Create Surface را بزنید.
- ۲- در سربرگ Tool Space روی Surfaces کلیک راست کرده و اولین گزینه Create Surface را بزنید.
- ۳- کافی است Create Surface را تایپ کنید.



شکل (۳). پنجره Create Surface

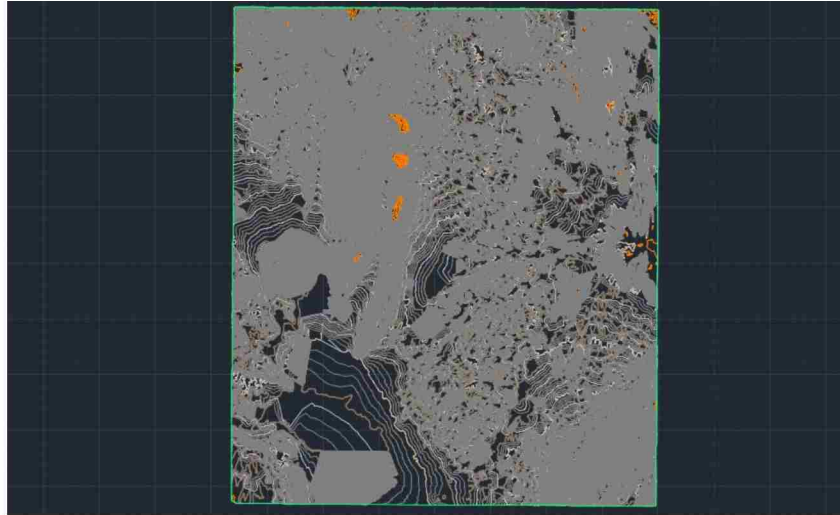
حال پنجره Create Surface باز می شود و می توانید در قسمت Name نام آن را تایپ کنید و روی OK کلیک می کنیم.



شکل (۴). Add Contours

حال باید خطوط توپوگرافی (Contours) را به Surface اضافه کنیم. برای این کار در قسمت Tool Space به ترتیب روی علامت + کنار Surfaces و Kohbanan (نام Surface) و Definition کلیک کرده

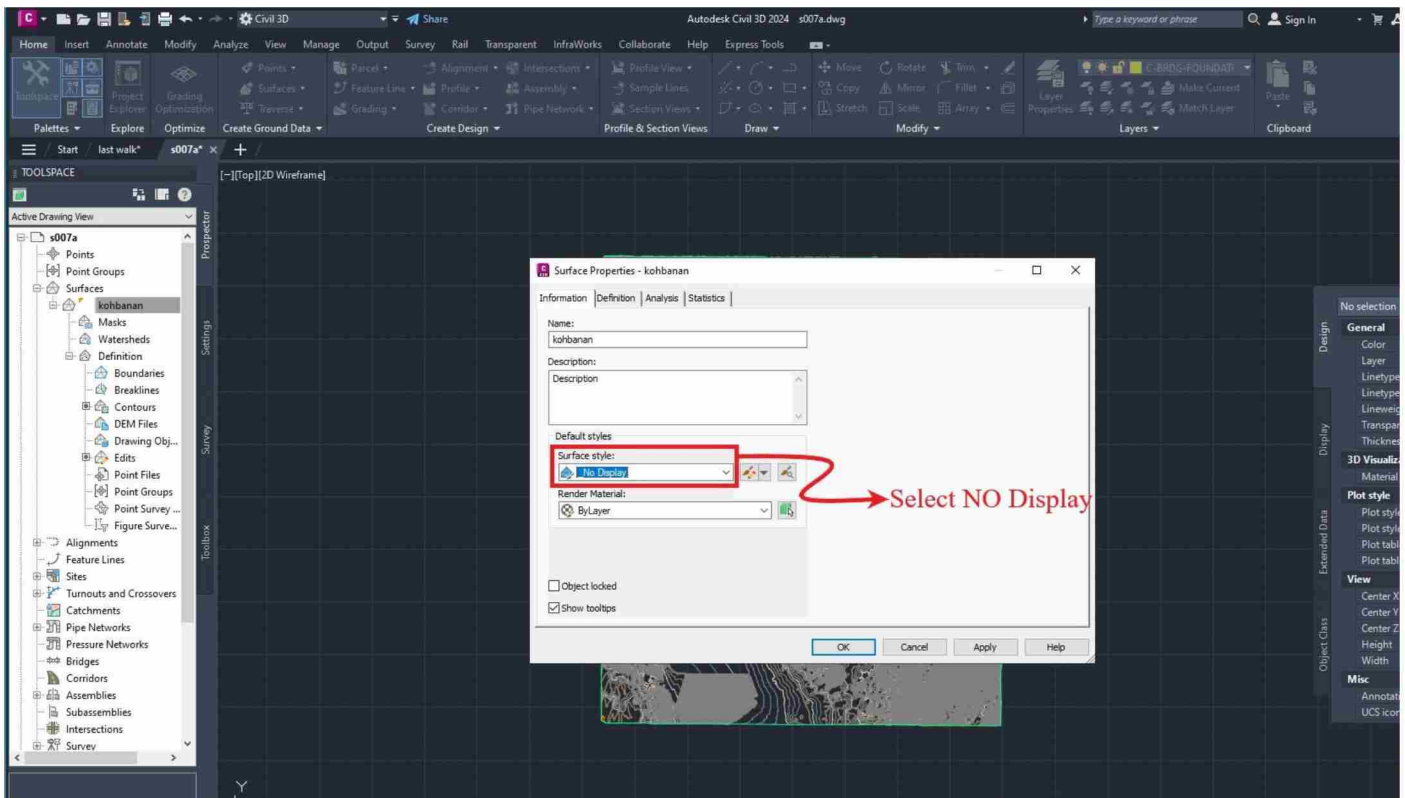
و روی قسمت Contours کلیک راست کرده و گزینه Add... کلیک می کنیم. پنجره ای باز می شود، بدون تغییر چیزی روی OK کلیک می کنیم و سپس همه خطوط توپوگرافی (Contours) را انتخاب و کلید Enter را می فشاریم.



شکل (۵). نقشه توپوگرافی با Surface Style خاص

همان طور که می بینید، به دلیل Surface Style خاص مثل شکل بالا ممکن است که استفاده از نقشه توپوگرافی را ناممکن سازد پس باید در قسمت Tool Space روی علامت + کنار Surfaces و بر روی Kohbanan (نام Surface) کلیک راست کرد و اولین گزینه Surface Properties کلیک می کنیم. سپس در پنجره باز شده در قسمت Surface Style حالت NO Display را انتخاب می کنیم.

حال که Surface را ساختیم می توانیم از حالت ایزوله خارج شویم و برای این کار روی صفحه کلیک راست کرده و از قسمت Isolate Objects اولین گزینه End Objects Isolation را انتخاب می کنیم.



شکل (۶). تنظیمات Surface Style

روش ۲ (نقطه یا Point): برای این روش به دلیل این که پیچیدگی خاص خودش را دارد، ویدیو یوتیوب آن را به نام [Create Contour from Google Earth to Civil 3D](#) را تماشا کنید. همچنین در این ویدیو از صفر تا صد نقطه برداری در Google Earth نشان داده شده است.

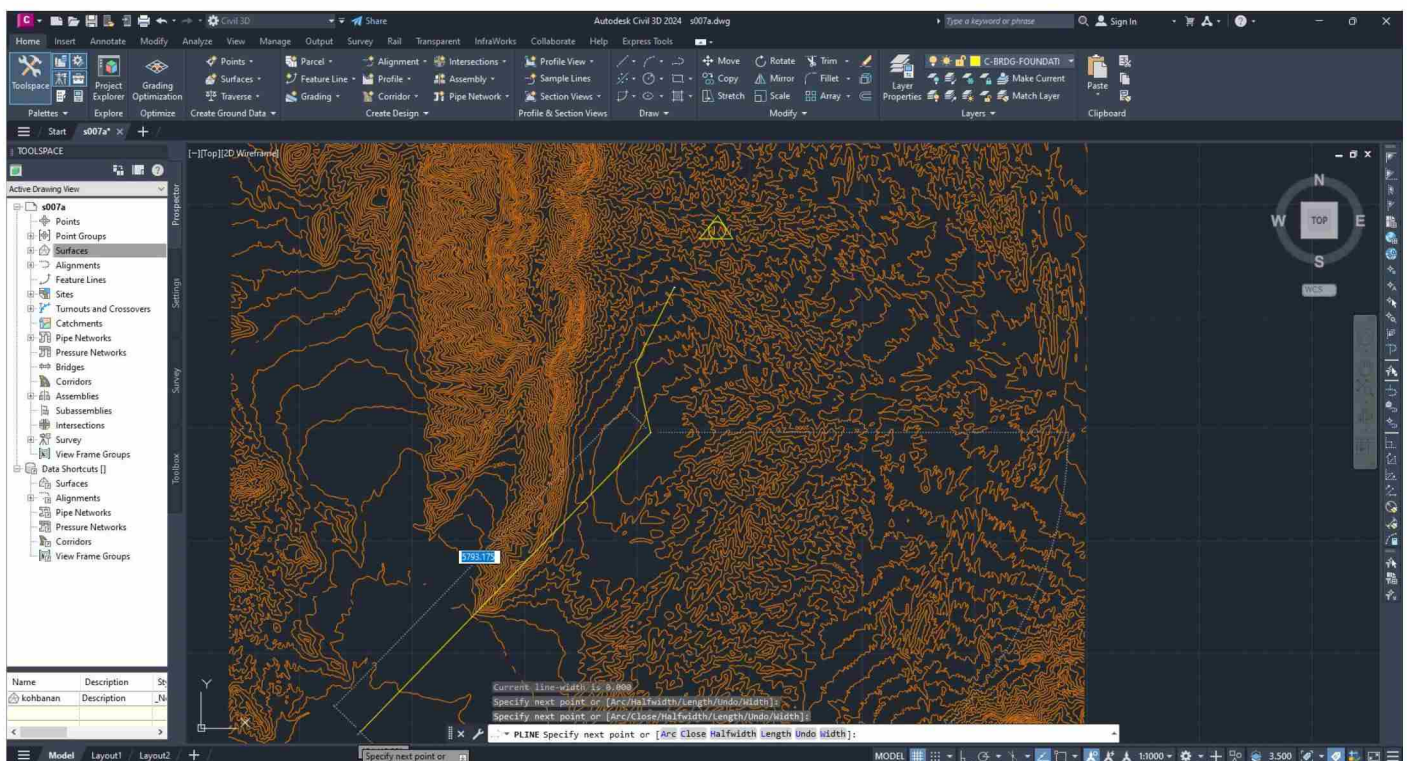
نکته ۱: برای کم حجم کردن فایل قبل Surface زدن کافی است قسمت هایی که فکر می کنید استفاده نمی کنید را با دستوری مانند EXTREAM جدا و حذف کنید.

مسیر راه (Alignment)

دو راه ساده برای رسم مسیر (Alignment) وجود دارد، که می توان برای رسم مسیر از آن استفاده کرد. اما به دلیل ساده تر بودن و کاربردی تر بودن و همچنین قابلیت استفاده آسان تر در کنار مسیر های رسم شده روش اول رسم مسیر با پی-لاین (P-Line Based Alignment) توصیه می شود. روش دوم در حالی که سادگی روش اول را ندارد، اما هنگام رسم مسیر های خاص و پیچیده تر کار را راحت تر می کند.

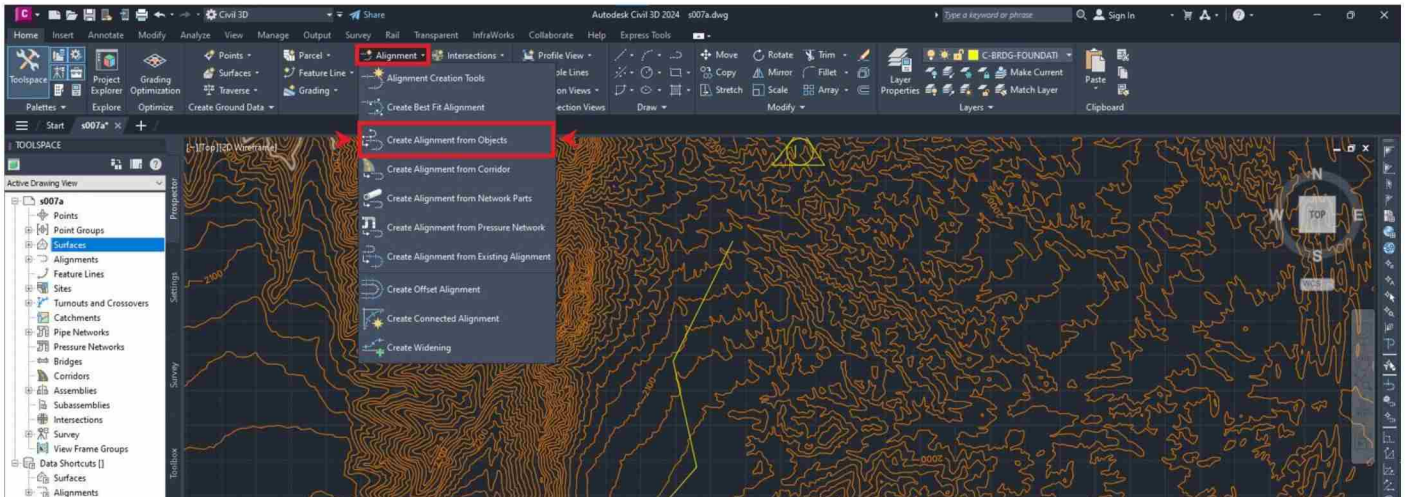
روش ۱ رسم مسیر با پی-لاین (P-Line Based Alignment): رسم مسیر با پی-لاین یا در واقع رسم مسیر با Object روش ساده ای است، که می خواهیم مورد بررسی قرار بدهیم. برای شروع همان طور که از اسمش پیداست دستور PL را تایپ و کلید Enter را می زنیم و با کلیک کردن مسیر را رسم می کنیم. همان که می دانید پی-لاین در واقع یک پاره خط است. مسیر دلخواه را با استفاده از این پاره خط رسم می کنیم. نکته ۲: فقط دقت داشته باشید که محل شکستگی های این پاره خط جزئی از مسیر نخواهد بود، چرا که این شکستگی ها قرار است به قوس افقی تبدیل شود.

نکته ۳: در هنگام رسم پی-لاین برای اینکه یک قدم برگردیم به عقب از U و کلید Enter به ترتیب استفاده می کنیم پس در نظر داشته باشید که از $ctrl + Z$ استفاده نکنید.



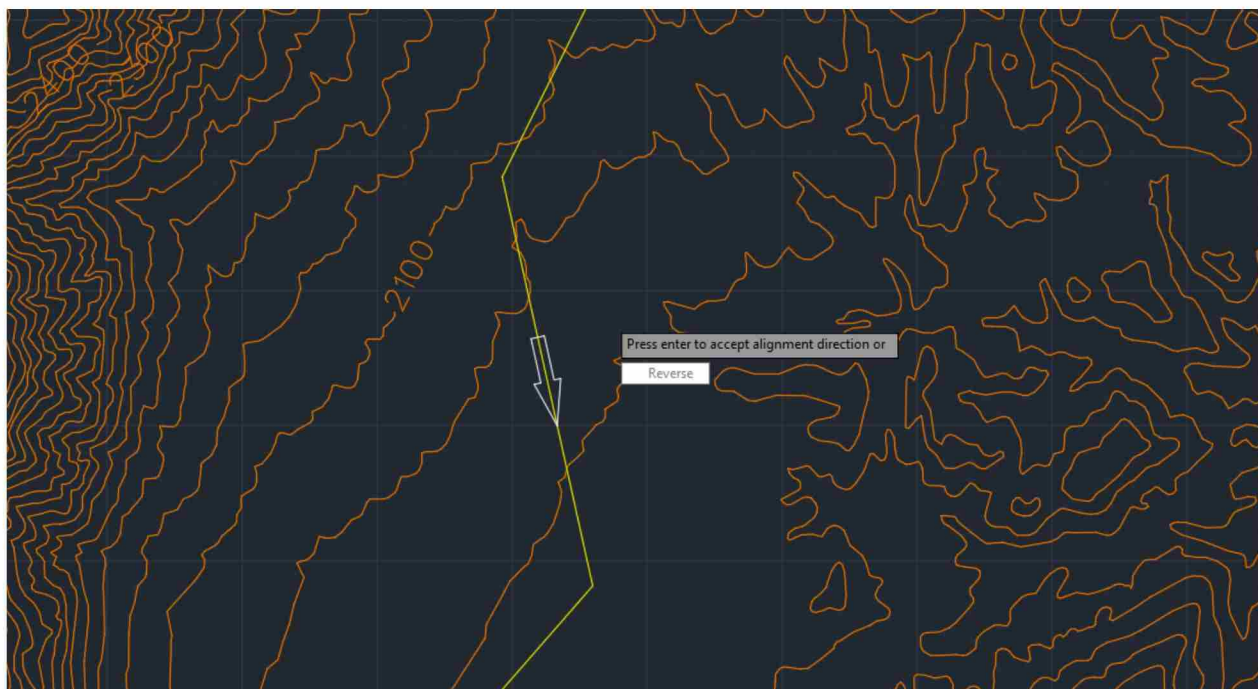
شکل (۷). رسم پی-لاین فرضی

پس از رسم پی-لاین برنامه Civil 3D این پاره خط را به عنوان یک Object می شناسند. پس برای رسم مسیر از روی این پاره خط کافی است که در سربرگ Home روی Alignment کلیک کنید و سپس روی گزینه سوم Create Alignment from Objects کلیک کنید و پس از آن روی پاره خط مسیر کلیک کنید و کلید Enter را بفشارید.



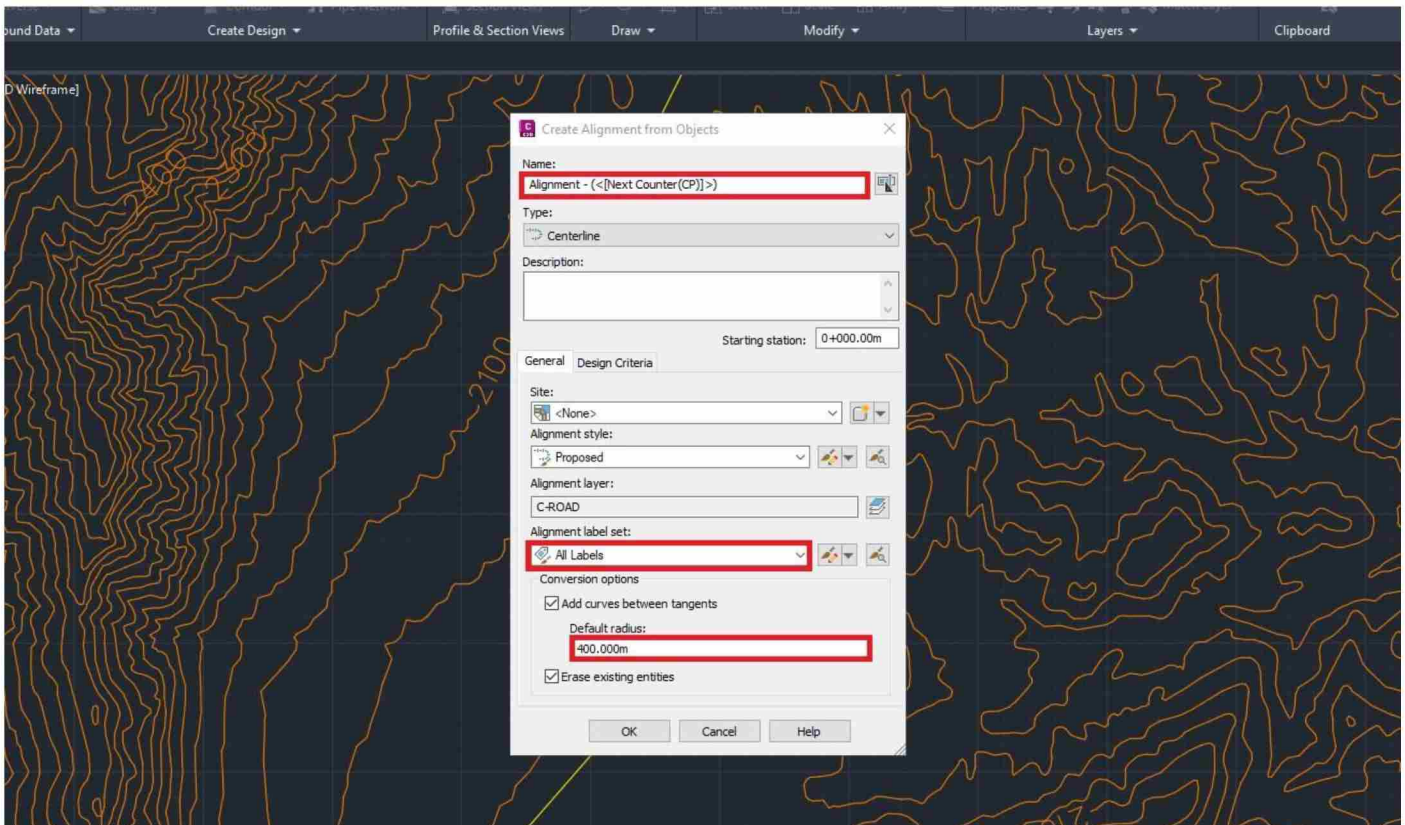
شکل (۸). گزینه سوم Create Alignment from Objects

حال باید جهت مسیر را مشخص کنید. برنامه Civil 3D یک جهت را با پیکان برای شما مشخص می کند، در صورتی که از همین جهت برای مسیر رضایت دارید، کلید Enter را بفشارید و در صورتی که می خواهید جهت مسیر را برعکس کنید، به ترتیب R و کلید Enter را بفشارید و یا روی گزینه Reverse کلیک کنید.



شکل (۹). تعیین جهت مسیر

پس از تعیین جهت پنجره ای باز می شود. در خانه اول می توانید نامی برای مسیر انتخاب کنید در غیر این صورت نام مسیر به صورت اتوماتیک 1 Alignment وارد می شود. در سر برگ General دقت کنید که قسمت Alignment label set روی All Label تنظیم شده باشد و در قسمت آخر Default radius می توانیم شعاع قوس افقی را انتخاب کنیم.



شکل (۱۰). پنجره Create Alignment from Objects سر برگ General

نشریه ۱:

نوع راه طرح

نوع راه طرح راه اصلی درجه یک است. راه اصلی با یکی از عملکردهای ذیل:

الف- جزئی از شبکه راههای ملی است.

ب- ایجاد کننده دهلیز سفرهای عبوری از کشور و داخل کشور است.

ج- ارتباط بین مراکز استانها و یا مراکز استانها با شهرهای بزرگ داخل استان را برقرار میکند.

با دو یا چند خط عبور که میتواند مسیرهای رفت و برگشت آن از هم جدا شده باشد.

جدول (۱). طبقه بندی عملکردی راه

طبقه	نام	عملکرد	مشخصات
شریانی	آزادراه	الف- جزئی از شبکه راههای ملی ب- دهلیز سفرهای داخلی و عبوری از کشور پ- برقرار کننده ارتباط بین مراکز استانها و یا شهرهای بزرگ داخل کشور	آزادراه، راهی با حداقل چهار خط عبور که خطوط رفت و برگشت آن از هم جدا و دو طرف آن محصور، بدون تقاطع بوده و در آن دسترسی با کنترل کامل است. عبور عابر پیاده، دوچرخه، موتورسیکلت و وسایل نقلیه غیر موتوری و در مواردی وسایل نقلیه تجاری از آن ممنوع است.
	بزرگراه		بزرگراه دارای مشخصات آزاد راه است لیکن امکان ایجاد تقاطعها و دسترسیها در آن، به طور محدود وجود دارد ^۲
اصلی	درجه یک	الف- جزئی از شبکه راههای ملی ب- دهلیز سفرهای داخلی و عبوری از کشور پ- برقرار کننده ارتباط بین مراکز استانها و یا مراکز استانها با شهرهای بزرگ داخل استان	راه اصلی درجه یک، می تواند دو خطه، چند خطه جدا شده یا نشده باشد. تفاوت مهم راه اصلی درجه یک با آزاد راه و بزرگراه در نحوه تأمین دسترسیها است.
	درجه دو	الف- برقرار کننده ارتباط بین شهرهای داخل استان ب- جزئی از شبکه راههای استانی و بین شهری پ- دهلیز سفرهای مهم داخل استانی	راه اصلی درجه دو، معمولاً دو خطه است ولی در برخی موارد می تواند تعداد خطوط آن افزایش یابد.
فرعی	درجه یک	الف- تأمین کننده دسترسی به شبکه راه استانی ب- برقرار کننده ارتباط بین مولدهای ترافیکی مهم در یک استان مانند پالایشگاهها، نیروگاهها، مراکز و شهرکهای صنعتی، مراکز کشاورزی و مراکز آموزشی به شهرها پ- برقرار کننده ارتباط بین یک بخش یا دهستان یا چندین روستا به راه با طبقه بندی بالاتر یا به شهر ت- جمع کننده ترافیک راههای با طبقه بندی پایین و انتقال دهنده به راههای با طبقه بندی بالاتر	راه فرعی درجه یک، دو خطه است.
	درجه دو	الف- برقرار کننده ارتباط بین روستاها با یکدیگر ب- برقرار کننده ارتباط بین روستاها با راههای با طبقه بالاتر پ- برقرار کننده ارتباط بین مولدهای ترافیکی محلی کوچک مانند مراکز صنعتی، مراکز تفریحی برون شهری در حاشیه شهرهای کوچک، پارکهای جنگلی و ...	راه فرعی درجه دو، دو خطه است.
	درجه سه	الف- برقرار کننده ارتباط بین روستاهای کوچک با یکدیگر یا با راههای با طبقه بندی بالاتر ب- تأمین دسترسی به زمینهای مجاور شبکه راههای با درجه بالاتر پ- فراهم کردن ارتباط بین مناطق روستایی با زمینهای مجاور	راه فرعی درجه سه، دو خطه یا یک خطه است.

انتخاب سرعت طرح

عوامل مؤثر در انتخاب سرعت طرح عبارتند از:

۱- وضعیت پستی و بلندی منطقه طرح،

۲- عملکرد مسیر،

۳- کاربری زمینهای مجاور،

۴- نکات اقتصادی،

۵- انتظار و تمایلات رانندگان،

۶- نوع و حجم ترافیک،

۷- منظرآرایی مسیر،

۸- کاربران مسیر،

بسته به این عوامل، سرعت طرح میتواند از ۳۰ تا ۱۳۰ کیلومتر در ساعت باشد. از سرعتهای طرح پایینتر برای مناطق کوهستانی و راههایی با اهمیت عملکردی کمتر و از سرعتهای طرح بالاتر برای مناطق تپه ماهوری و دشت و راههایی با اهمیت عملکردی بیشتر استفاده میشود.

با در نظر گرفتن عوامل بالا، بیشترین سرعت ممکن به عنوان سرعت طرح انتخاب می شود، مگر آنکه موقعیت خاص راه مقادیر کمتری را ایجاب کند.

تبصره ۱. سرعت طرح انتخابی، در طرح همه اجزای راه و ویژگی های آن باید مورد توجه قرار گیرد. این توجه به ویژه برای ویژگیهایی که بطور مستقیم با سرعت طرح ارتباط ندارد مانند عرض خطوط عبور، شانه ها و فاصله آزاد جانبی، از اهمیت بیشتری برخوردار میباشد.

تبصره ۲. سرعت طرح انتخابی نباید با سرعت عملکردی (که در مرحله بهره برداری راه قابل اندازه گیری است)، تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد.

تبصره ۳. در راههایی با طول زیاد، تغییر سرعتهای طرح انتخابی برای قطعات مختلف راه نباید به صورت ناگهانی انجام شود. این تغییر باید به تدریج و در طول کافی باشد تا امکان تغییر تدریجی سرعت برای رانندگان، قبل از رسیدن به قطعه با سرعت طرح کمتر فراهم شود. اختلاف سرعت طرح دو قطعه متوالی از یک مسیر نباید بیشتر از ۲۰ کیلومتر در ساعت باشد.

تبصره ۴. سرعت طرح انتخابی بیشتر از سرعت مجاز می باشد.

جدول (۲). سرعت طرح برای راه های اصلی

نوع راه			راه های شریانی (آزادراه ها و بزرگراه ها)			راه های اصلی درجه یک جداشده			راه های اصلی درجه یک و دو
وضع پستی و بلندی			سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)			سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)			سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)
حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل
۱۱۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۱۰	۱۱۵	۱۲۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
۱۱۰	۱۱۵	۱۲۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۰۵	۱۱۰	۱۱۰
۸۰	۹۵	۱۱۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰

طبق موارد گفته شده و با توجه به جدول بالا سرعت طرح ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت انتخاب گردید.

در مسیر افقی همه عامل ها باید به گونهای مد نظر قرار گیرد تا مشخصات هندسی پلان، نیمرخ طولی و نیمرخ عرضی راه، ایمن، اقتصادی، هماهنگ با طبیعت منطقه و گنجایش راه و متناسب با طبقه بندی عملکردی باشد.

قوس افقی (پیچ)

برای ارتباط دو خط مستقیم متوالی در پلان از پیچ یا قوس افقی استفاده میشود که معمولاً کمانی از یک دایره است. هر خودرو در حال عبور از قوس افقی، تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار می گیرد. برای تأمین ایمنی و راحتی حرکت خودرو، بهتر است شیب عرضی راه با توجه به سرعت طرح و شعاع قوس افقی تغییر یابد. با استفاده از شیب عرضی یکسره (بربلندی) در مقطع راه، میتوان بین نیروی اصطکاک جانبی چرخ و رویه، مؤلفه وزن خودرو در امتداد بربلندی و نیروی گریز از مرکز، تعادل ایجاد کرد.

در طرح قوس افقی راه، رابطه بین سرعت طرح، حداقل شعاع قوس افقی، حداکثر بربلندی و حداکثر ضریب اصطکاک جانبی بین لاستیک چرخ و سطح راه، به صورت رابطه زیر است.

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

که در آن R_{min} : حداقل شعاع قوس افقی (متر)

V : سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

e_{max} : حداکثر بر بلندی (متر بر متر)

f_{max} = حداکثر ضریب اصطکاک جانبی مقدار ضریب اصطکاک جانبی به عوامل زیر بستگی دارد.

۱- وضعیت لاستیک چرخهای خودرو

۲- نوع رویه

۳- خشک یا تر یا یخزده بودن سطح راه

۴- سرعت خودرو

در جدول زیر مقادیر حداقل شعاع قوس افقی برای مقادیر مختلف سرعت طرح، ضریب اصطکاک جانبی و بربلندی داده شده است.

بهتر است در صورت امکان از بکارگیری شعاع قوس افقی حداقل خودداری شود، مگر آن که محدودیت های شدیدی در انتخاب شعاع بزرگتر وجود داشته باشد. انتخاب شعاع های کوچکتر، موجب ازدیاد طول راه و ضرورت تعریض بیشتر راه در قوس افقی است.

جدول (۳). حداقل شعاع قوس افقی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	حداکثر برابندی e_{max}	حداکثر ضریب اصطکاک f_{max}	حداقل شعاع (متر) (مقادیر گرد شده)
۳۰	۴٪	-/۱۷۰	۳۵
۴۰		-/۱۶۵	۶۵
۵۰		-/۱۶۰	۱۰۰
۶۰		-/۱۵۳	۱۵۰
۷۰		-/۱۴۷	۲۱۰
۸۰		-/۱۴۰	۲۸۰
۹۰		-/۱۳۰	۳۷۵
۱۰۰		-/۱۲۰	۴۹۵
۳۰	۶٪	-/۱۷۰	۳۵
۴۰		-/۱۶۵	۶۰
۵۰		-/۱۶۰	۹۰
۶۰		-/۱۵۳	۱۳۵
۷۰		-/۱۴۷	۱۹۰
۸۰		-/۱۴۰	۲۵۵
۹۰		-/۱۳۰	۳۴۰
۱۰۰		-/۱۲۰	۴۴۰
۱۱۰		-/۱۱۰	۵۶۵
۱۲۰		-/۱۰۹	۷۵۶
۱۳۰		-/۱۰۸	۹۵۱
۳۰	۸٪	-/۱۷۰	۳۰
۴۰		-/۱۶۵	۵۵
۵۰		-/۱۶۰	۸۵
۶۰		-/۱۵۳	۱۲۵
۷۰		-/۱۴۷	۱۷۰
۸۰		-/۱۴۰	۲۲۰
۹۰		-/۱۳۰	۳۰۵
۱۰۰		-/۱۲۰	۳۹۵
۱۱۰	۱۰٪	-/۱۱۰	۵۰۵
۱۲۰		-/۱۰۹	۶۶۷
۱۳۰		-/۱۰۸	۸۳۲
۳۰	۱۲٪	-/۱۷۰	۳۰
۴۰		-/۱۶۵	۵۰
۵۰		-/۱۶۰	۸۰
۶۰		-/۱۵۳	۱۱۵
۷۰		-/۱۴۷	۱۶۰
۸۰		-/۱۴۰	۲۱۰
۹۰		-/۱۳۰	۲۸۰
۱۰۰		-/۱۲۰	۳۶۰
۱۱۰		-/۱۱۰	۴۵۵
۱۲۰		-/۱۰۹	۵۹۷
۱۳۰		-/۱۰۸	۷۴۰
۳۰		-/۱۷۰	۲۵
۴۰		-/۱۶۵	۴۵
۵۰		-/۱۶۰	۷۰
۶۰		-/۱۵۳	۱۰۵
۷۰		-/۱۴۷	۱۴۵
۸۰		-/۱۴۰	۱۹۵
۹۰		-/۱۳۰	۲۵۵
۱۰۰		-/۱۲۰	۳۳۰
۱۱۰		-/۱۱۰	۴۱۵
۱۲۰		-/۱۰۹	۵۴۰
۱۳۰		-/۱۰۸	۶۶۶

در صورتی که به علت شرایط خاص، اجباری و محدوده کننده طرح، لازم باشد که قوس افقی با شعاع کمتر از شعاع حداقل طرح شود، تغییرات سرعت بین دو قوس افقی متوالی نباید بیشتر از ۲۰ کیلومتر در ساعت باشد.

از قرار دادن قوس افقی با شعاع کوچک در انتهای مسیرهای مستقیم طولانی، سرازیری ها و یا هر محلی که ورود خودروها با سرعت بالا انتظار میرود، باید اجتناب شود.

مقادیر حداکثر بریلندی

مقدار حداکثر بریلندی تابع عامل های زیر است:

الف - شرایط جوی منطقه (دفعات تکرار و مقدار برف و یخ)

ب - نوع راه (کوهستانی، تپه ماهور یا دشت)

پ - درصد خودروهای سنگین و کندرو

ت - محدودیتهای طراحی از لحاظ تأمین فضای کافی جهت اعمال بریلندی و شرایط تخلیه آب های سطح راه حداکثر بریلندی در انواع راه ها (شنی یا غیرشنی) نباید از ۱۲ درصد تجاوز کند. همچنین با توجه به عوامل بالا مقادیر بریلندی نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

۱- در راههای دو خطه و راههای جانبی دو خطه و نیز در رابطها، در مناطقی که در معرض بارش برف و یخبندان نیست، ۱۲ درصد

۲- در آزادراهها و بزرگراهها، ۱۰ درصد

۳- در مناطق با ارتفاع بیش از هزار متر از سطح دریا و در شرایط برف و یخبندان، ۸ درصد

۴- در مناطق حومه شهری به دلیل امکان توسعه آتی شهر و کاهش سرعت طرح، بهتر است ۶ درصد در نظر گرفته شود.

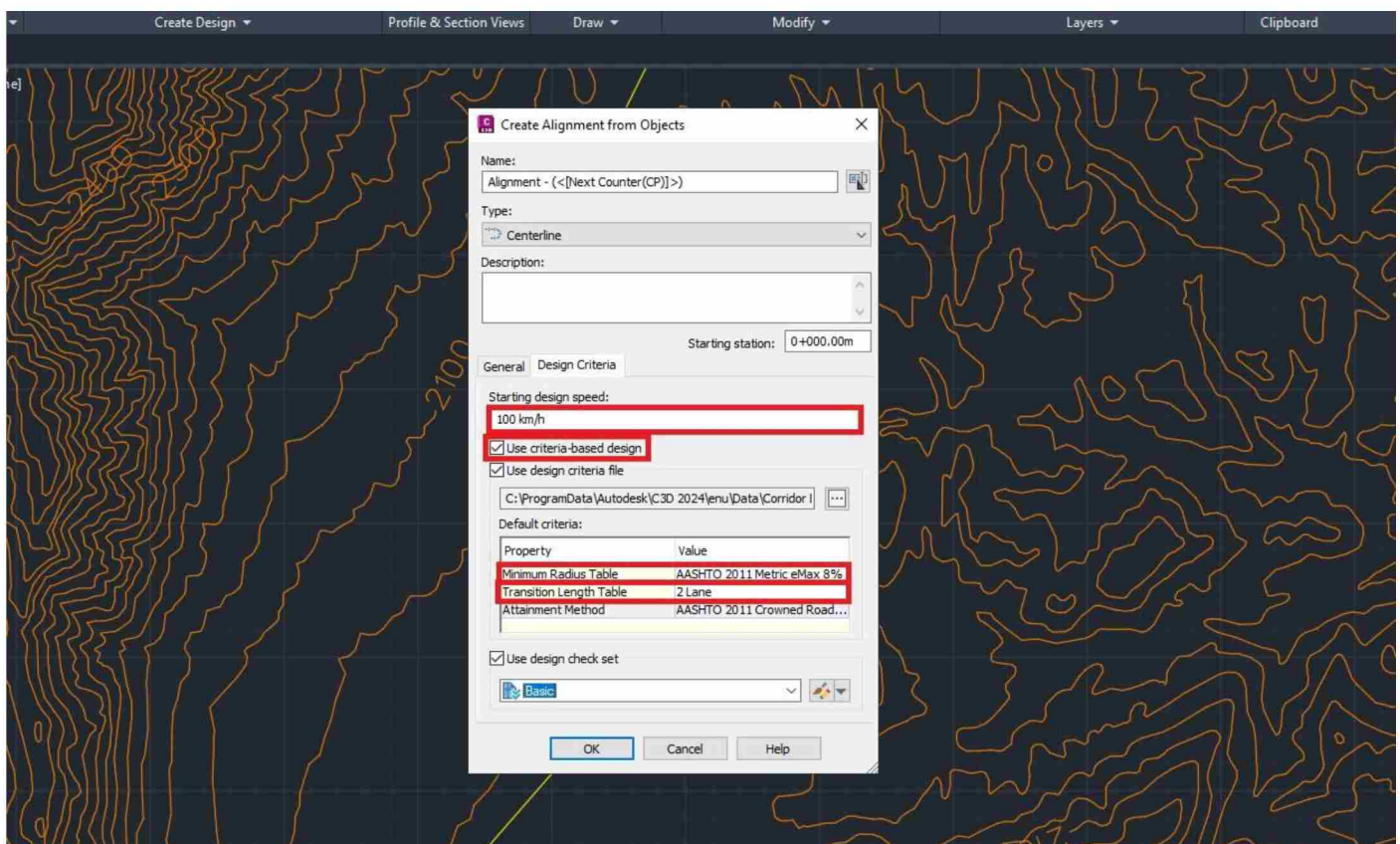
طبق شرایط گفته شده و با توجه به این که مسیر فرضی ما راه اصلی درجه ۱ دو خطه، کوهستانی، دارای یخبندان، منطقه ای با ارتفاع متوسط دوهزار متر از سطح دریا (با توجه به تحقیقاتی که راجع به کوهبنان انجام شد). حداکثر بریلندی ۸ درصد است. با توجه به این که سرعت طرح را ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته ایم، می توان گفت که حداقل شعاع قوس های افقی مسیر باید ۳۹۵ متر باشد، که ایمنی طرح را تضمین کند. پس در این مسیر فرضی شعاع ۴۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

نکته ۴: پس باید برای هر مسیر، نوع راه طرح، سرعت طرح، مقدار بریلندی مشخص شود تا بتوانیم حداقل شعاع را در جدول (۳) مشخص کنیم.

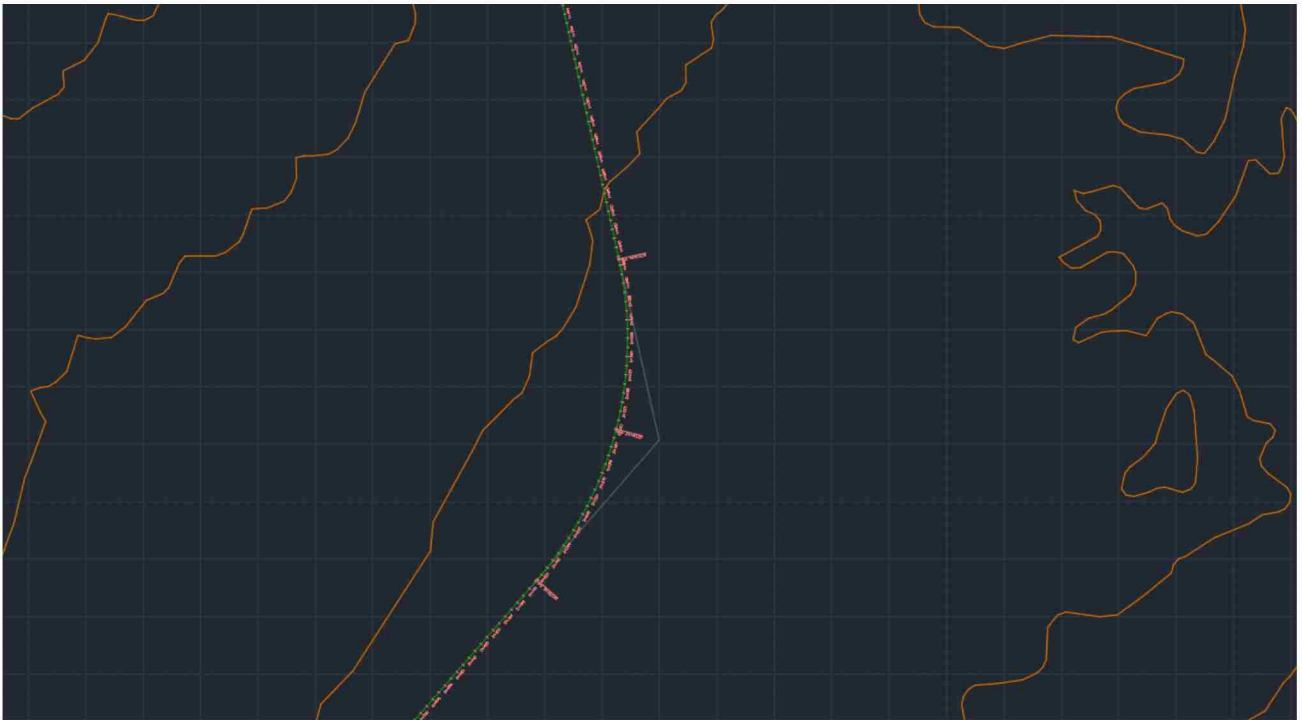
در سربرگ Design Criteria در قسمت Strating design speed می توانید سرعت طرح را انتخاب کنید. در قسمت use criteria-based design اگر تیک این گزینه را فعال کنید، بر اساس آیین نامه AASHTO و همچنین سرعت طرح و Minimum Radius Table یا همان حداقل شعاع که براساس بر بلندی در همین پنجره تعیین می شود، می توان مکان هایی که مسیر حداقل شعاع را رعایت نکرده شناسایی کرد و آن قسمت را تصحیح نمود.

نکته ۵: ترجیح این است که، در قسمت use criteria-based design اگر تیک این گزینه را فعال نکنید، چرا که گاهی اوقات علامت ارور بزرگی رو صفحه نمایش، نمایش می دهد که تا مسیر تصحیح نشود، از بین نمی رود.

آخرین مورد مربوط به قسمت Transition Length Table مربوط به طول عبور و مرور وسایل نقلیه است که برای مسیر دو خطه روی گزینه 2 Lane تنظیم شده است و حال با کلیک کردن بر روی OK مسیر ساخته می شود.

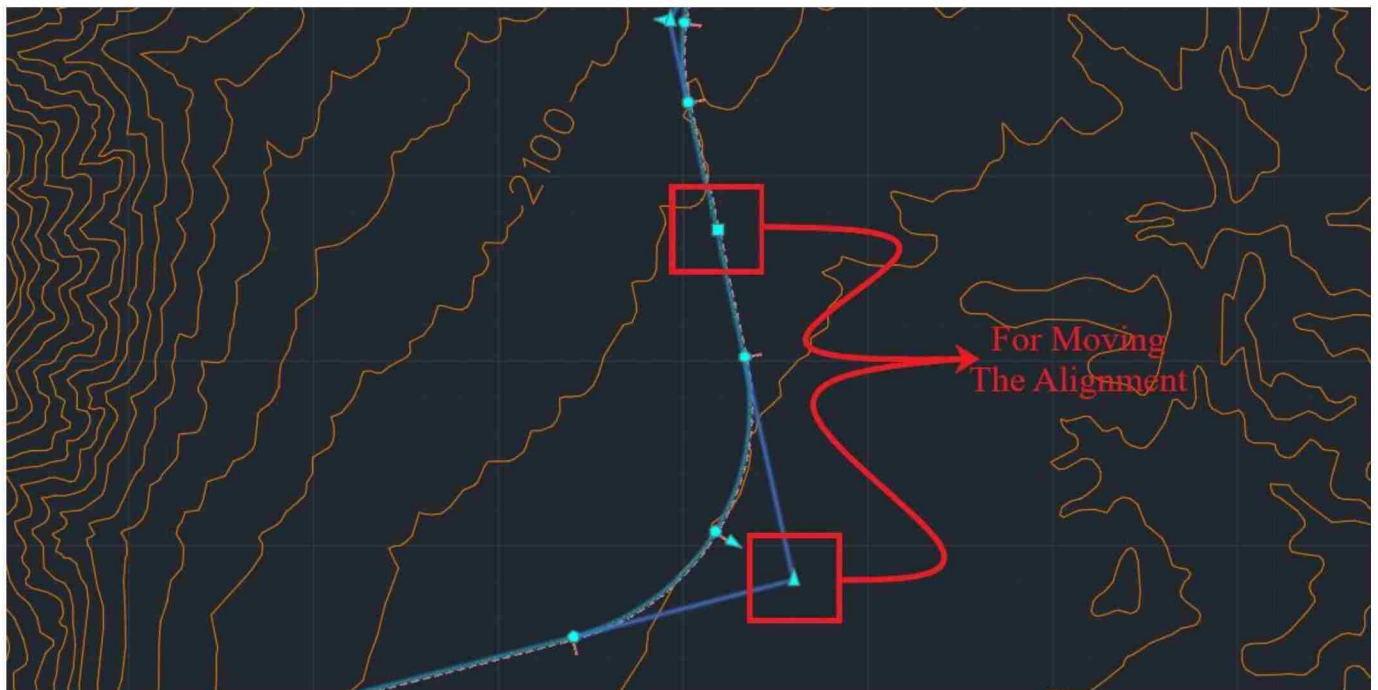


شکل (۱۱). پنجره Create Alignment from Objects سربرگ Design Criteria



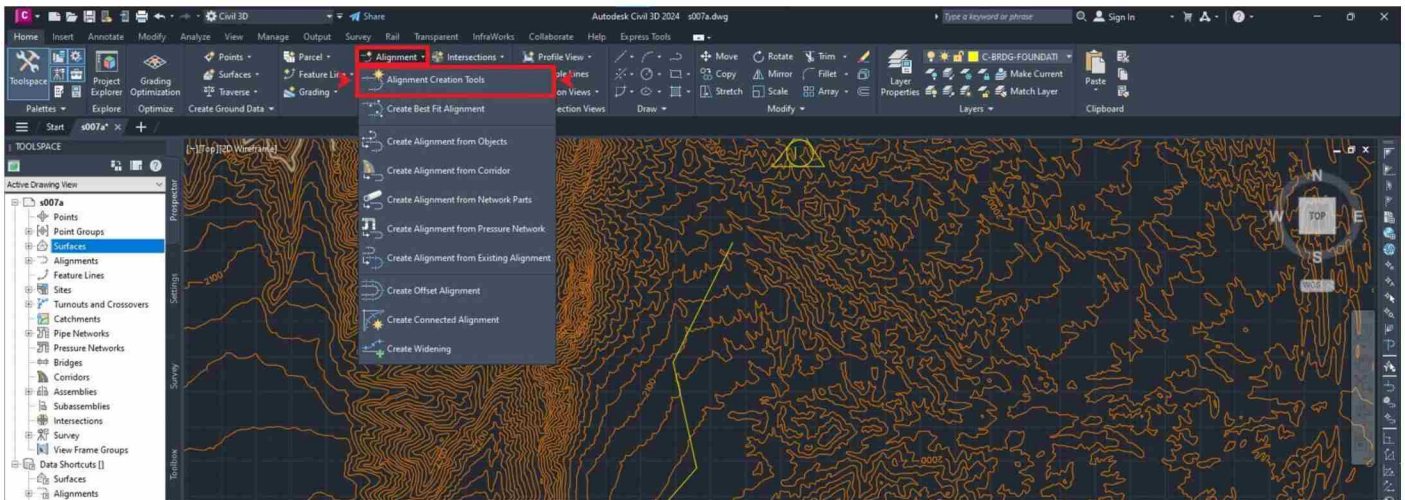
شکل (۱۲). Alignment راه مورد طراحی

برای تغییر دادن مسیر به صورت دستی کافی است روی مسیر کلیک کنید. دقت کنید که روی خود مسیر کلیک کنید و روی نوشته ها یا Label های آن کلیک نکنید. مسیر به رنگ آبی در می آید و با استفاده از مربع و مثلثی که قاعده آن موازی با صفحه نمایش است، می توانیم مسیر را با گرفتن این دو نقطه جا به جا کنیم. و بقیه نقاط که دایره و مثلثی که کنار مثلث بالا است، فقط برای تغییر شعاع قوس افقی استفاده می شود.



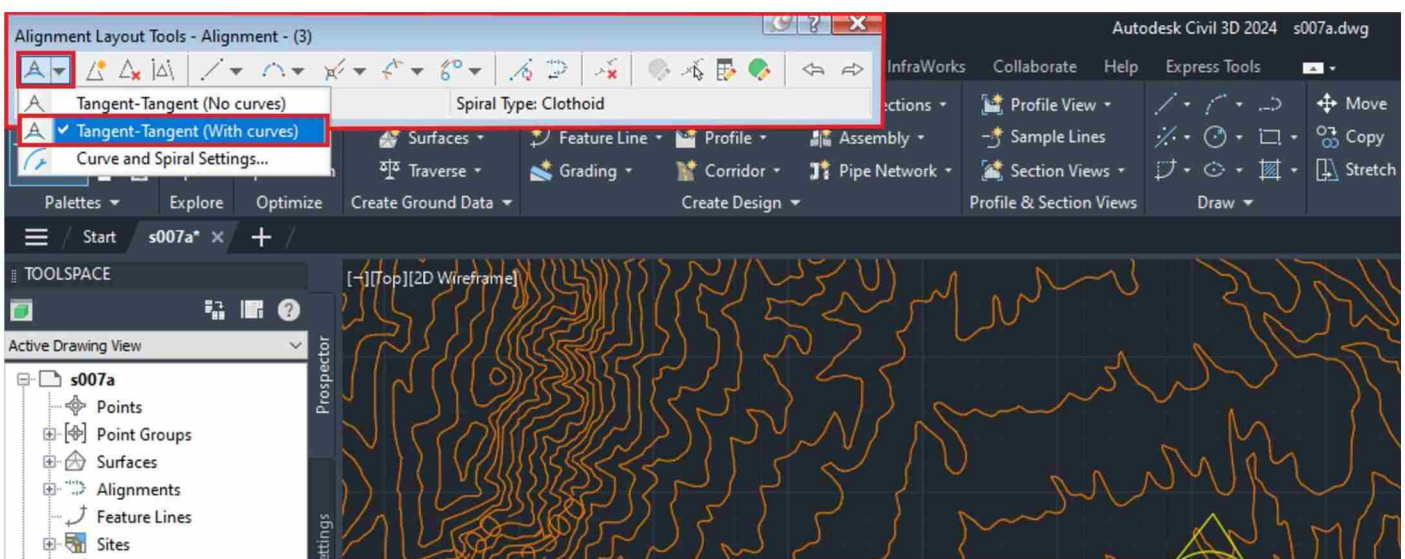
شکل (۱۳). جا به جایی Alignment و تنظیم مسیر

روش ۲ رسم مسیر با ابزار ترسیم مسیر (Alignment Creation Tools): در این روش برای شروع در سربرگ Home روی Alignment کلیک کرده و سپس اولین گزینه Alignment Creation Tools را انتخاب می کنیم.

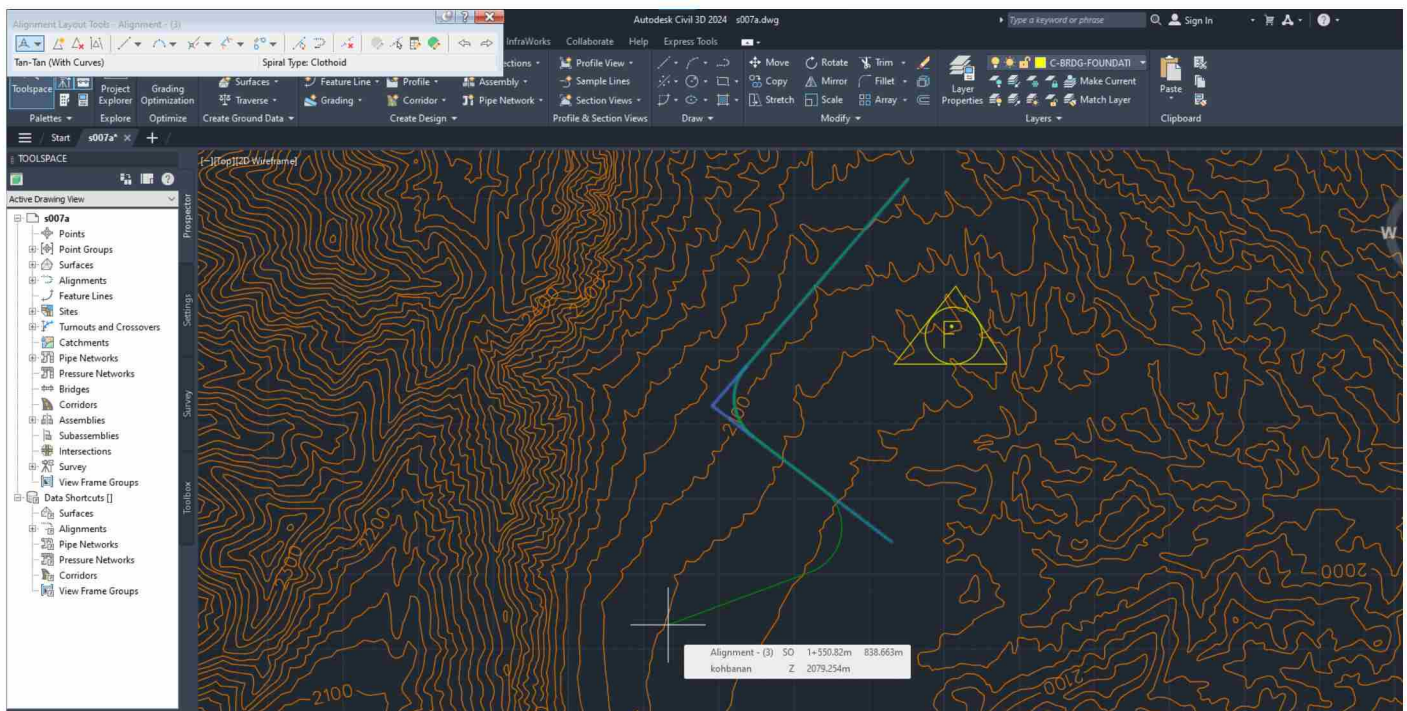


شکل (۱۴). اولین گزینه Alignment Creation Tools

باز مانند شکل (۱۰) پنجره ای باز می شود که به همان صورت قبل باید با آن رفتار شود. بعد از زدن OK پنجره دیگری به نام Alignment Layout Tools برایمان باز می شود. بعد اولین گزینه از چپ روی زبانه آن کلیک کرده و روی گزینه دوم (Tangent-Tangent (With Curve)) را انتخاب می کنیم و شروع به مسیر زدن می کنیم.



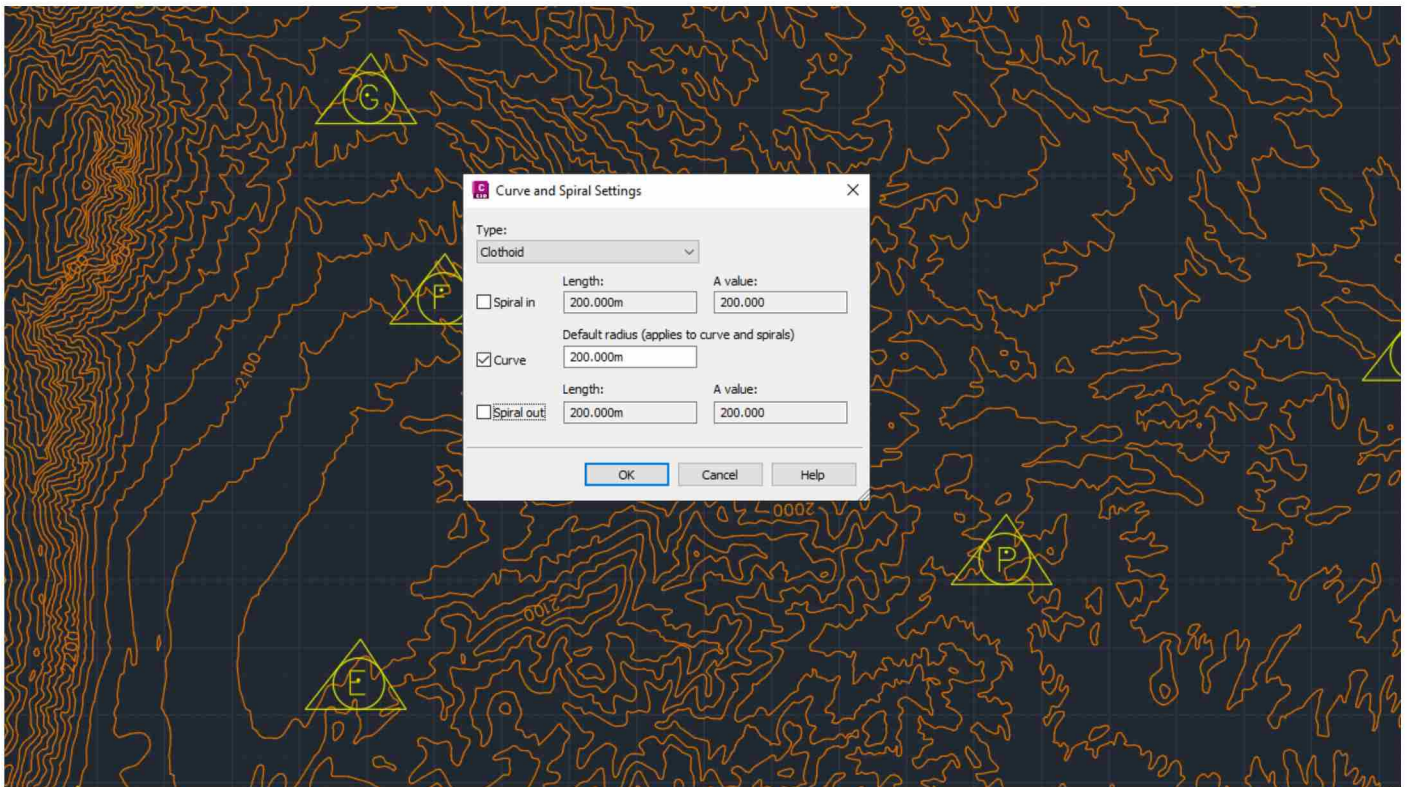
شکل (۱۵). پنجره Alignment Layout Tools



شکل (۱۶). مسیر زدن در حالت Tangent-Tangent (With Curve)

همان طور که می بینید در این روش به صورت خودکار قوس افقی با شعاع ثابت برایمان رسم می کند که محل ایجاد قوس را نیز می توانیم، ببینیم. در صورتی که بخواهیم برای هر شکستگی به صورت دستی قوس افقی طراحی کنیم بعد از کلیک روی زبانه باید گزینه اول (Tangent-Tangent (No Curve) را انتخاب کنیم که راجع به طراحی دستی قوس افقی آن در نکته ۷ بحث خواهد شد.

برای تنظیم شعاع ثابت قوس افقی و یا تبدیل آن برای ساخت قوس کلوتوئید (Spiral or Clothoid) یا همان قوس افقی اتصال تدریجی در این روش بعد از کلیک روی زبانه باید گزینه سوم Curve and Spiral Settings کلیک کنید. پنجره ای با باز می شود که در قسمت Curve می توانید شعاع قوس را انتخاب کنید و در حالتی که بخواهید فقط قوس کلوتوئید بزنید تیک گزینه اول و سوم را باید فعال کنید و طول قوس اتصال ورودی Spiral in و خروجی Spiral out را تنظیم کنید.



شکل (۱۷). پنجره Curve and Spiral Settings

نکته ۶: در پنجره شکل بالا مقدار A value را نیز به جای طول قوس اتصال می توانید تغییر دهید طول قوس اتصال نیز به طور خودکار تغییر می کند. همان طور که می دانید مقدار A value با طول قوس اتصال و شعاع قوس ارتباط مستقیم دارد و رابطه این سه به صورت زیر است.

$$A = \sqrt{L \cdot R}$$

نشریه ۲:

قوس افقی اتصال تدریجی (کلوتوئید)

به منظور تأمین ایمنی و راحتی کافی در طرح راه، بهتر است برای اتصال دو قوس افقی با اختلاف شعاع نسبتاً زیاد و یا اتصال یک مسیر مستقیم به یک قوس افقی دایره های با شعاع کوچکتر از مقادیر داده شده در جدول (۴) از قوس اتصال تدریجی (کلوتوئید یا مشابه آن) استفاده شود.

جدول (۴). شعاع حداکثر قوس افقی بر حسب سرعت برای استفاده از قوس اتصال تدریجی

سرعت (کیلومتر در ساعت)	شعاع حداکثر (متر)
۲۰	۲۴
۳۰	۵۴
۴۰	۹۵
۵۰	۱۴۸
۶۰	۲۱۳
۷۰	۲۹۰
۸۰	۳۷۹
۹۰	۴۸۰
۱۰۰	۵۹۲
۱۱۰	۷۱۶
۱۲۰	۸۵۲
۱۳۰	۱۰۰۰
نکته: مزایای ایمنی استفاده از قوس اتصال تدریجی برای شعاع‌های بزرگتر، ناچیز است.	

استفاده از قوس اتصال تدریجی برای راههایی با قوس‌های افقی با شعاع بزرگ به ندرت ضرورت پیدا می‌کند. قوس اتصال تدریجی دارای مزایای زیر است:

- الف) اتصال قوس افقی دایره‌های شکل به مسیرهای مستقیم می‌تواند با تغییر تدریجی شعاع انحنا انجام شود.
- ب) اعمال بریلندی از مقدار صفر تا مقدار حداکثر آن می‌تواند در طول قوس اتصال تدریجی (طول لازم برای تغییر شیب عرضی مسیر از شیب صفر به شیب بریلندی) انجام شود.
- پ) اعمال اضافه عرض سواره رو در قوس افقی، می‌تواند در طول قوس اتصال تدریجی انجام شود.
- ت) به کاربردن قوس اتصال تدریجی سبب می‌شود که از تصور وجود شکستگی در نقطه شروع و ختم قوس افقی دایره‌های شکل اجتناب شود و در نتیجه، راه، ظاهری خوش منظر داشته باشد.
- معمولاً برای قوس اتصال تدریجی از منحنی کلوئید استفاده می‌شود. طول مطلوب قوس اتصال تدریجی طبق جدول (۵) توصیه می‌شود.

جدول (۵). طول مطلوب برای قوس اتصال تدریجی

سرعت (کیلومتر در ساعت)	طول اتصال تدریجی (متر)
۲۰	۱۱
۳۰	۱۷
۴۰	۲۲
۵۰	۲۸
۶۰	۳۳
۷۰	۳۹
۸۰	۴۴
۹۰	۵۰
۱۰۰	۵۶
۱۱۰	۶۱
۱۲۰	۶۷
۱۳۰	۷۲

طول قوس اتصال تدریجی نباید از طول بدست آمده از روابط زیر (هر کدام که بزرگتر است) کمتر باشد.

$$L_{s,min} = 2.19\sqrt{R}$$

$$L_{s,min} = 0.018 \frac{V^3}{R}$$

طول قوس اتصال تدریجی نباید از طول بدست آمده از رابطه زیر بیشتر باشد.

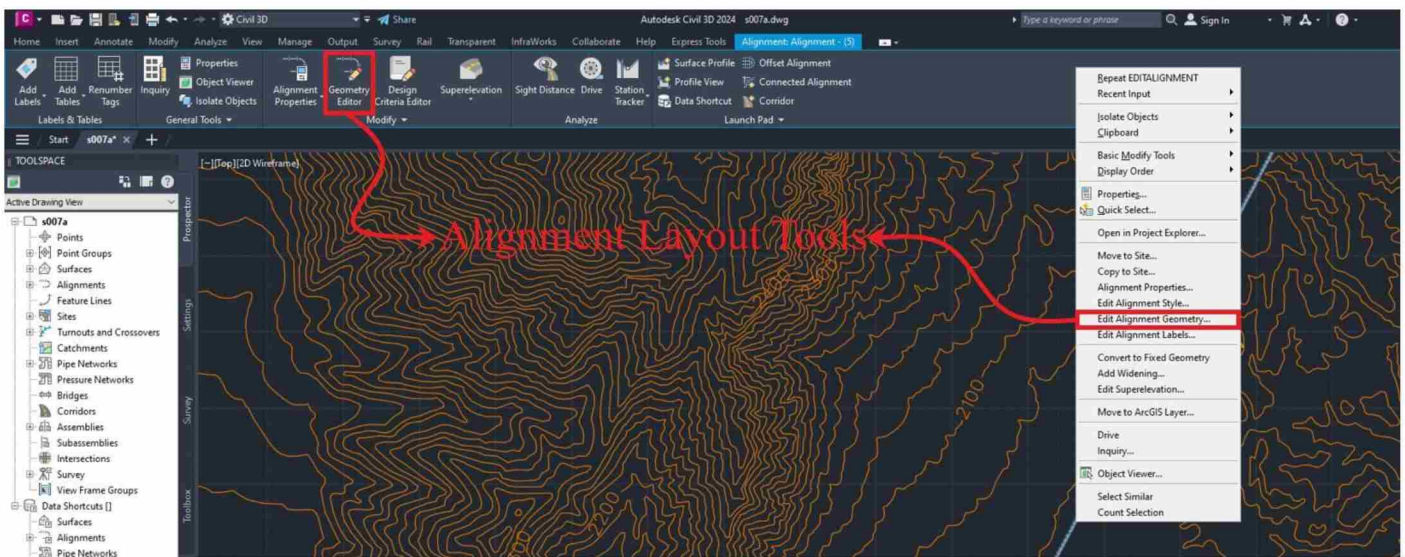
$$L_{s,max} = 4.90\sqrt{R}$$

در پایانه رابط ها در صورت در نظر گرفتن اضافه عرض میتوان از قوس اتصال تدریجی با طول بزرگتر از رابطه برای اعمال برابندی استفاده کرد.

چنانچه از قوس اتصال تدریجی برای تامین شیب برابندی استفاده میشود، روش عملی تر برای تعیین حداقل طول قوس اتصال تدریجی، به کار بردن طولی است که برای طول شیب برابندی (طول لازم برای تغییر شیب عرضی مسیر از شیب صفر به شیب برابندی) لازم است.

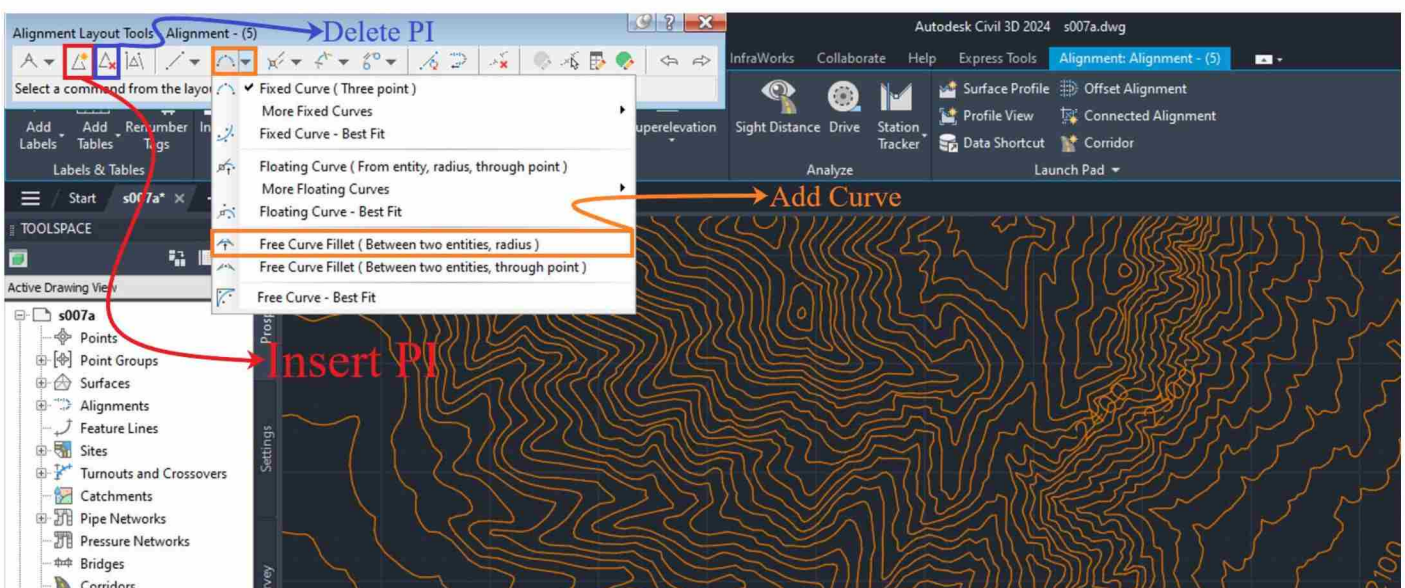
نکته ۷: برای اضافه کردن قوس به صورت دستی بعد از زدن مسیر کافی است مسیر را انتخاب کنیم و کلیک راست و گزینه Edit Alignment Geometry را انتخاب می کنیم و یا در سربرگ Alignment قسمت Geometry Editor را انتخاب می کنیم تا پنجره Alignment Layout Tools باز شود. برای اضافه

کردن قوس به صورت دستی به صورتی که در بند زیر آمده است عمل می کنیم و کافی است سه عمل زیر استفاده کنیم.



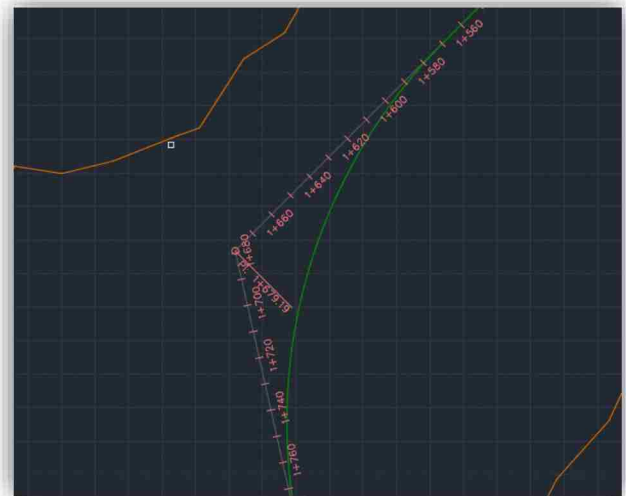
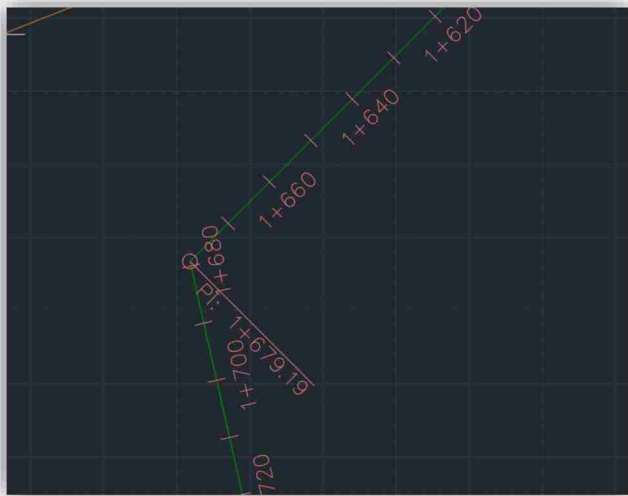
شکل (۱۸). باز کردن پنجره Alignment Layout Tools

در پنجره Alignment Layout Tools برای اضافه کردن شکستگی از گزینه دوم از چپ **Insert PI** را انتخاب می کنیم و در قسمت هایی کنار قسمت مستقیم مسیر کلیک می کنیم تا شکستگی ایجاد شود و بسته به نیاز می توان تعداد شکستگی ها را با کلیک کردن در محل های مناسب تامین کنیم و در آخر Enter را بزنیم. در صورتی که بخواهیم از این شکستگی ها بکاهیم و چندی از آنها را حذف کنیم، کافی است، گزینه دوم از چپ **Delete PI** را انتخاب کنیم و جاهایی که می خواهیم حذف کنیم کلیک کنیم.



شکل (۱۹). اضافه کردن قوس به صورت دستی

حال برای تبدیل این شکستگی ها به قوس روی زبانه گزینه ششم از چپ کلیک و گزینه سوم از آخر را به نام **Free Curve Fillet (Between two entities, radius)** انتخاب کنیم. حال باید اولین ورودی که خطی که با ورودی قوس مماس باشد را انتخاب و بعد خطی که با خروجی قوس مماس باشد را انتخاب می کنیم حال برنامه می پرسد که زاویه آن از ۱۸۰ کمتر یا بیشتر است؟ قاعدتا می دانیم که زاویه آن کمتر از ۱۸۰ است (در اکثر اوقات). پس گزینه Less Than 180 را انتخاب می کنیم. حال می توانیم با تایپ کردن عدد شعاع دلخواه و در آخر Enter را بزنیم.



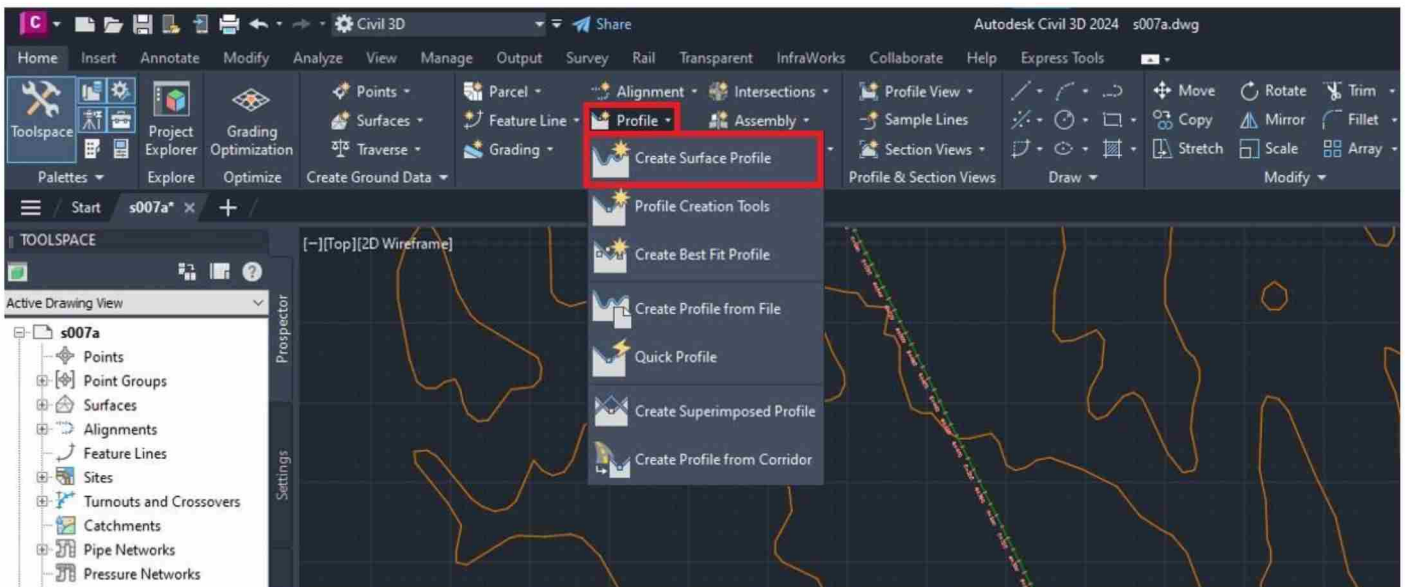
شکل (۲۰). قبل و بعد از اضافه کردن قوس به شکستگی

نکته ۸: این را در نظر داشته باشید که برای رسم مسیر، مسیری بهتر است که مستقیم تر و قوس های افقی (و قائم) کمتری داشته باشد.

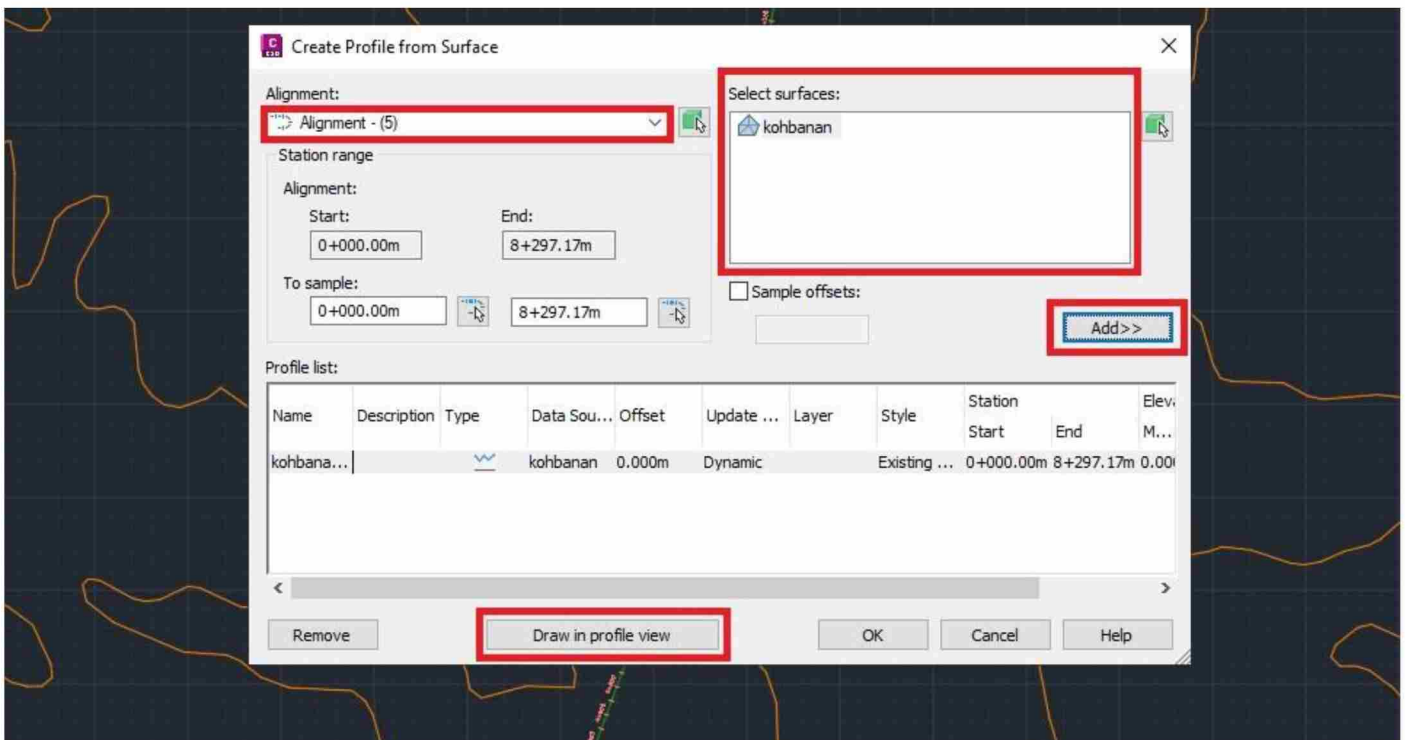
نکته ۹: برای دیدن جدول Alignment و قوس های افقی کافی است در پنجره Alignment Layout Tools اولین گزینه سمت راست را انتخاب کنیم تا به ما نمایش داده شود.

پروفیل طولی (Profile)

پروفیل طولی را که نشان دهنده پستی و بلندی ها در طول مسیر است که به همراه خط پروژه می آید که مسیر راه پروژه را در میان این پستی بلندی ها نشان می دهد. ایجاد پروفیل طولی یک راه کلی بیشتر ندارد اما برای ایجاد خط پروژه دو راه در اینجا را معرفی خواهد شد.

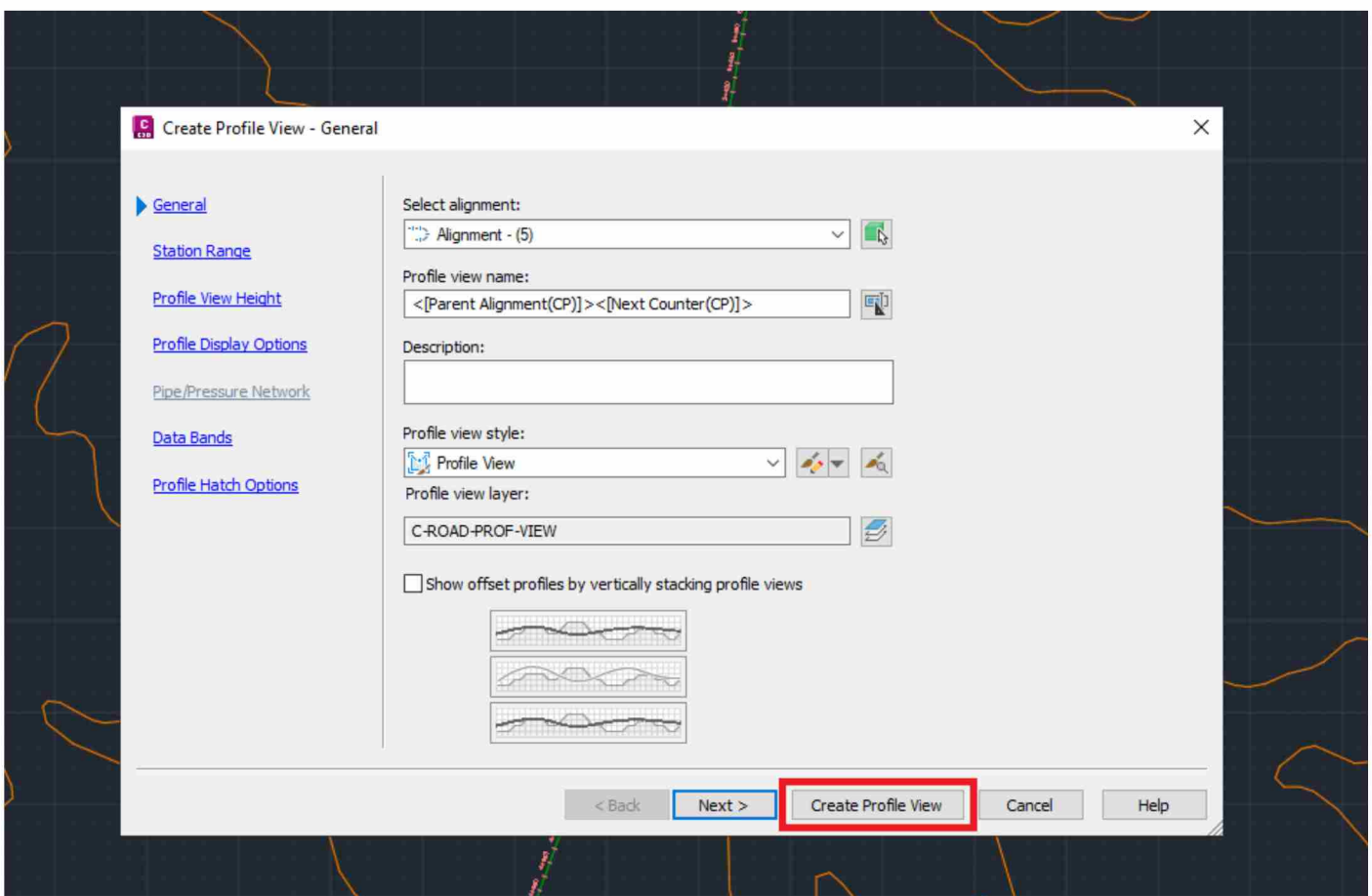


شکل (۲۱). شروع به ساخت پروفیل طولی



شکل (۲۲). ساخت پروفیل طولی در برنامه

برای ساخت پروفیل طولی ابتدا در سربرگ Home روی Profile کلیک کرده و اولین گزینه که نام آن Surface Profile Create است، را انتخاب می کنیم. حال پنجره ای باز می شود. در قسمت Alignment نام مسیر مورد نظر خود را مشخص می کنیم و در قسمت Select Surfaces نام Surface کلیک (ممکن است چند Surface وجود داشته باشد) و روی گزینه Add کلیک می کنیم تا پروفیل طولی ساخته شود و برای رسم پروفیل طولی کافی است روی گزینه Draw in Profile view را انتخاب کنیم تا بتوانیم پروفیل طولی را در محیط برنامه رسم کنیم.

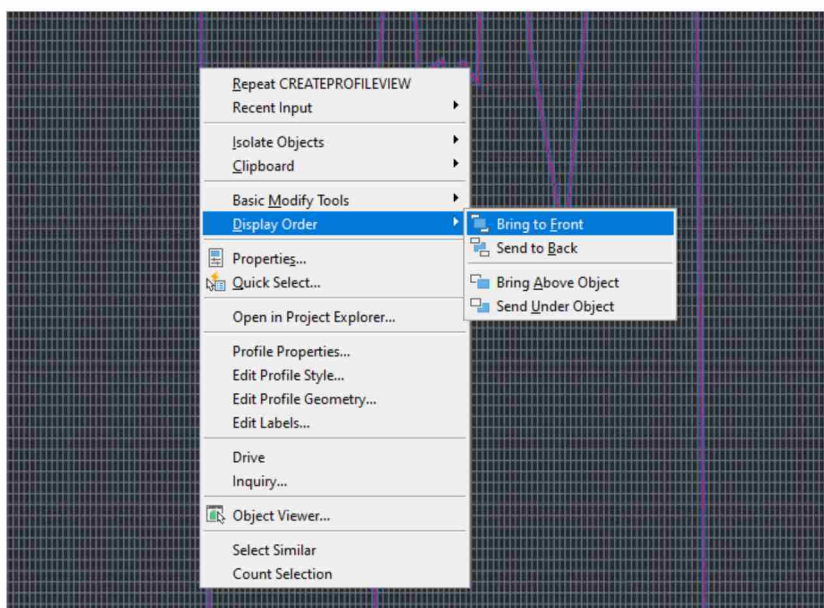


شکل (۲۳). رسم پروفیل طولی

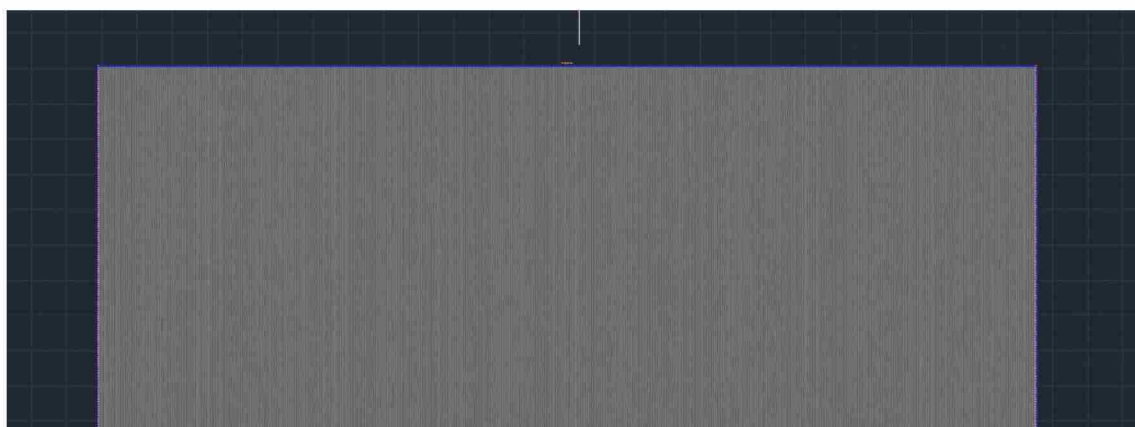
حال پنجره دیگری به طور خودکار باز می شود و برای رسم کردن پروفیل طولی کافی است روی گزینه ای به نام Create Profile view کلیک کنیم و برای مشخص کردن محل پروفیل طولی محلی ترجیحا در سمت راست از Surface کلیک کنیم.

نکته ۱۰: خط پروفیل طولی (معمولا با رنگ قرمز) ممکن است مشخص نباشد، کافی است که با بزرگ نمایی صفحه این خط را پیدا کرد و روی آن کلیک کرد تا انتخاب شود و سپس کلیک راست کرده و از قسمت ششم

با نام Display Order اولین گزینه Bring to Front را انتخاب کرد تا خط پروفیل طولی جلو بیاید و مشخص تر باشد.



شکل (۲۴). جلو آوردن خط پروفیل طولی

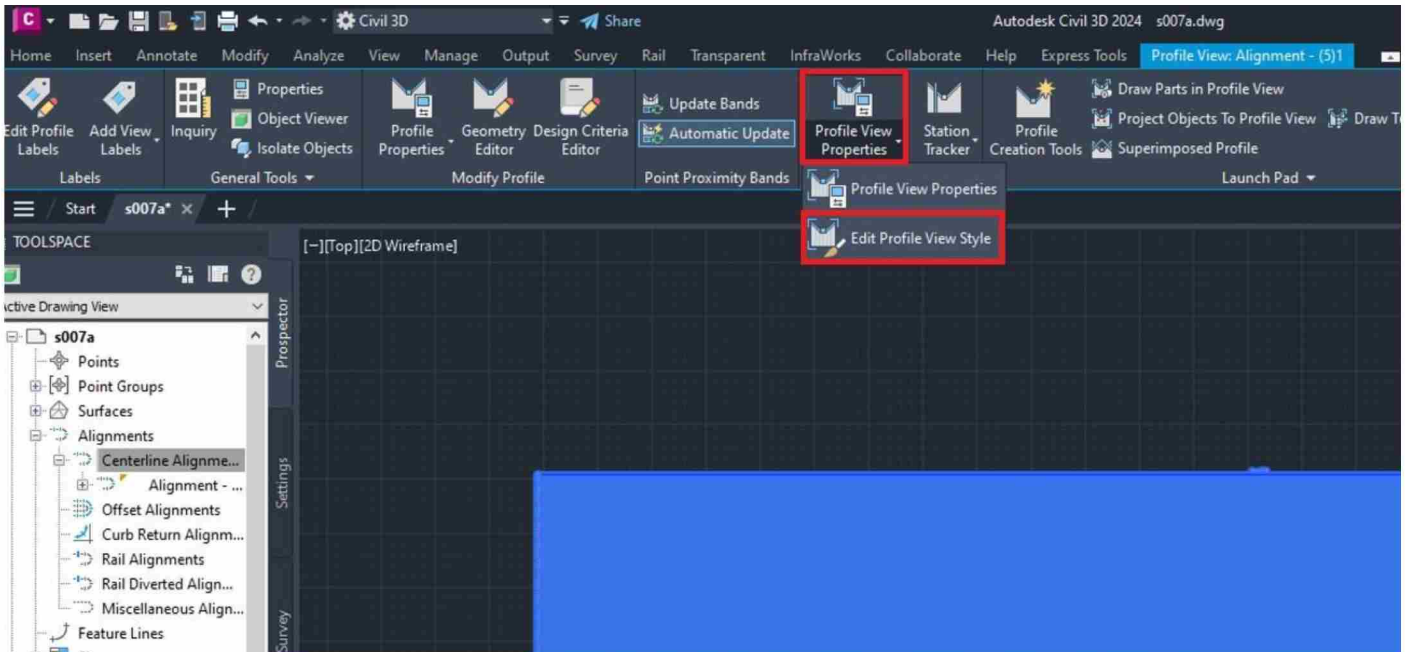


شکل (۲۵). قبل جلو آوردن خط پروفیل طولی

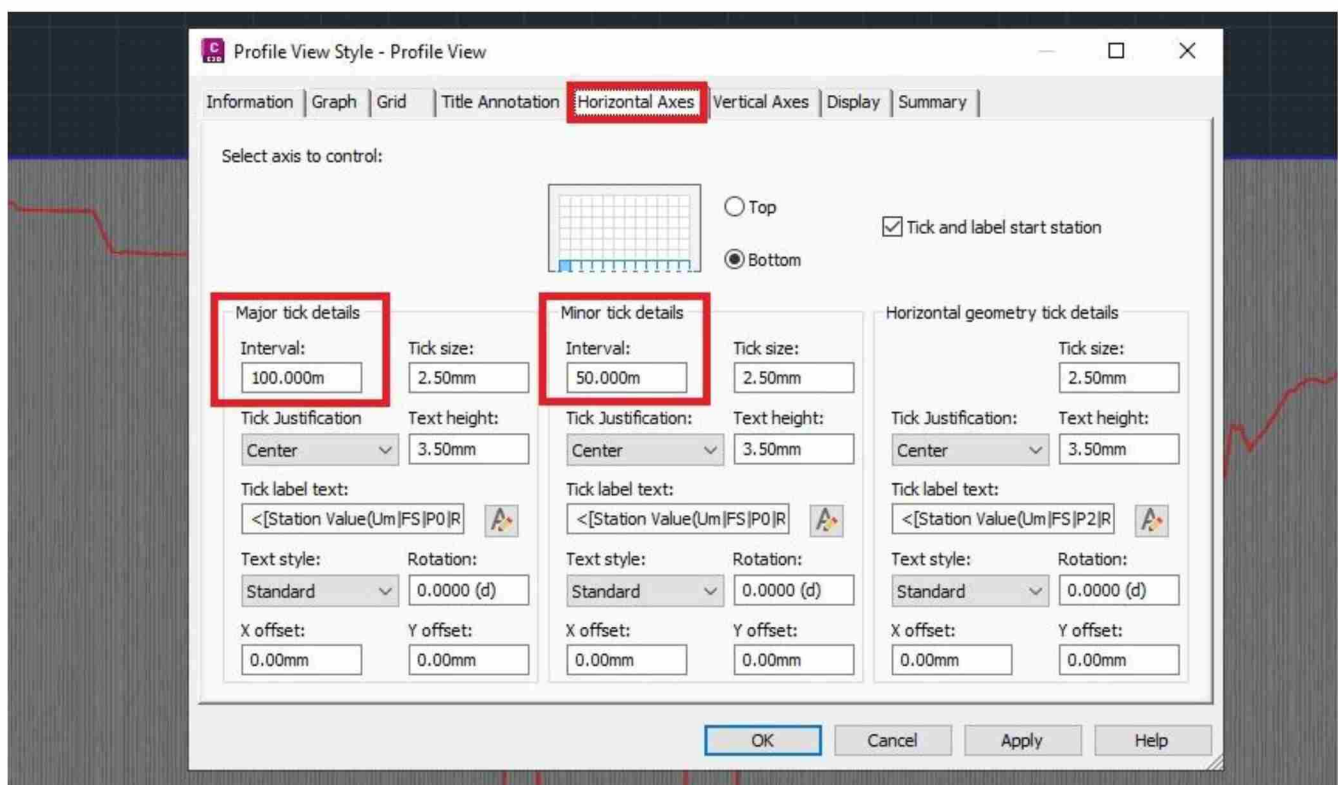


شکل (۲۶). بعد جلو آوردن خط پروفیل طولی

نکته ۱۱: شبکه بندی پروفیل طولی بطور استاندارد کارا نیست و نیاز به تغییر دارد. برای انجام این کار روی پروفیل طولی کلیک کرده و از سربرگ بالا روی زبانه گزینه Profile View Properties کلیک کرده و دومین گزینه Edit Profile View Style را انتخاب می کنیم.

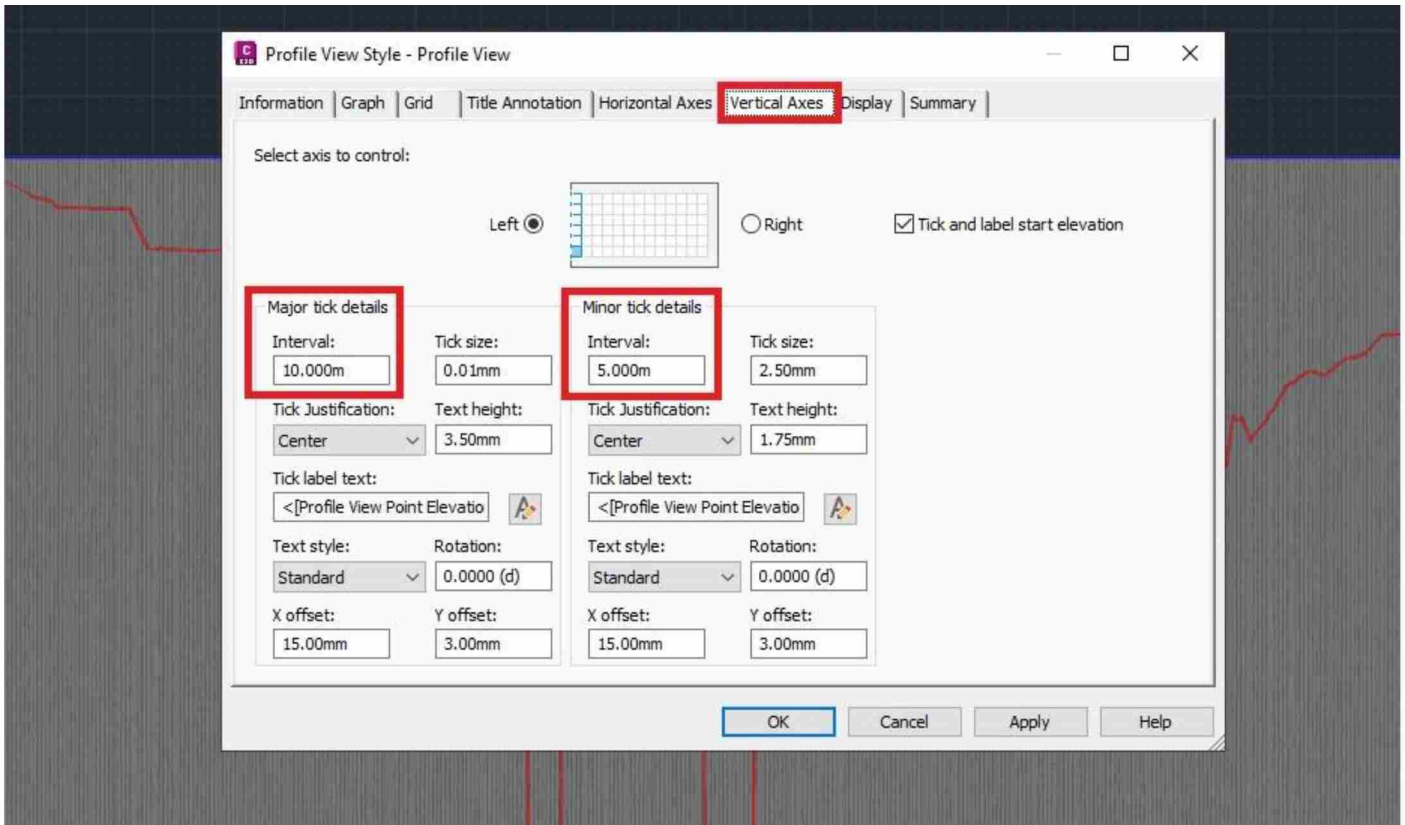


شکل (۲۷). Edit Profile View Style



شکل (۲۸). تنظیم سربرگ Horizontal Axes

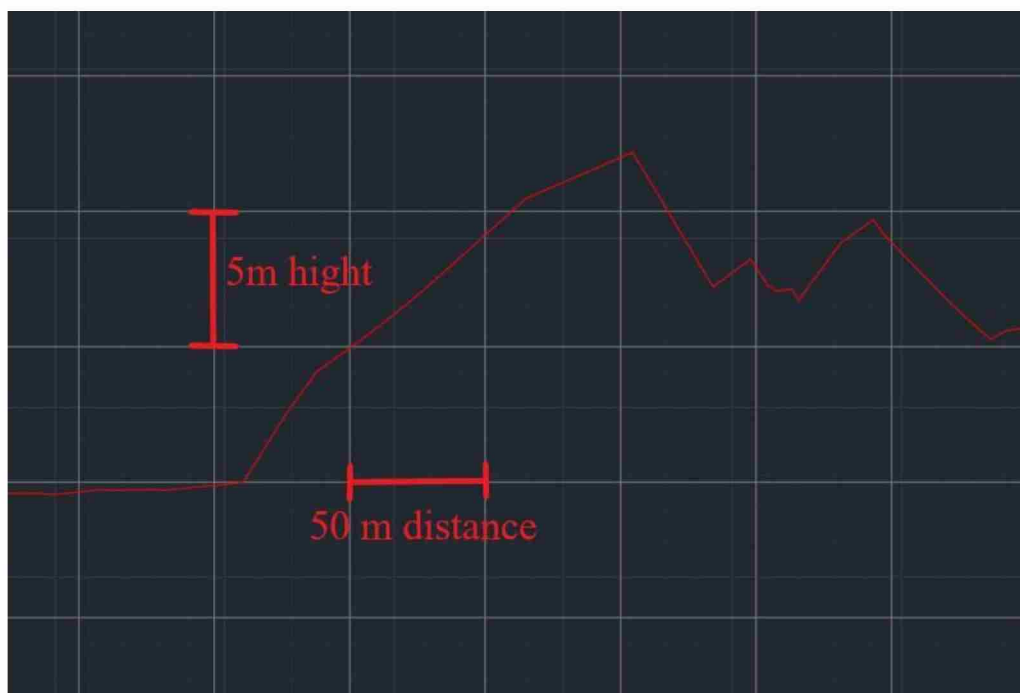
پنجره ای باز می شود در سربرگ Horizontal Axes قسمت Major tick details قسمت Interval عدد آن را روی ۵۰ متر تنظیم می کنیم.



شکل (۲۹). تنظیم سربرگ Vertical Axes

در سربرگ Vertical Axes قسمت Major tick details قسمت Interval عدد آن را روی ۱۰ متر تنظیم و در قسمت Minor tick details قسمت Interval عدد آن را روی ۵ متر تنظیم می کنیم. و روی OK کلیک می کنیم.

حال همان طور که مشاهده می کنید هر خانه (مربع) به سمت بالا یا پایین برابر ۵ متر ارتفاع و هر خانه به سمت راست یا چپ برابر ۵۰ متر مسافت یا همان طول مسیر است. این تنظیمات برای بهتر کردن دیدی که نسبت به مسیر و پروفیل طولی خیلی خوب است و بهتر است، انجام شود.

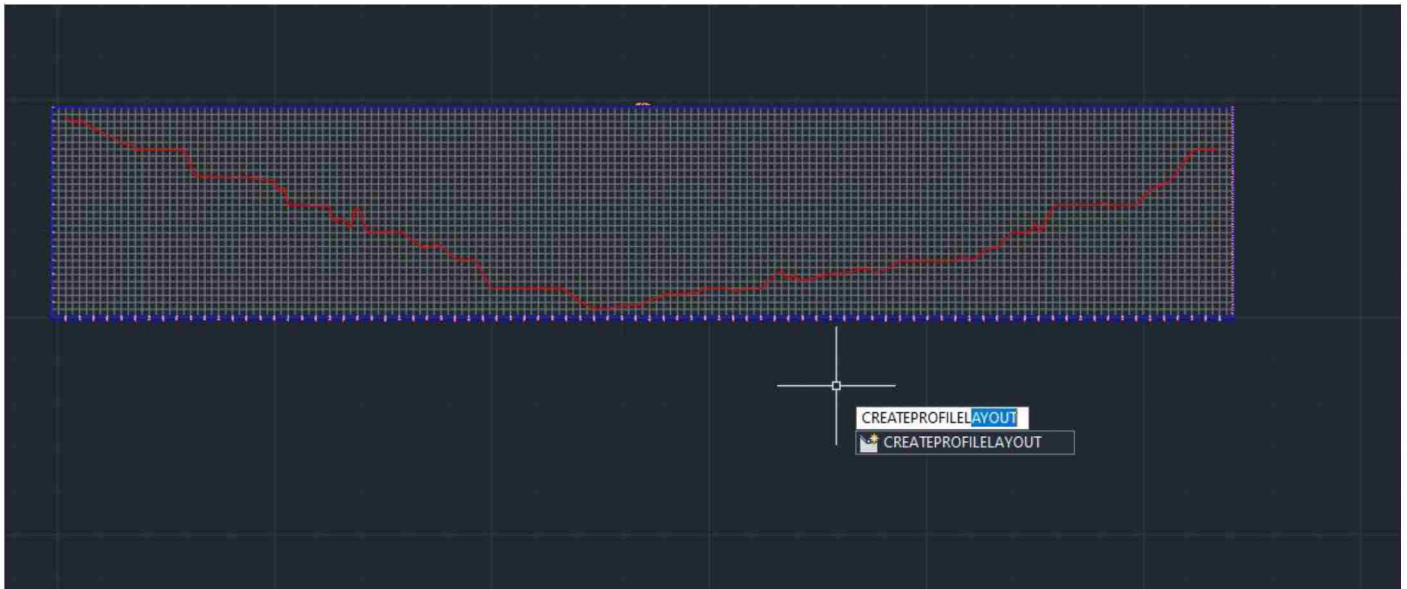


شکل (۳۰). شبکه بندی مناسب پروفیل طولی

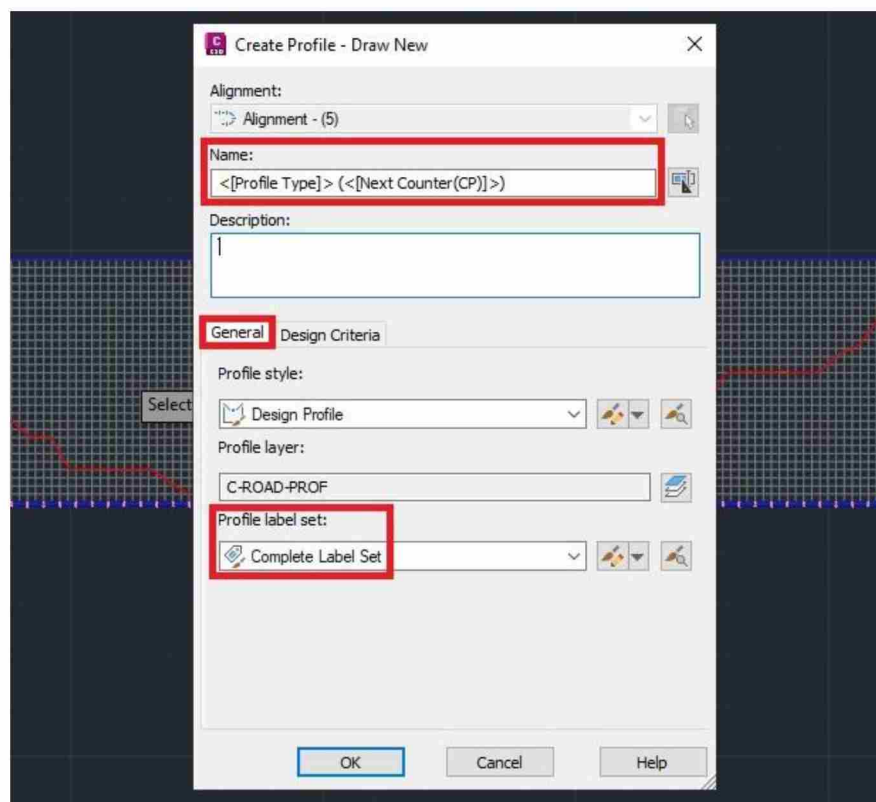


شکل (۳۱). پروفیل طولی دارای فرورفتگی های غیر معمول

در صورتی که پروفیل طولی تقریباً به شکل بالا شد و دارای فرورفتگی‌های غیر معمول بود این بخاطر وجود خطوط (کانتورهای) بدون ارتفاع است که در بخش مشکلات معمول قسمت ۲ راجع به حل آن توضیح داده شده است. برای شروع کردن رسم خط پروژه کافی است دستور **CREATEPROFILELAYOUT** را تایپ و **Enter** را بفشاریم و روی پروفیل طولی مورد نظر کلیک کنیم.

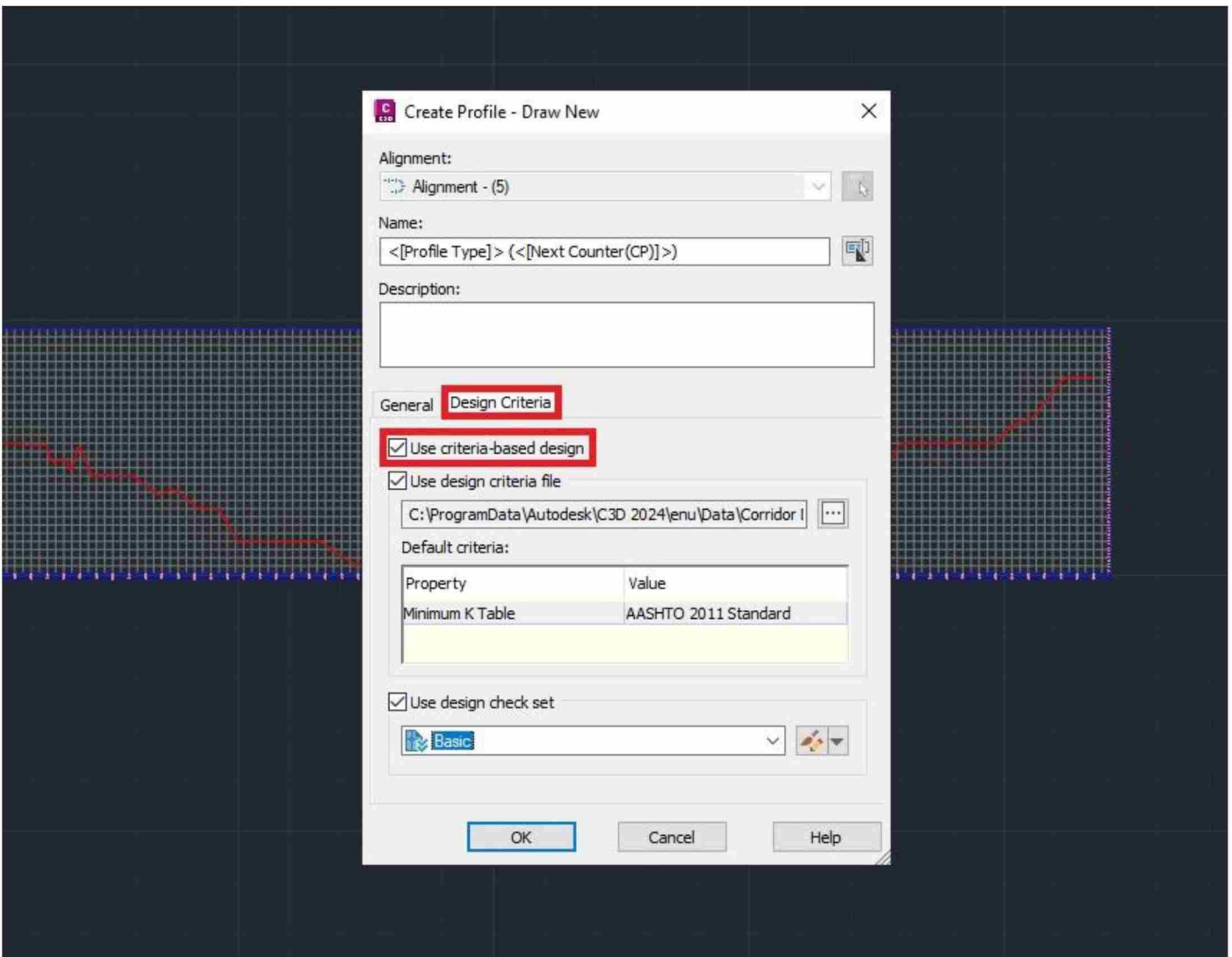


شکل (۳۲). پروفیل طولی دارای فرورفتگی‌های غیر معمول



شکل (۳۳). سربرگ General در پنجره رسم خط پروژه

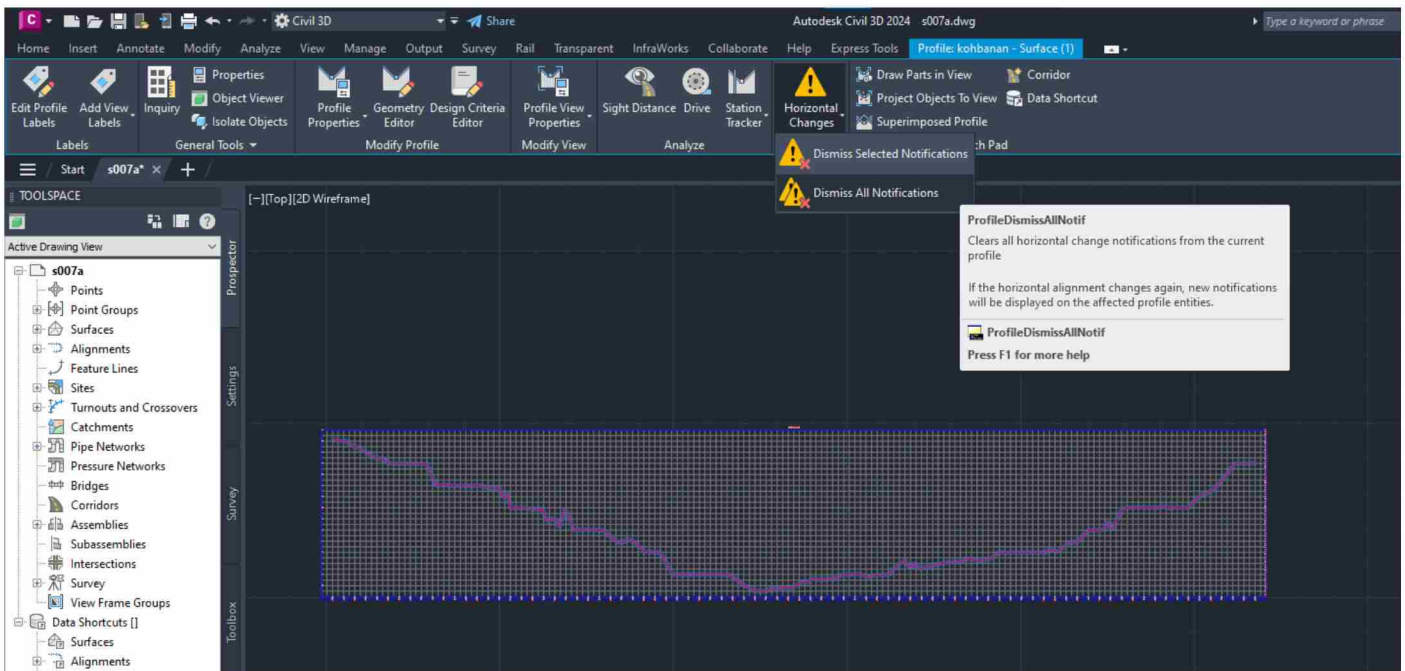
در پنجره ای که باز شده است، در قسمت دوم Name می توانیم نامی برای خط پروژه در نظر بگیریم یا اینکه دست نخورده رها کنیم تا به طور خودکار برنامه آن نام را انتخاب کند. در سربرگ General در نظر داشته باشید که Profile label set روی حالت Complete label set قرار داشته باشد. در سربرگ Design Criteria در قسمت use criteria-based design اگر تیک این گزینه را فعال کنید، بر اساس آیین نامه AASHTO و همچنین سرعت طرح و Minimum K Table یا همان حداقل شعاع که براساس سرعت طرح (به طور معمول ۱۰۰ کیلومتر در ساعت) تعیین می شود، می توان مکان هایی از مسیر حداقل K را رعایت نکرده شناسایی کرد و آن قسمت را تصحیح نمود.



شکل (۳۴). سربرگ Design Criteria در پنجره رسم خط پروژه

نکته ۱۲: خلاف قسمت Alignment در صورتی که، در قسمت use criteria-based design اگر تیک این گزینه را فعال کنید، گاهی اوقات علامت ارور بزرگی رو صفحه نمایش، نمایش می دهد که تا مسیر تصحیح نشود، از بین نمی رود ولی در صورت مشاهده کافی است، روی خط پروژه یا خط پروفیل طولی کلیک کنید و

از سربرگ بالا قسمت Horizontal Changes گزینه دوم Dismiss All Notification را انتخاب کنید. تا این ارور ها غیر فعال شوند.



شکل (۳۵). غیرفعال سازی ارور ها

نشریه ۳:

مسیر قائم

عوامل کنترل کننده ذیل در طراحی مسیرهای قائم باید در نظر گرفته شود:

موقعیت خط پروژه در نیمرخ عرضی

خط پروژه اغلب در محل محور راه (به منظور تأمین برابندی) طراحی میشود و رابطه آن با نیمرخ عرضی به شرح زیر است:

۱- در راههای جدا نشده، عموماً خط پروژه بر محور وسط راه منطبق است.

۲- در رابطها و اتصال دو آزادراه یا بزرگراه بهم، خط پروژه می تواند بر لبه سواره رو رابط، یا در صورت چند خطه بودن رابط، بر محور وسط رابط منطبق باشد.

۳- در راه های جداشده، با عرض میانه ۲۰ متر یا کمتر توصیه میشود که خط پروژه بر محور وسط میانه راه منطبق باشد. البته در موارد ذیل خط پروژه میتواند بر لبه سواره رو در کنار میانه منطبق باشد:

الف) دو لبه میانه که راهها در طرفین آن قرار دارد، در یک سطح باشد.

ب) دو راه طرفین میانه، در سطوح مختلف باشد.

پ) عرض میانه، غیر یکنواخت باشد.

شیب طولی

شیب طولی به شیب سطح تمام شده راه در امتداد مسیر گفته می شود. این شیب همان شیب طولی خط پروژه است و بطور عمده به وسیله پستی و بلندی، طبقه بندی عملکردی راه، قوس افقی، قدرت وسایل نقلیه سنگین، هزینه تملک حریم راه، ایمنی، فواصل دید، هزینه های ساخت راه و زهکشی، فرهنگ رانندگی و منظرآرایی کنترل می شود.

تخلیه آبهای سطحی بر تعیین شیب طولی راه اثر می گذارد. در مناطق هموار، شرایط عبور آبهای سطحی از یک سمت راه به سمت دیگر، غالباً تعیینکننده ارتفاع خط پروژه است. در نواحی تپه ماهور، شیب طولی متغیر و هماهنگ با پستی و بلندی زمین، هزینه ساخت را کم می کند، ولی در عین حال کاربرد آن، همیشه مطلوب نیست. در نواحی کوهستانی نیز موقعیت مسیر راه، تعیینکننده شیب طولی آن است. به هر حال، مقایسه فنی و اقتصادی شیب های طولی مختلف برای تعیین گزینه بهینه، ضروری است.

ازدید شیب طولی راه، معمولاً مشکلات زیر را به همراه دارد:

الف) کاهش سرعت حرکت وسایل نقلیه، به ویژه وسایل نقلیه سنگین در سربالایی

ب) کاهش گنجایش راه در سربالایی

پ) افزایش آلودگی (صدا و هوا) در سربالایی

ت) لغزش حرکت وسیله نقلیه در شیب در شرایط برف و یخبندان

ث) کاهش ایمنی تقاطعهای واقع در شیب

ج) افزایش احتمال تصادف

باتوجه به موارد بالا، باید از اعمال شیب طولی تند و طویل خودداری شود. حداکثر شیب طولی بسته به شرایط پستی و بلندی منطقه و سرعت طرح، برای راه ها در جداول زیر آورده شده است. همچنین حداقل مطلق و مطلوب شیب طولی با توجه به ضرورت تخلیه سطح روسازی، جدول و آبرو کناری از آب بارندگی در جدول زیر آمده است.

جدول (۶). حداکثر شیب طولی برای آزادراهها، بزرگراهها و راههای اصلی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)						نوع منطقه
۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	
حداکثر شیب طولی						
۳	۳	۳	۴	۴	۴	هموار*
—	۴	۴	۵	۵	۵	تپه ماهور*
—	—	۵	۶	۶	۶	کوهستانی**

جدول (۷). حداقل شیب طولی در انواع راه

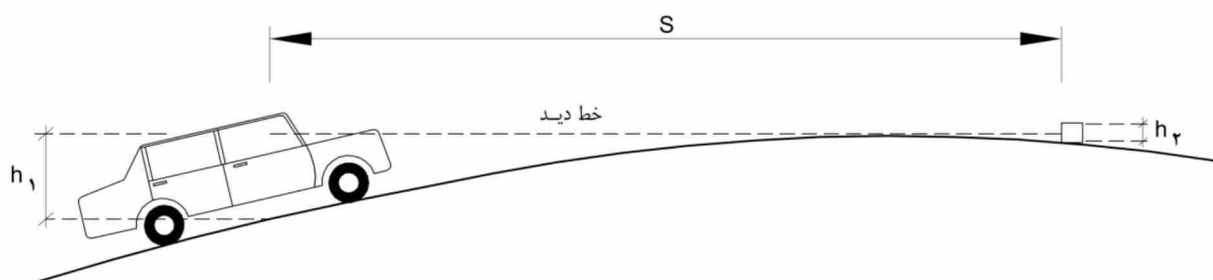
حداقل شیب طولی (درصد)		وضعیت
مطلوب	مطلق	
۰/۵	۰/۳	وجود جدول در کناره راه
۰/۳	۰/۲	عدم وجود جدول در کنار راه

قوس قائم (خم)

تغییر شیب طولی، به صورت تدریجی و به وسیله قوس قائم انجام میشود. این قوس قائم، تأمینکننده مسافت دید کافی، تخلیه مناسب آب سطحی، ایمنی، آسایش راننده و زیبایی ظاهر راه خواهد بود. چنانچه مقدار تغییر شیب طولی ۰.۵ درصد یا کمتر باشد، قرار دادن قوس قائم در محل تغییر شیب ضروری نیست.

تعیین طول قوس قائم گنبدی (قوس برآمده)

طول قوس قائم گنبدی باید به اندازه های باشد که حداقل فاصله دید برای راننده وسیله نقلیه فراهم شود.



شکل (۳۶). محدودیت دید در قوس قائم گنبدی

جدول (۸). مقادیر حداقل K برای قوس قائم گنبدی برای فاصله دید توقف

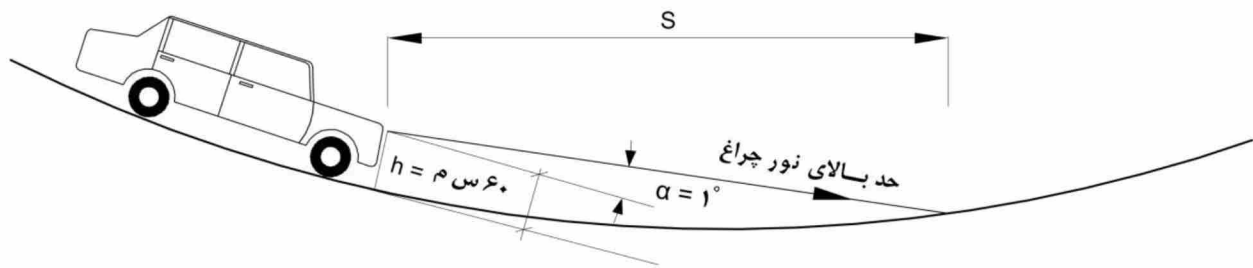
سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید توقف (متر)	میزان انحنای قائم طرح (k)
۲۰	۲۰	۱
۳۰	۳۵	۲
۴۰	۵۰	۴
۵۰	۶۵	۷
۶۰	۸۵	۱۱
۷۰	۱۰۵	۱۷
۸۰	۱۳۰	۲۶
۹۰	۱۶۰	۳۹
۱۰۰	۱۸۵	۵۲
۱۱۰	۲۲۰	۷۴
۱۲۰	۲۵۰	۹۵
۱۳۰	۲۸۵	۱۲۴

جدول (۹). مقادیر حداقل K برای قوس قائم گنبدی برای فاصله دید سبقت

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید سبقت (متر)	میزان انحنای قائم طرح (k)
۳۰	۲۰۰	۴۶
۴۰	۲۷۰	۸۴
۵۰	۳۴۵	۱۳۸
۶۰	۴۱۰	۱۹۵
۷۰	۴۸۵	۲۷۲
۸۰	۵۴۰	۳۳۸
۹۰	۶۱۵	۴۳۸
۱۰۰	۶۷۰	۵۲۰
۱۱۰	۷۳۰	۶۱۷
۱۲۰	۷۷۵	۶۹۵
۱۳۰	۸۱۵	۷۶۹

تعیین طول قوس قائم کاسه ای (قوس فرورفته)

قوس قائم کاسه ای در روز به علت وجود روشنایی کافی، دید راننده را محدود نمی کند. اما در تاریکی، فاصله های که توسط نور چراغهای وسایل نقلیه در این قوس قائم روشن می شود، محدود است.



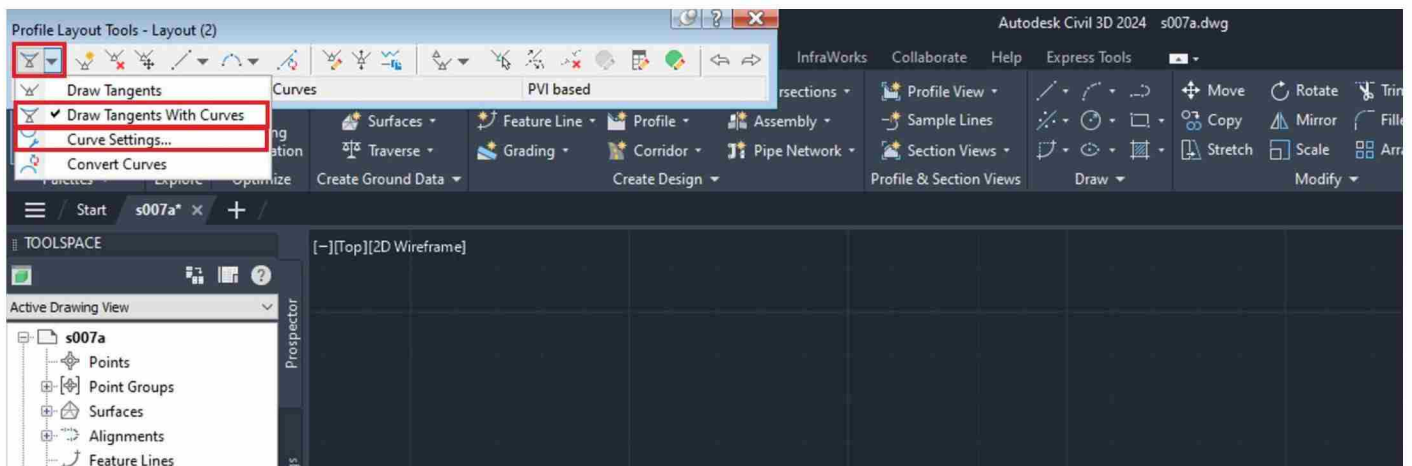
شکل (۳۷). محدودیت دید در قوس قائم کاسه ای و در تاریکی شب

جدول (۱۰). مقادیر حداقل K برای قوس قائم کاسه ای

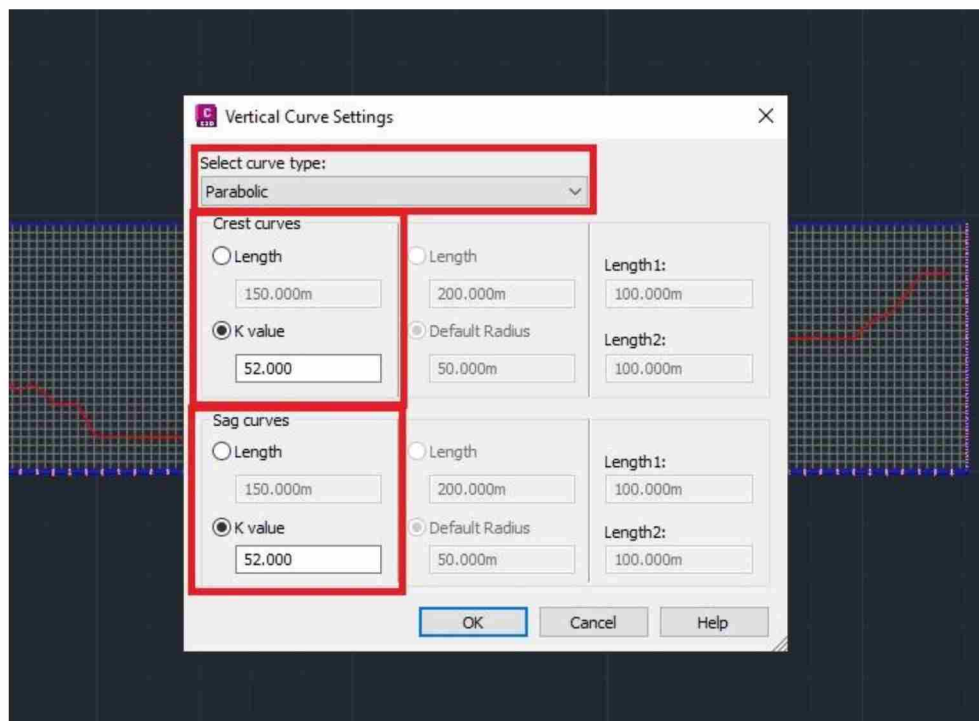
سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	فاصله دید توقف (متر)	میزان انحنای قائم طرح (k)
۲۰	۲۰	۳
۳۰	۳۵	۶
۴۰	۵۰	۹
۵۰	۶۵	۱۳
۶۰	۸۵	۱۸
۷۰	۱۰۵	۲۳
۸۰	۱۳۰	۳۰
۹۰	۱۶۰	۳۸
۱۰۰	۱۸۵	۴۵
۱۱۰	۲۲۰	۵۵
۱۲۰	۲۵۰	۶۳
۱۳۰	۲۸۵	۷۳

طبق مطالب گفته شده حداقل شیب قائم ۰.۵ درصد و حداکثر ۶ درصد برای مسیرهای کوهستانی است. همچنین حداقل مقدار K ۵۲ است، تا بتوان ایمنی حداقلی برای توقف را در قوس های قائم تامین کرد.

حال برای رسم خط پروژه به کمک پنجره ای که باز شده است دو راه داریم، یک راه دستی و یک راه خودکار که تقریباً شبیه همان دو روش قسمت Alignment است. برای رسم خط پروژه به روش خودکار از زبانه قسمت اول گزینه دوم Draw Tangents With Curve را انتخاب می کنیم. ولی برای اینکه مقدار K رعایت شود در گزینه دوم Curve Settings قسمت های K value را فعال و آن را طبق نشریه ۴۱۵ تغییر می دهیم تا حداقل فاصله دید توقف رعایت شود.

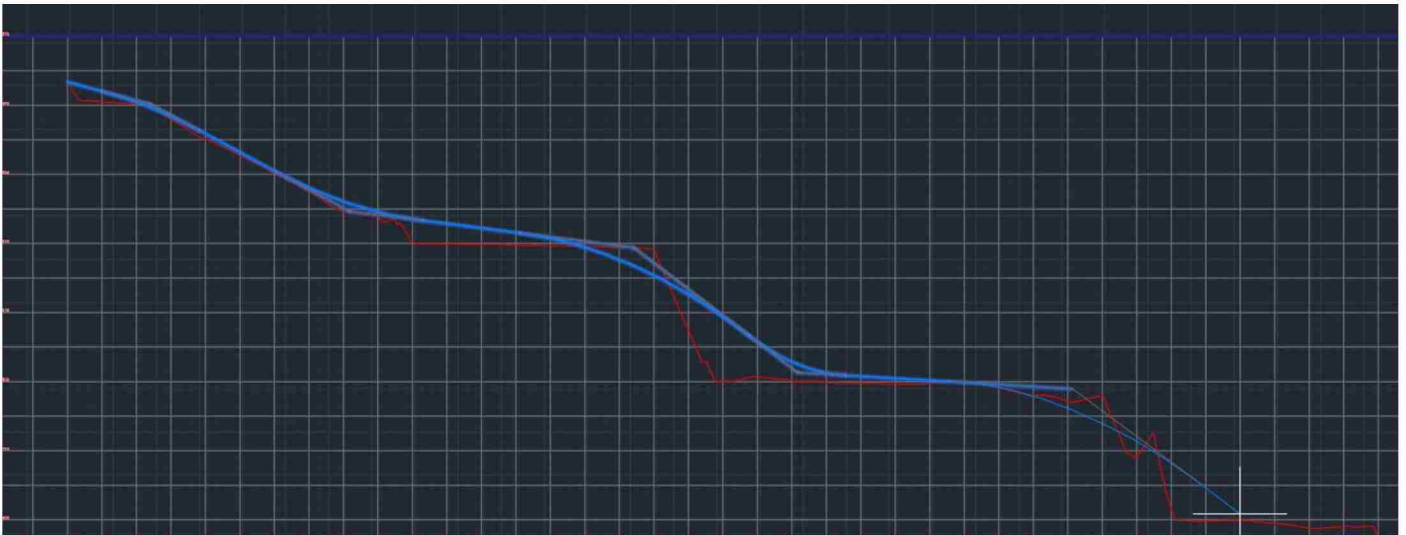


شکل (۳۸). رسم خودکار خط پروژه در پنجره Profile Layout Tools



شکل (۳۹). پنجره Vertical Curve Settings

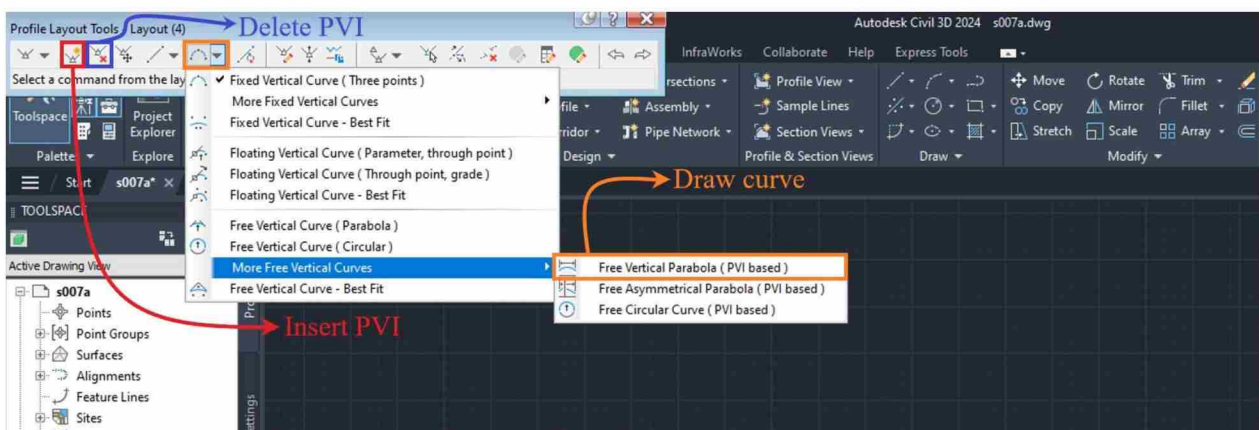
حال گزینه دوم Draw Tangents With Curve را انتخاب می کنیم و از چپ به راست پروفیل طولی شروع به رسم خط پروژه می کنیم.



شکل (۴۰). رسم خط پروژه به روش خودکار

در روش دستی در پنجره Profile Layout Tools برای **اضافه کردن شکستگی از گزینه دوم از چپ Insert PVI را انتخاب می کنیم** و ابتدا در اول و آخر خط پروفیل طولی کلیک کرده و سپس با کلیک کردن بیشتر میان آنها شکستگی ایجاد می شود و بسته به نیاز می توان تعداد شکستگی ها را با کلیک کردن در محل های مناسب تامین کنیم و در آخر Enter را بزنیم. در صورتی که بخواهیم از این شکستگی ها بکاهیم و چندی از آنها را حذف کنیم، کافی است، گزینه دوم از چپ Delete PVI را انتخاب کنیم و جاهایی که می خواهیم حذف کنیم کلیک کنیم.

حال برای تبدیل این شکستگی ها به قوس قائم روی زبانه گزینه ششم از چپ کلیک و روی گزینه دوم از آخر More Free Vertical Curve را باز کرده و گزینه اول (Free Vertical Parabola (PVI Based) را انتخاب کنیم. حال روی شکستگی ها کلیک کرده K را تایپ می کنیم و مقدار K را وارد و Enter می زنیم.

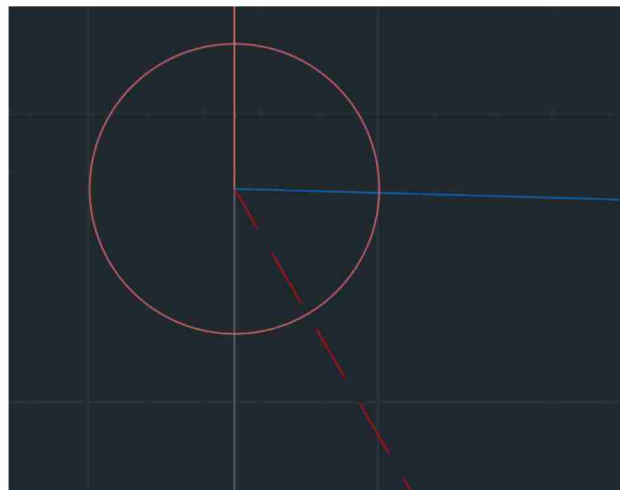


شکل (۴۱). رسم دستی خط پروژه در پنجره Profile Layout Tools



شکل (۴۲). رسم خط پروژه به روش دستی ابتدا در اول و آخر

نکته ۱۳: دقت داشته باشید برای اینکه در قسمت منحنی بروکنر دچار مشکل نشوید حتما محل شروع خط پروژه و خط پروفیل طولی و محل پایان خط پروژه و خط پروفیل طولی به هم متصل باشند برای اطمینان در این عمل کافی است از Snap mode را فعال کنید، که با کلید F3 به راحتی فعال و غیر فعال می شود.



شکل (۴۳). اتصال درست شروع خط پروژه و خط پروفیل طولی

نکته ۱۴: در صورتی بعد از ساخت خط پروژه به تغییر مسیر اقدام کنید به دلیل کوتاه و یا بلند تر شدن مسیر در محل پایان خط پروژه و خط پروفیل طولی جا به جایی هایی صورت بگیرد و باید خط پروژه تنظیم گردد.

نکته ۱۵: برای دیدن جدول Profile شیب ها و قوس های قائم کافی است در پنجره Profile Layout Tools اولین گزینه سمت راست را انتخاب کنیم تا به ما نمایش داده شود.

نکته ۱۶: قوس قائم و افقی نباید باهم تداخل داشته باشند مگر اینکه ۱- باهم شروع شوند ۲- یکی پایان یابد و بعد از آن یکی شروع شود

در غیر از این دو حالت تداخل قوس قائم و افقی باعث مشکل در مسیر می شود.

طراحی مقطع عرضی (Assembly)

برای طراحی مقطع عرضی در Civil 3D در این دستور العمل فقط نمونه ای از مسیر دو خطه طراحی می شود، اما لازم به ذکر است که بقیه حالات فقط دارای شیب ها و طول های متفاوت اجزای یک مقطع عرضی مسیر هستند و بطور کلی تا زمانی که نیاز های مسیر مانند حجم ترافیک عبوری، میزان رشد ترافیک در ده سال آیند، نوع خودرو های عبوری و... برطرف شود و مقطع عرضی جوابگوی این نیاز باشد، یک مسیر کارا و قابل قبولی خواهیم داشت.

برای طراحی یک مقطع عرضی باید حدود طول و شیب اجزاء مقطع عرضی که در جدول زیر آمده است را در نظر داشته باشید. دو مورد لازم به ذکر است، که این جدول طبق نشریه ۴۱۵ تدوین شده و فقط اعداد قرمز طبق نظر و تجربه شخصی است و می تواند فرق داشته باشد. مورد بعد اینکه، شیب اجزاء مقطع عرضی بسته به نوع خاک و آب و هوای منطقه (میزان بارش) می تواند متفاوت باشد، پس توصیه می شود که فصل ششم نشریه ۴۱۵ حتما مطالعه شود.

جدول (۱۱). حدود طول و شیب اجزاء مقطع عرضی

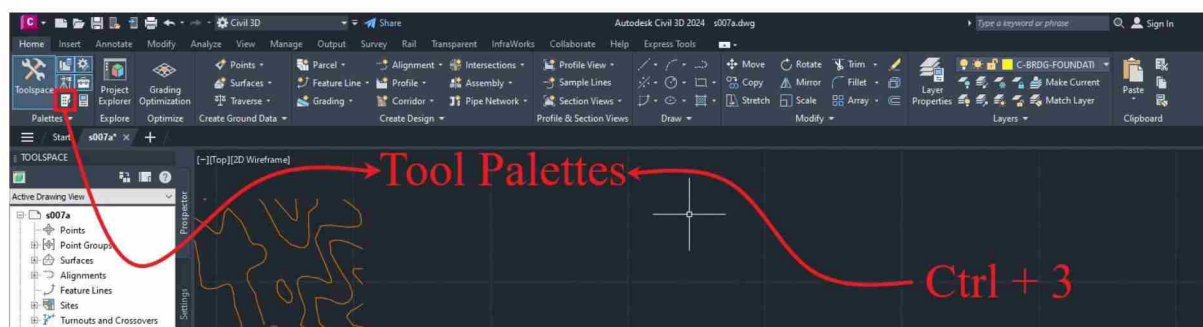
شیب (درصد)			طول (متر)			جزء مقطع عرضی
حداکثر	مطلوب	حداقل	حداکثر	مطلوب	حداقل	
۲.۵	۲	۰.۵	۴	۳.۶۵	۳.۵	سواره رو (یک خط)
۶	۵	۴	۲	۱.۵	۰.۵	شانه
۵	۴	۱.۵	۱	۰.۵	۰	جوی
۱۰	۲.۵	۱.۵	۲۶.۶	۷.۶	۰.۸	میانه (در صورت وجود)
۳۳.۳۳	۲۰	۱۶.۶۶	۱۵	۱۰	۶	شیروانی خاکبرداری
۳۳.۳۳	۲۰	۱۶.۶۶	۱۵	۱۰	۶	شیروانی خاکریزی

بحث دیگری که در طراحی یک مقطع عرضی باید مورد بررسی قرار بگیرد، بحث روسازی راه است. در برنامه Civil 3D بحث روسازی و مواد مورد استفاده در روسازی بسیار مورد توجه قرار گرفته و حتی امکان محاسبه مصالح مورد استفاده را نیز به ما می دهد، اما در این پروژه فقط به اندازه های روسازی بسنده می کنیم.

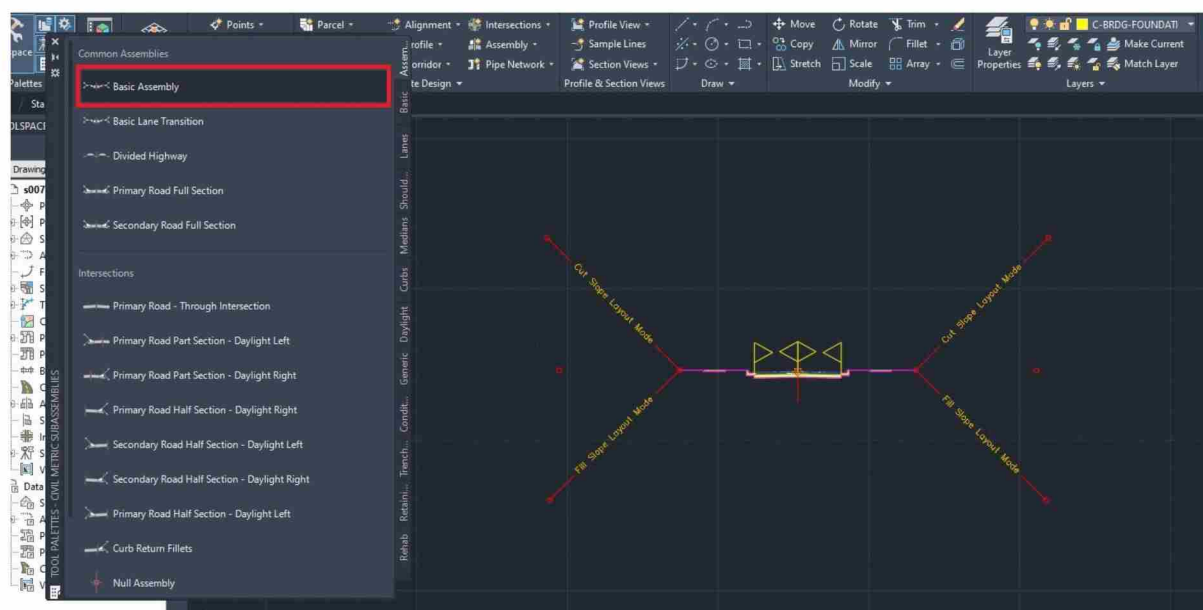
جدول (۱۲). ضخامت لایه های روسازی مقطع عرضی

ضخامت (میلیمتر)			
ضخامت لایه روسازی	حداقل	مطلوب	حداکثر
توپکا	۵۰ باهم	۵۰	۱۰۰
بیندر		۵۰	۱۰۰
اساس	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
زیر اساس	۱۵۰	۳۰۰	۵۰۰

حال با استفاده از جداول بالا به طراحی مقطع عرضی در برنامه Civil 3D می پردازیم. محلی را برای طراحی مقطع عرضی انتخاب می کنیم. سپس باید Tool Palettes را از قسمت Palettes و یا اینکه $Ctrl + 3$ را فشار دهیم.

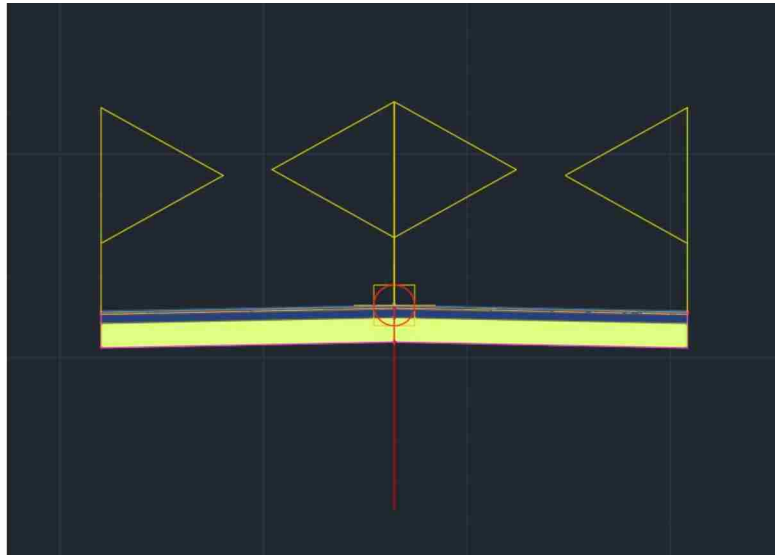


شکل (۴۴). باز کردن Tool Palettes



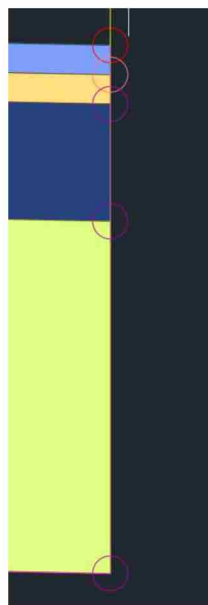
شکل (۴۵). اتصال درست شروع خط پروژه و خط پروفیل طولی

بعد از باز شدن Tool Palettes از قسمت Common Assemblies اولین گزینه Basic Assembly را انتخاب و روی صفحه کلیک می کنیم و بعد کلید ESC را فشار می دهیم. طبق شکل پایین قسمت هایی که قرار نیست استفاده کنیم را پاک می کنیم و قطعات کوچک دلخواه را یکی یکی اضافه می کنیم.

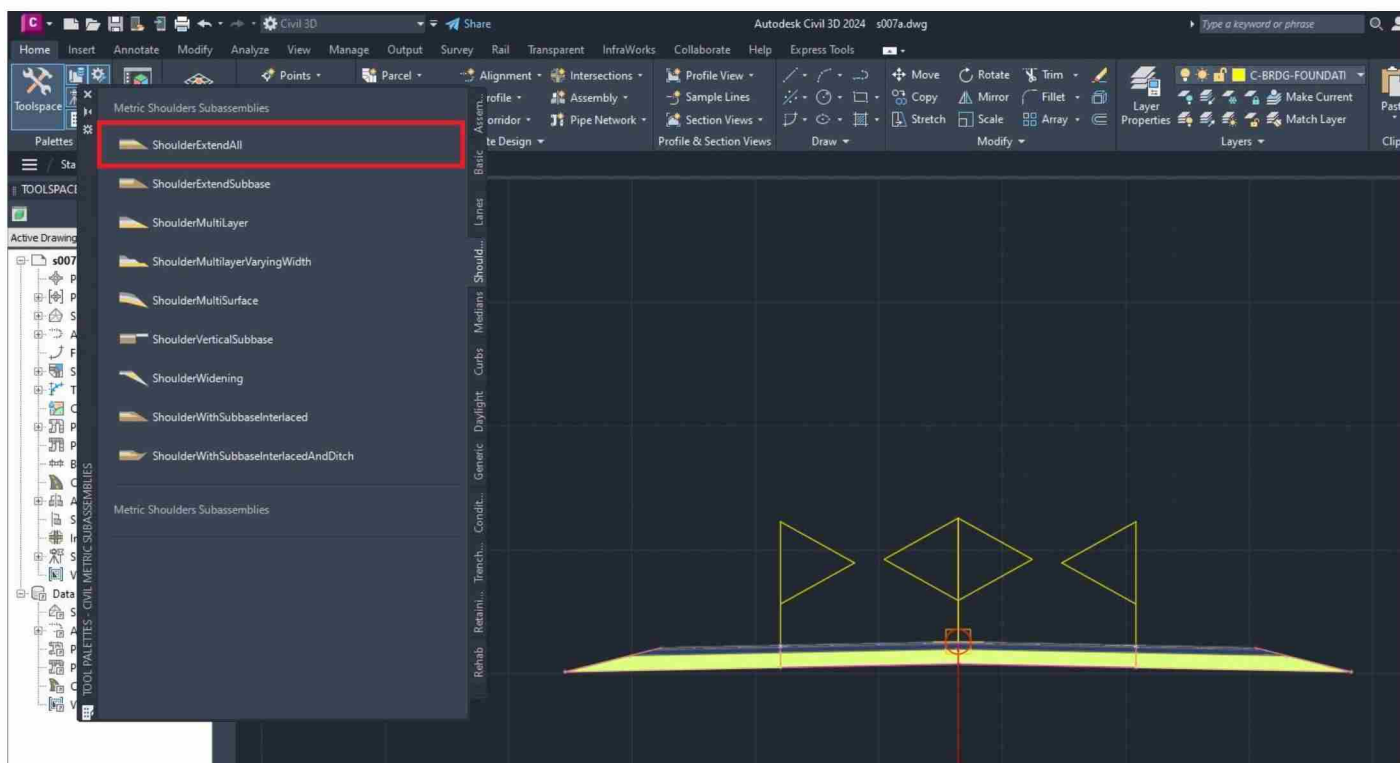


شکل (۴۶). قسمتی از Assembly که قرار است استفاده شود

دقت داشته باشید برای اضافه کردن قسمت های جدید از Tool Palettes باید بعد از انتخاب آن ها درون یکی از دایره های کنار Assembly مورد طراحی اضافه کرد تا به قسمت اصلی بچسبند. حال از قسمت Metric Shoulders Subassemblies برای انواع شانه ها اولین گزینه Shoulder Extend All را انتخاب می کنیم و دو طرف Assembly در بالا ترین دایره اضافه می کنیم.

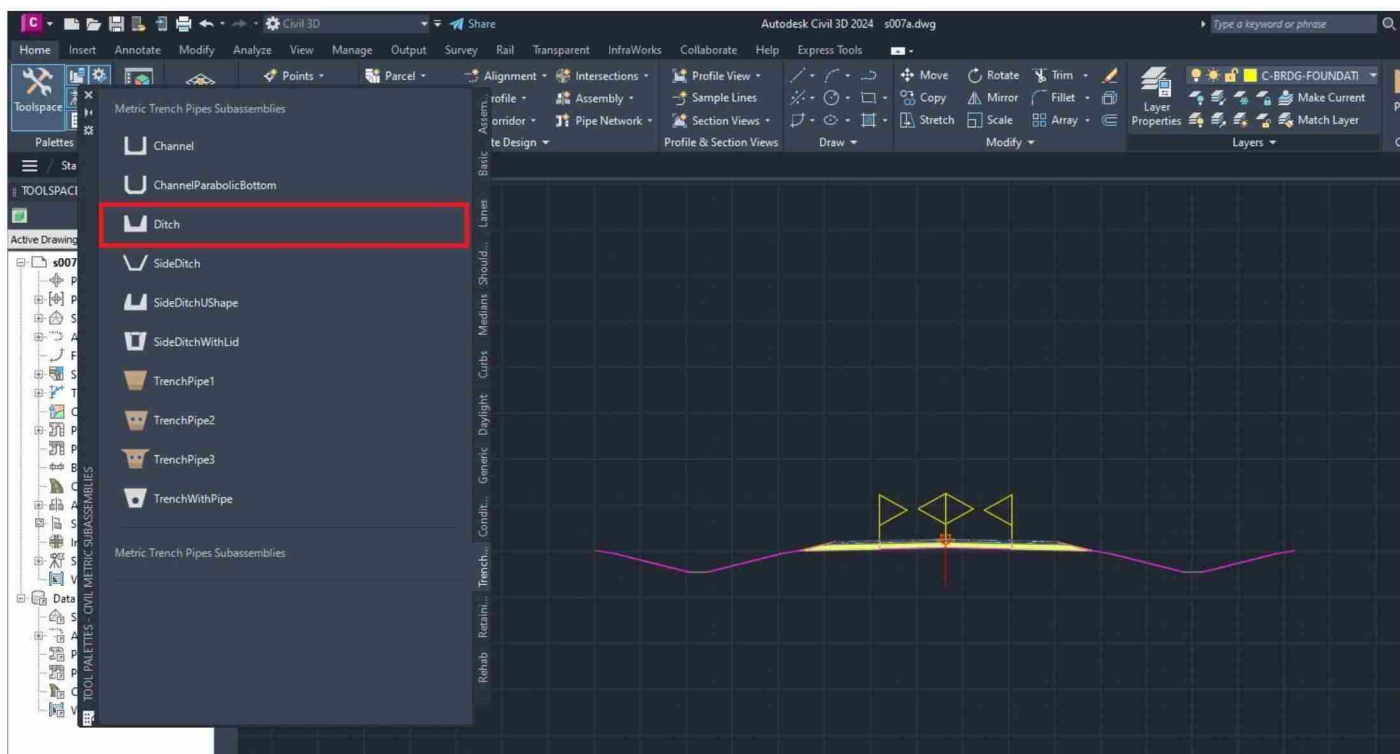


شکل (۴۷). قسمتی از Assembly که قرار است استفاده شود



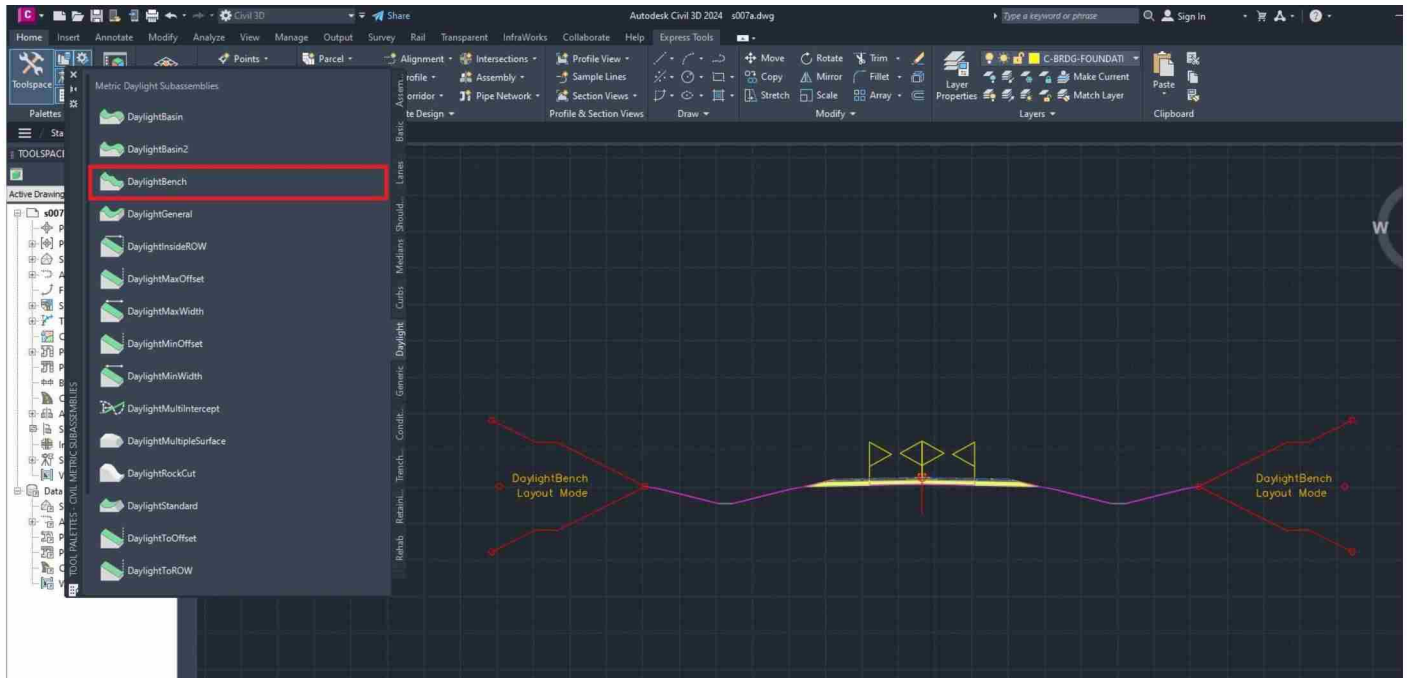
شکل (۴۸). اضافه کردن شانه راه Assembly

حال از قسمت Metric Trench Pipes Subassemblies برای انواع کانال و جوی عبور آب سومین گزینه Ditch را انتخاب می کنیم و دو طرف Assembly در دایره اضافه می کنیم.



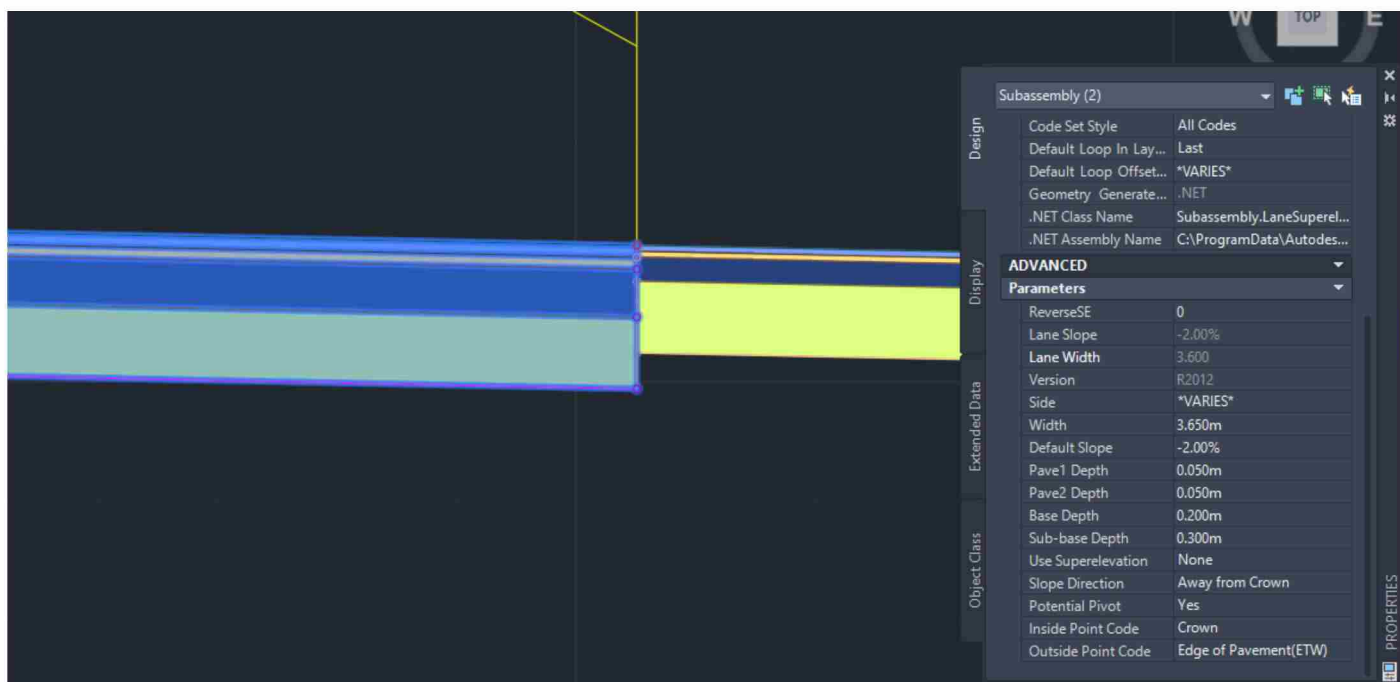
شکل (۴۹). اضافه کردن جوی Assembly

حال از قسمت Metric Daylight Subassemblies برای انواع شیروانی خاکبرداری و خاکریزی سومین گزینه Daylight Bench را انتخاب می کنیم و دو طرف Assembly در دایره اضافه می کنیم تا شیروانی خاکبرداری و خاکریزی پلکانی اضافه شود.

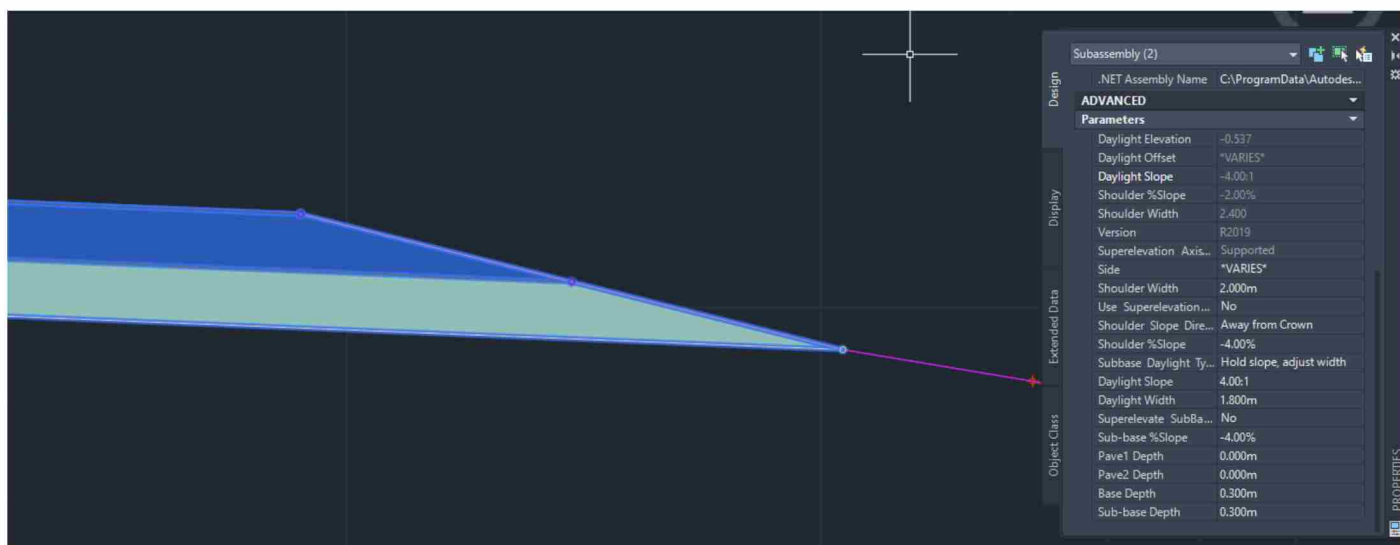


شکل (۵۰). اضافه کردن شیروانی خاکبرداری و خاکریزی پلکانی Assembly

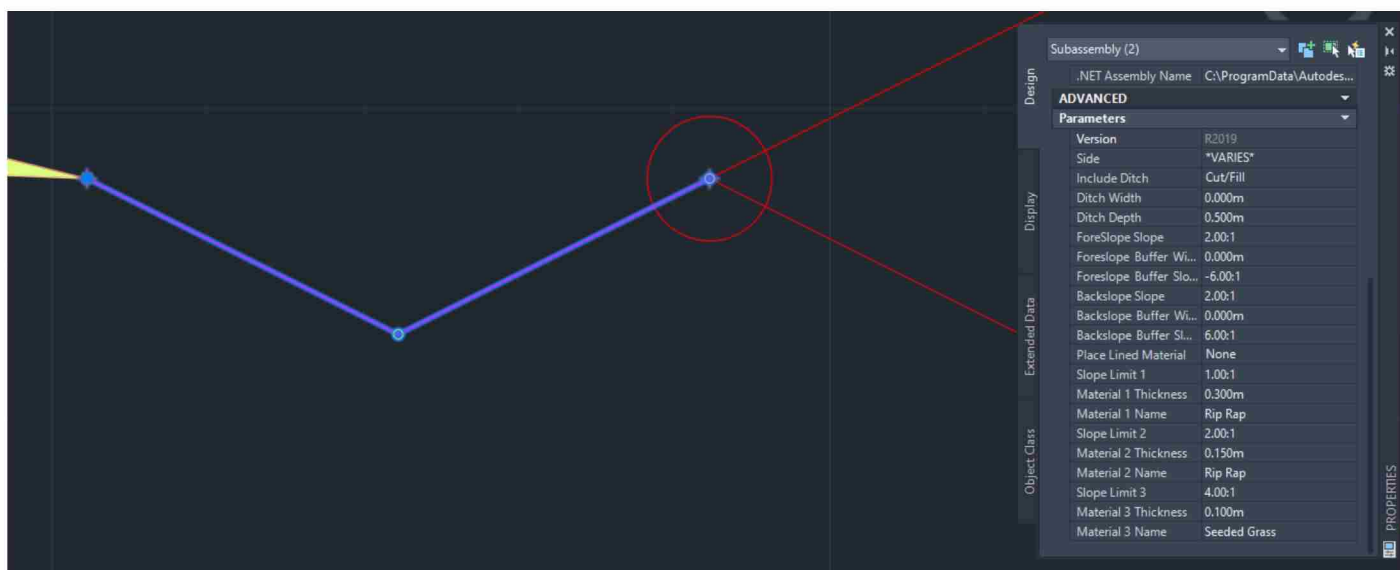
حالا اندازه های این اجزاء را تنظیم می کنیم. برای این کار لازم است Tool Palettes را ببندیم و Properties را با $Ctrl + 1$ باز می کنیم حال هر جزء سمت راست و چپ را باهم انتخاب می کنیم (یعنی مثلا شانه سمت راست و چپ را باهم انتخاب می کنیم). ابتدا به سراغ سواره رو می رویم.



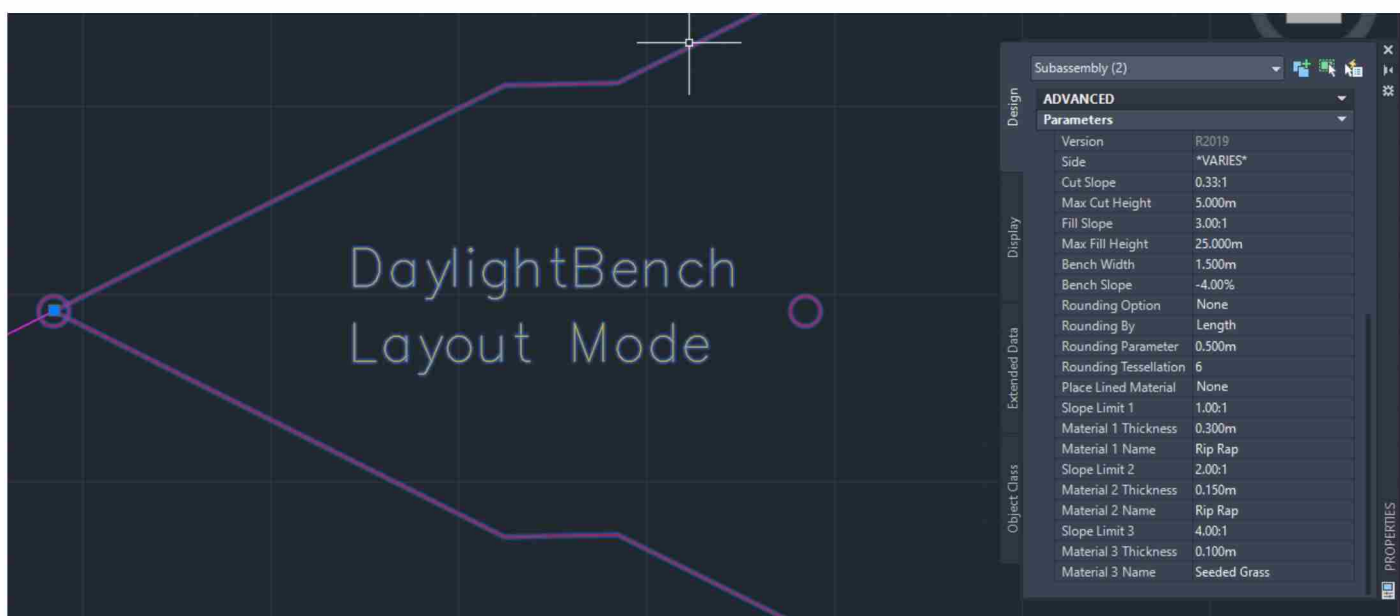
شکل (۵۱). تنظیمات سواره رو Assembly



شکل (۵۲). تنظیمات شانه Assembly



شکل (۵۳). تنظیمات جوی Assembly



شکل (۵۴). تنظیمات شیروانی خاکبرداری و خاکریزی پلکانی Assembly

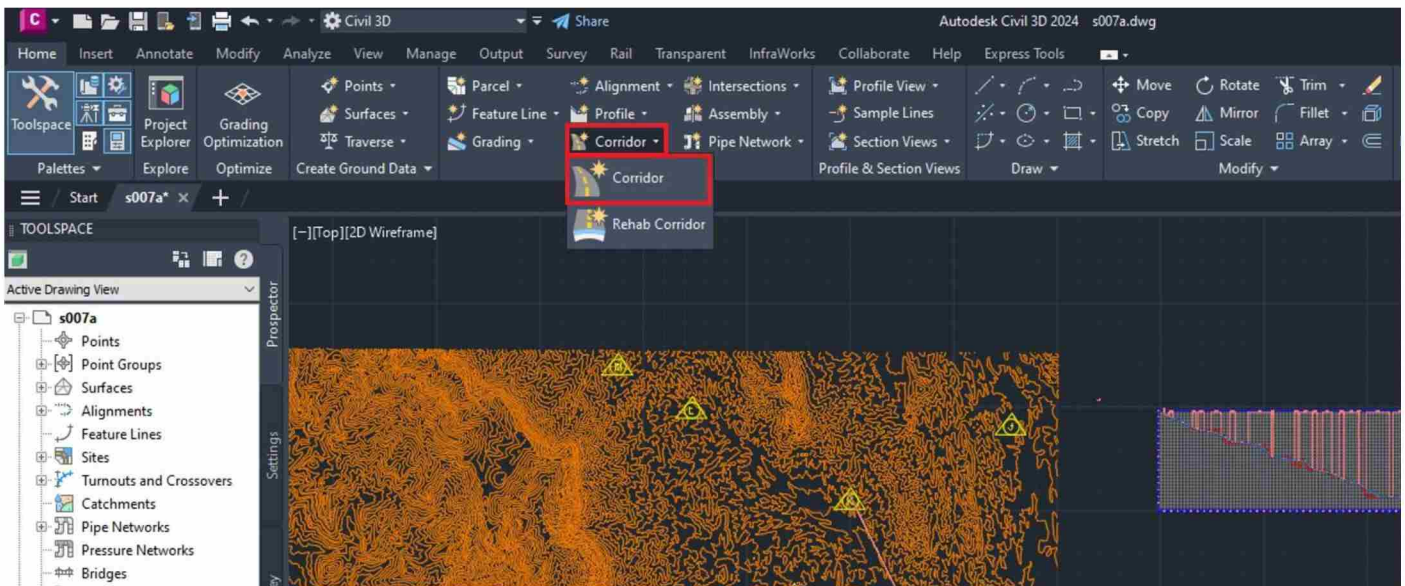
کافی است که تنظیمات هر جزء را طبق شکل های بالا انجام دهید تا طراحی مقطع عرضی قابل قبولی داشته باشید. در صورتی که فکر می کنید قسمتی می تواند بهتر از حالت فعلی باشد و یا حتی اگر می خواهید اجزای مختلف دیگری را نیز می توانید اضافه و یا تغییر دهید و تا زمانی که این تغییرات در بازه مشخص شده باشد مشکلی پیش نخواهد آمد.



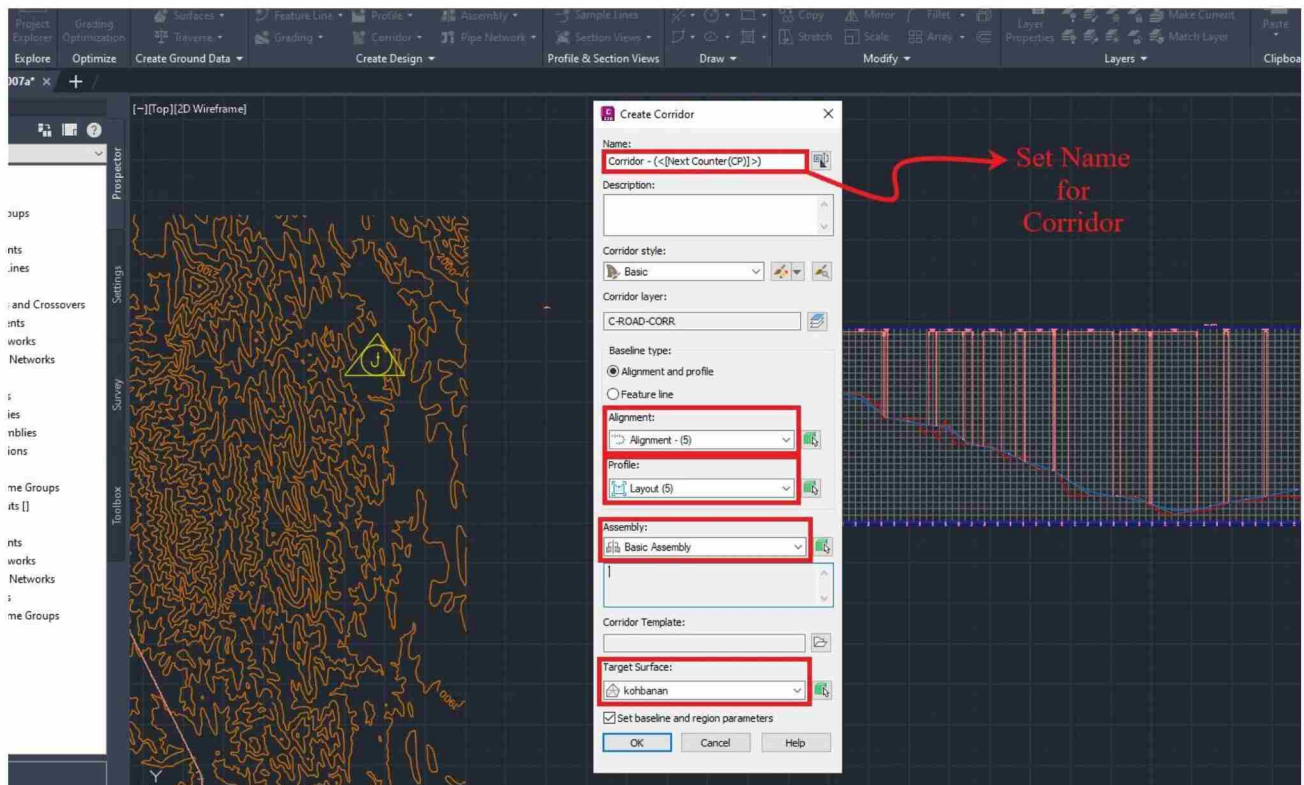
۴۹

سطح توپوگرافی مسیر راه (Corridor)

Corridor یک سطح توپوگرافی مسیر راه است که برای Alignment بر اساس خط پروژه پروفیل طولی ساخته می شود و سطح مخصوص توپوگرافی مسیر راه است. برای ساخت آن کافی است، در سربرگ Home روی Corridor کلیک کرده اولین گزینه Corridor را انتخاب می کنیم.



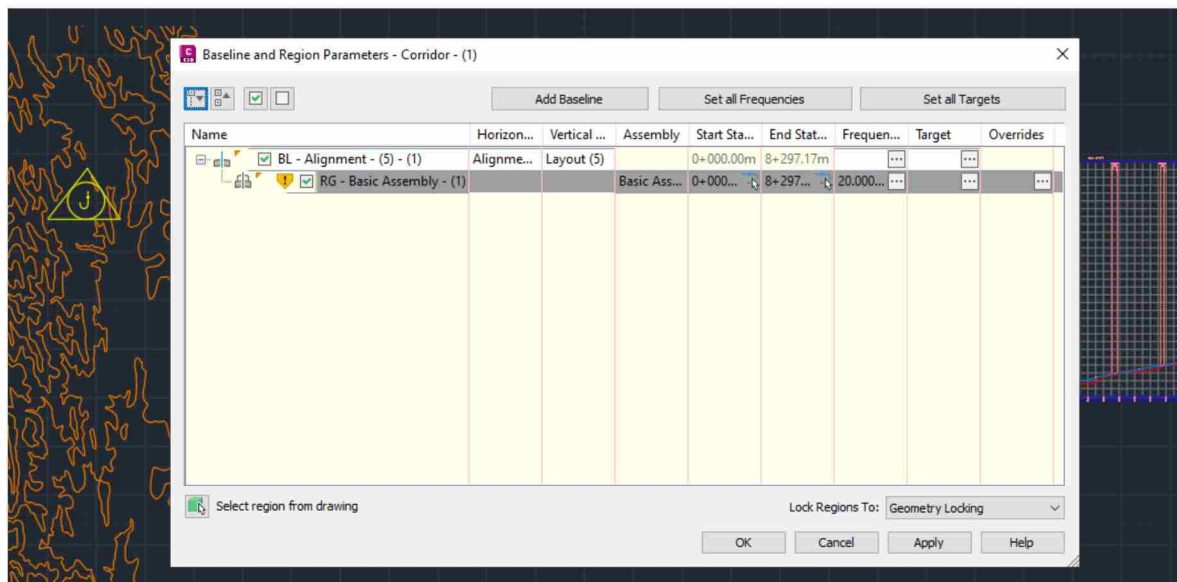
شکل (۵۶). ساخت Corridor



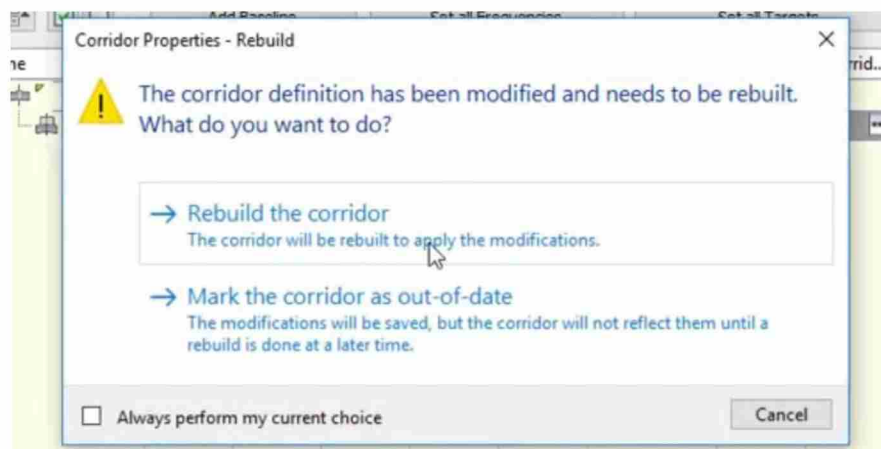
شکل (۵۷). پنجره Create Corridor

پنجره Create Corridor که باز شد در قسمت Name می توانیم نامی برای آن انتخاب کنیم. در چهار قسمت Alignment, Profile, Assembly, Target Surface برای مسیری که می خواهیم در آن Corridor بسازیم باید این چهار قسمت مربوط به هم باشند (یعنی اینکه پروفیل طولی بر اساس مسیر راه و سطح ساخته شده باشد و این قسمت های نامتناقض باشند به خصوص زمانی که چند مسیر در یک فایل وجود دارد) در غیر این صورت در مراحل بعدی به مشکل خواهیم خورد. در آخر روی OK کلیک می کنیم.

پنجره ای باز می شود و کافی است روی OK کلیک کرده تا پنجره دیگری باز شود روی Rebuild Corridor کلیک می کنیم تا Corridor ساخته شود و می توانیم اثرات آن را روی Alignment ببینیم که برای خاکبرداری قرمز و برای خاکریزی سبز رنگ است.

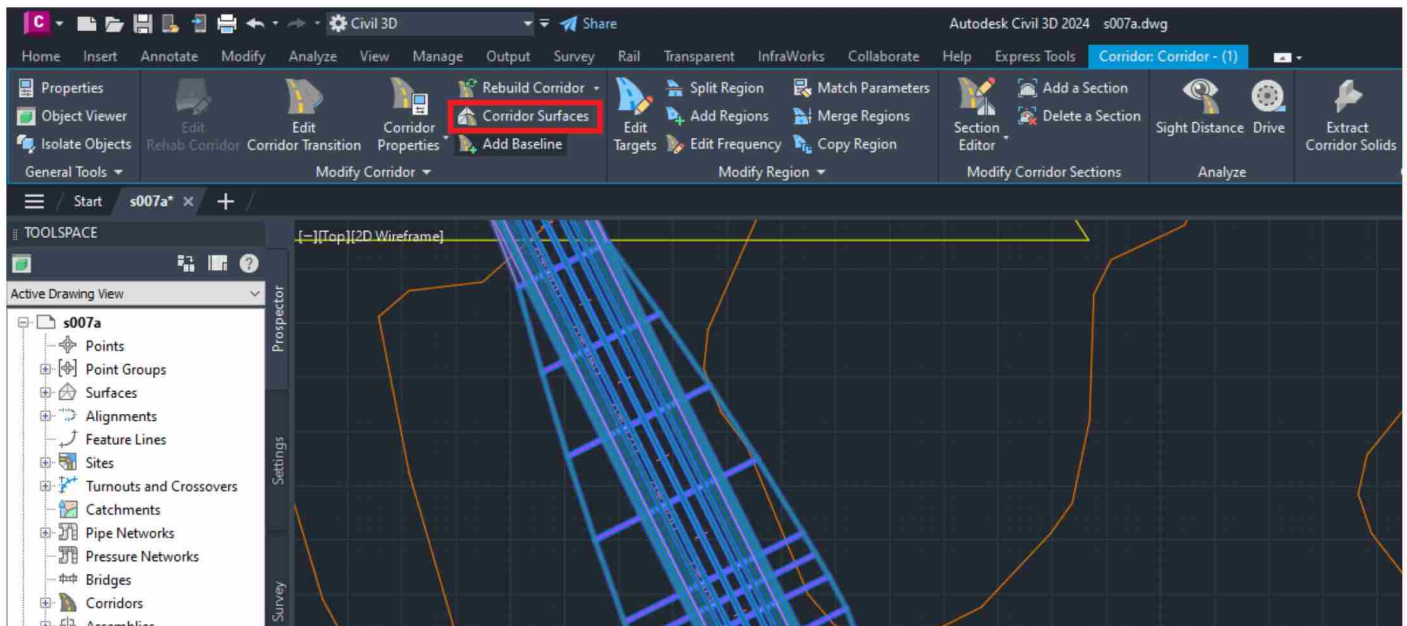


شکل (۵۸). بعد از پنجره Create Corridor

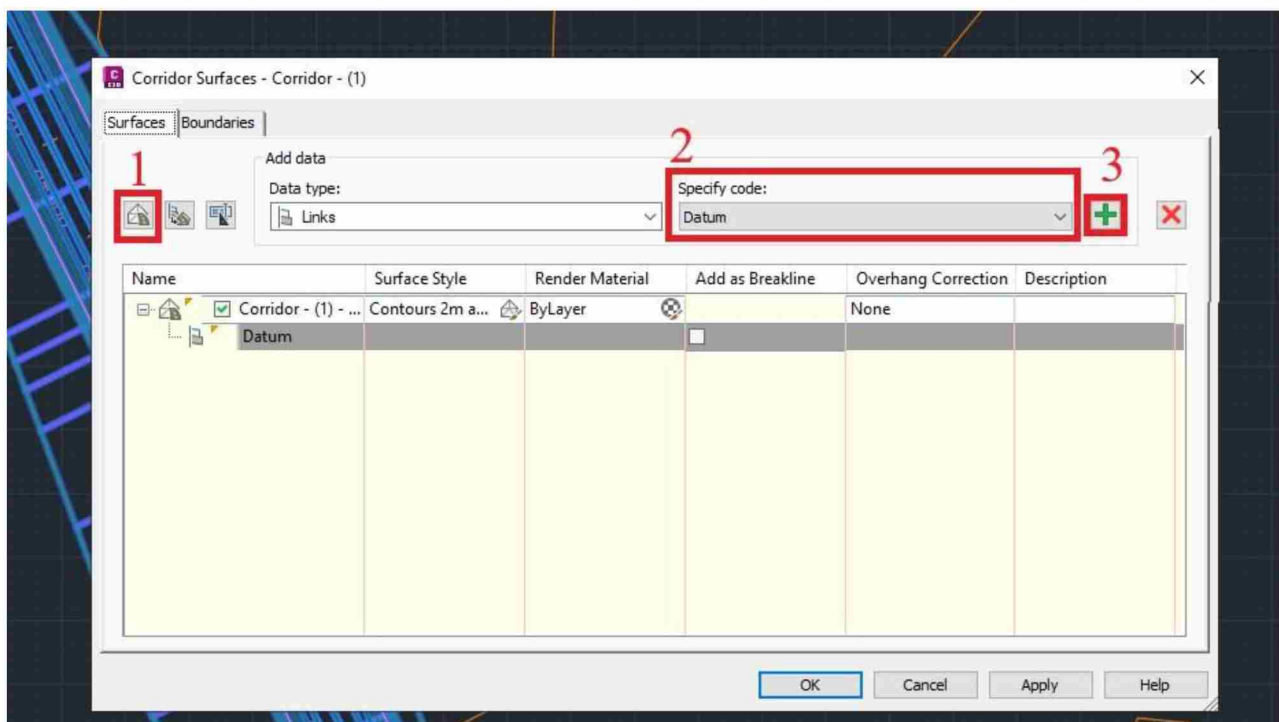


شکل (۵۹). پنجره Rebuild Corridor

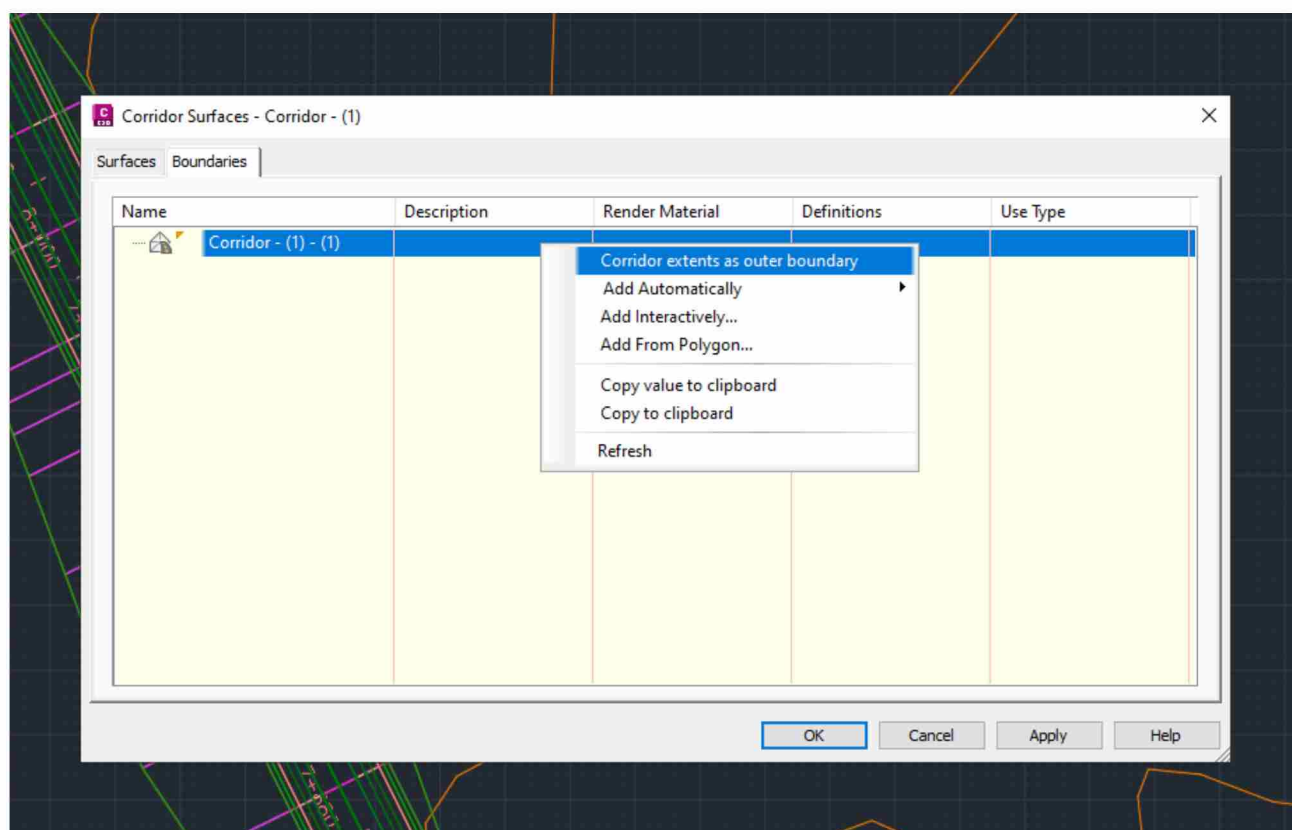
در ادامه کار روی Corridor کلیک و آن را انتخاب کرده و قسمت Corridor Surfaces را انتخاب می کنیم. سپس در پنجره ای که باز می شود در سربرگ Surfaces به صورت شکل (۵۶) عمل می کنیم. در سربرگ Boundaries روی Corridor ایجاد شده کلیک راست کرده و اولین گزینه را انتخاب می کنیم. روی OK کلیک کرده تا پنجره دیگری باز شود روی Rebuild Corridor کلیک می کنیم تا Corridor کاملاً ساخته شود.



شکل (۶۰). پنجره Corridor Surfaces



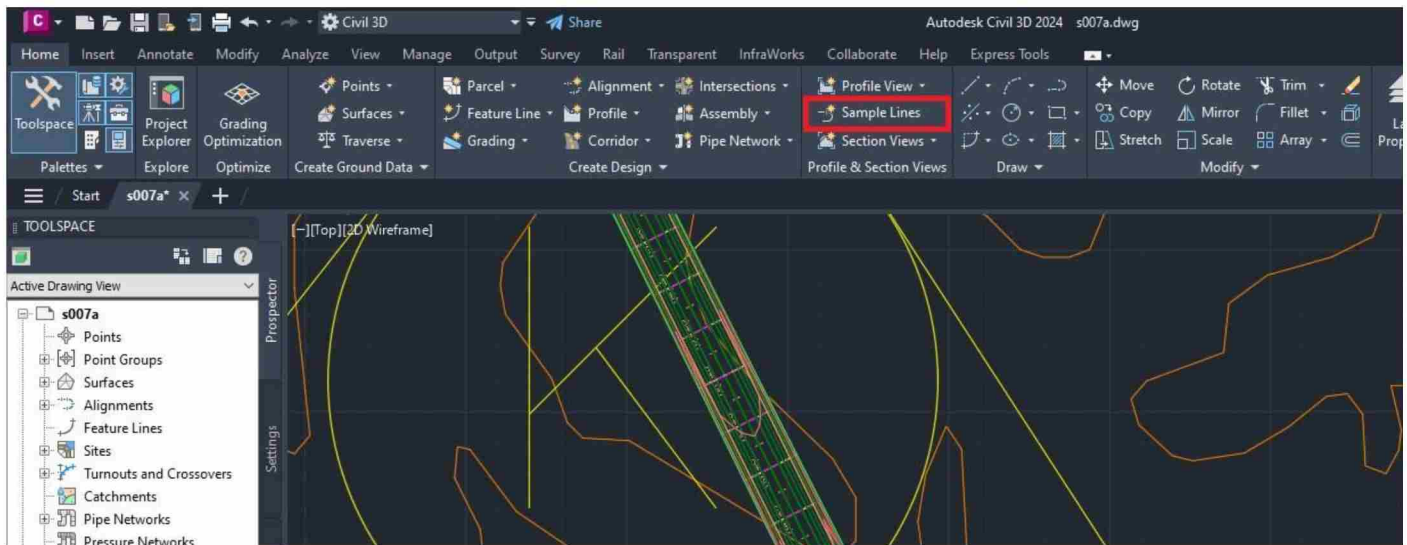
شکل (۶۱). پنجره Corridor Surfaces سربرگ Surfaces



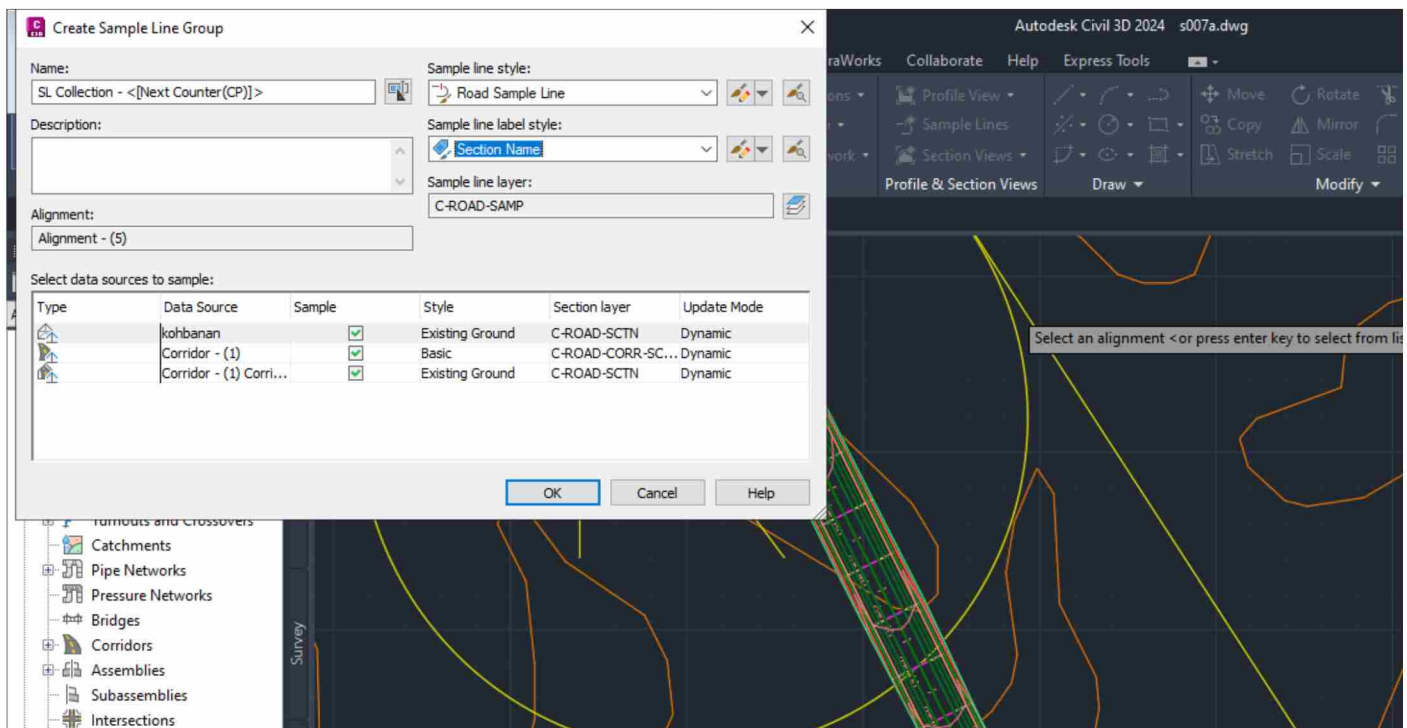
شکل (۶۲). پنجره Corridor Surfaces سربگ Boundaries

خطوط نمونه (Sample Lines)

حال نوبت خطوط نمونه یا Sample Lines است که از سطح Surface گرفته می شود تا مقاطع عرضی و جدول احجام بر اساس آن ساخته شود. برای ایجاد خطوط نمونه کافی است در سربرگ Home روی قسمت Sample Lines کلیک کنیم و Enter را بزنیم و پس از انتخاب Alignment مورد نظر دوباره Enter را بزنیم. در پنجره بعدی نیز OK را کلیک می کنیم.

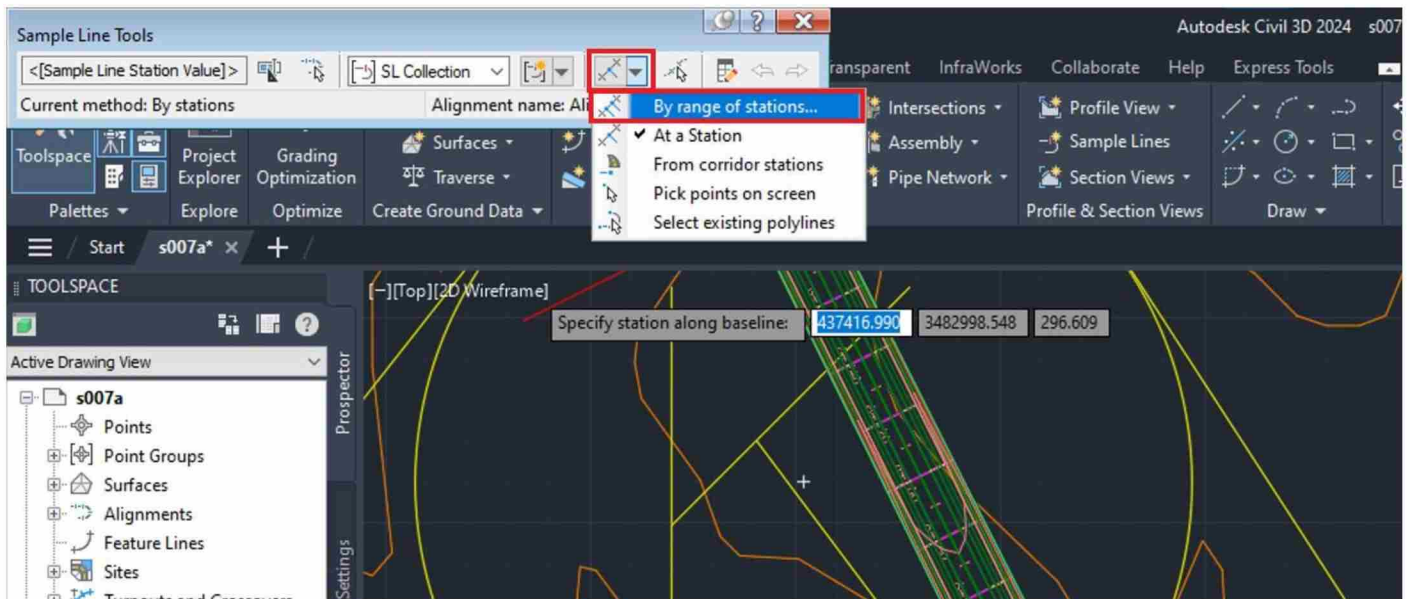


شکل (۶۳). ایجاد خطوط نمونه Sample Lines

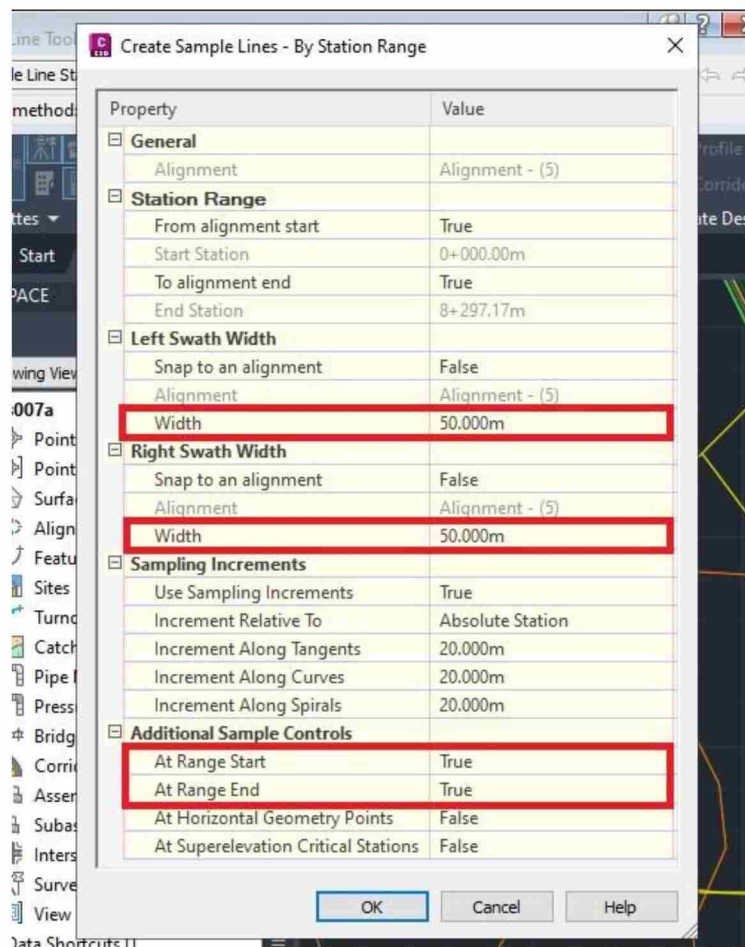


شکل (۶۴). ایجاد گروه خطوط نمونه Sample Lines Group

حال پنجره ای باز می شود که با کلیک روی زبانه قسمت سوم از سمت چپ و انتخاب اولین گزینه دوباره پنجره دیگری باز می شود که مانند شکل (۶۱) آن را تغییر می دهیم و روی OK کلیک می کنیم.

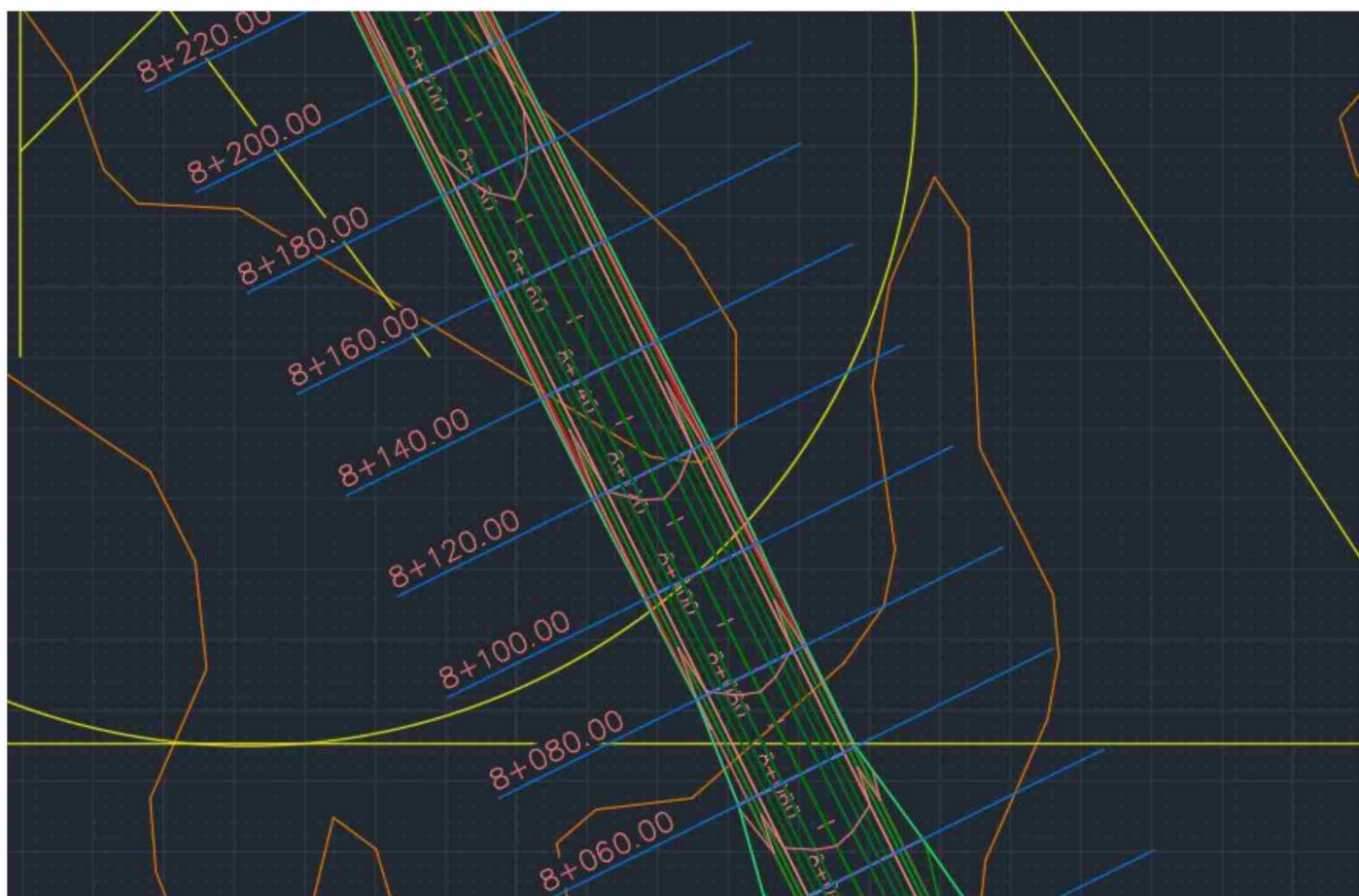


شکل (۶۵).تنظیم انتخاب خطوط نمونه



شکل (۶۶).تنظیم انتخاب خطوط نمونه

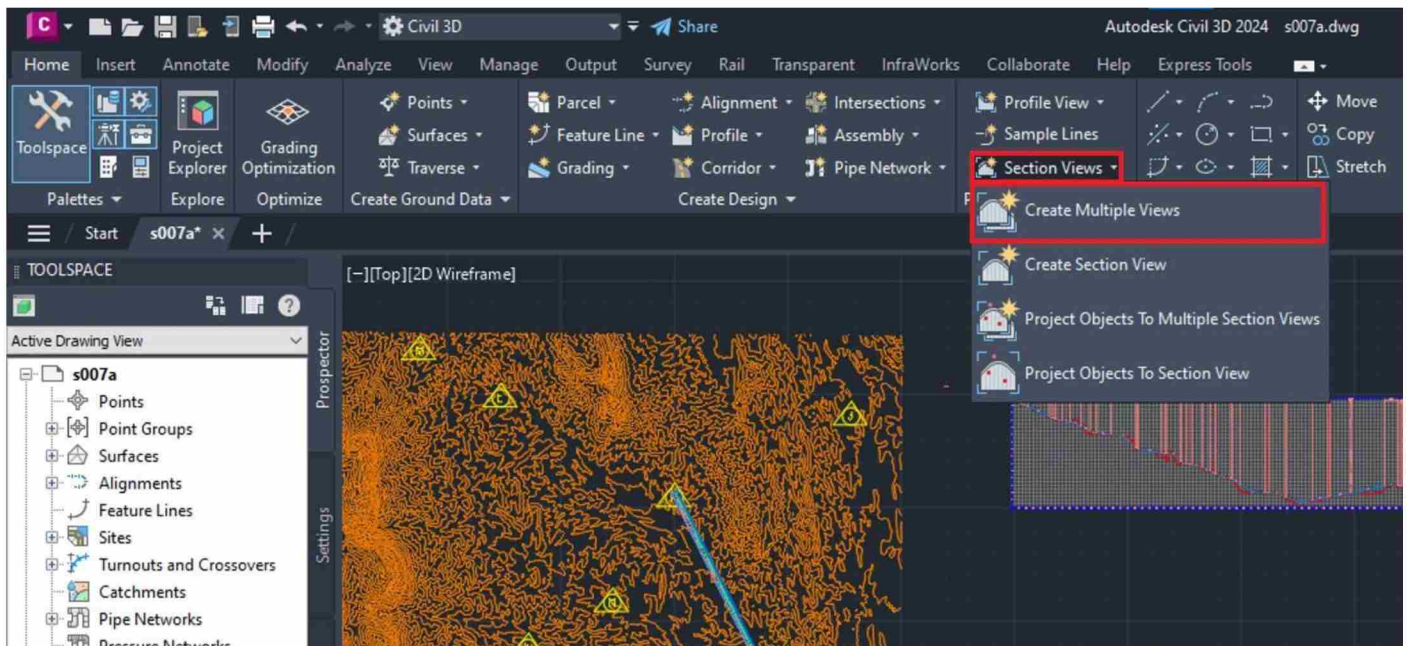
در آخر کافی است که کلید ESC را روی فشار دهیم تا خطوط نمونه یا Sample Lines ساخته شود و چنین چیزی بدست می آید.



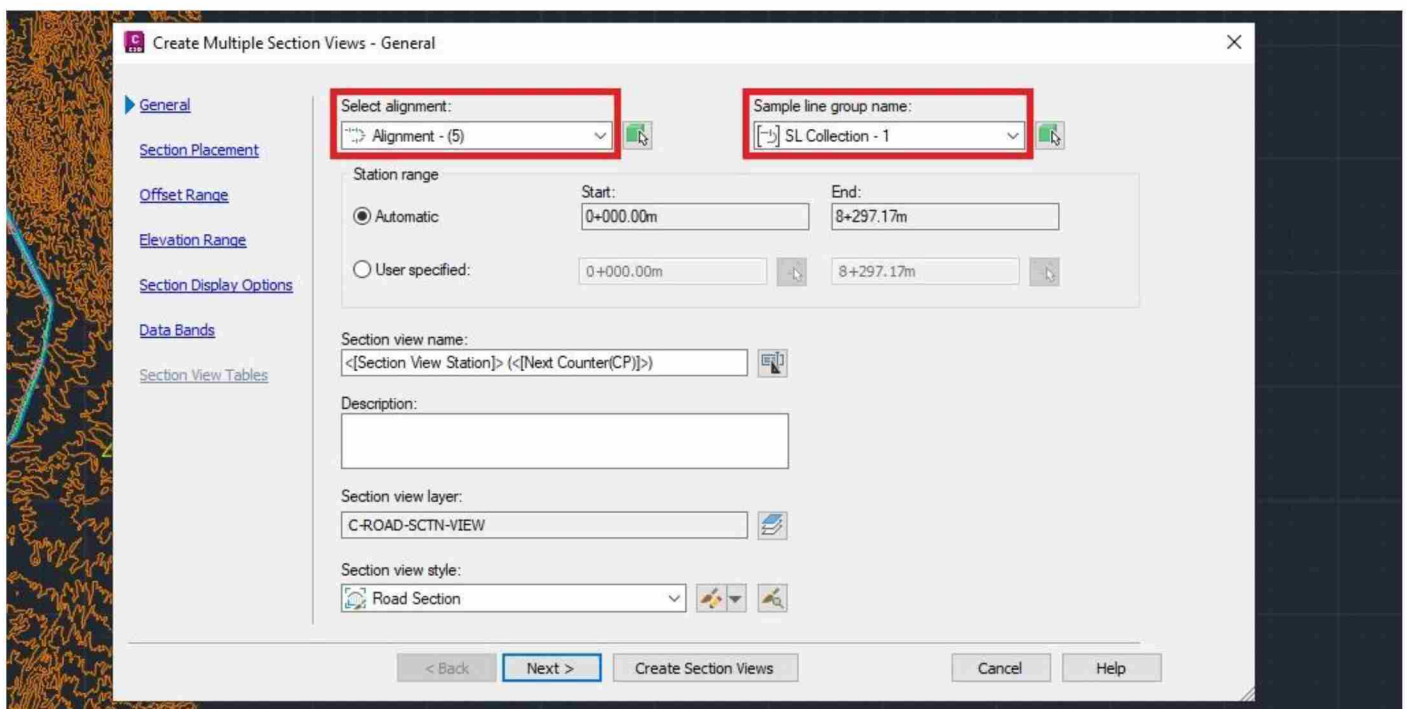
شکل (۶۷). خطوط نمونه ساخته شده

مقاطع عرضی (Section Views)

مقاطع عرضی یا Section Views برش هایی از خطوط نمونه هستند که تاثیر Assembly را بر Surface نشان می دهند. برای ساخت مقاطع عرضی کافی است در سربرگ Home در قسمت Section Views گزینه Create Multiple Views را انتخاب می کنیم. در پنجره باز شده مسیر و خطوط نمونه را انتخاب می کنیم.

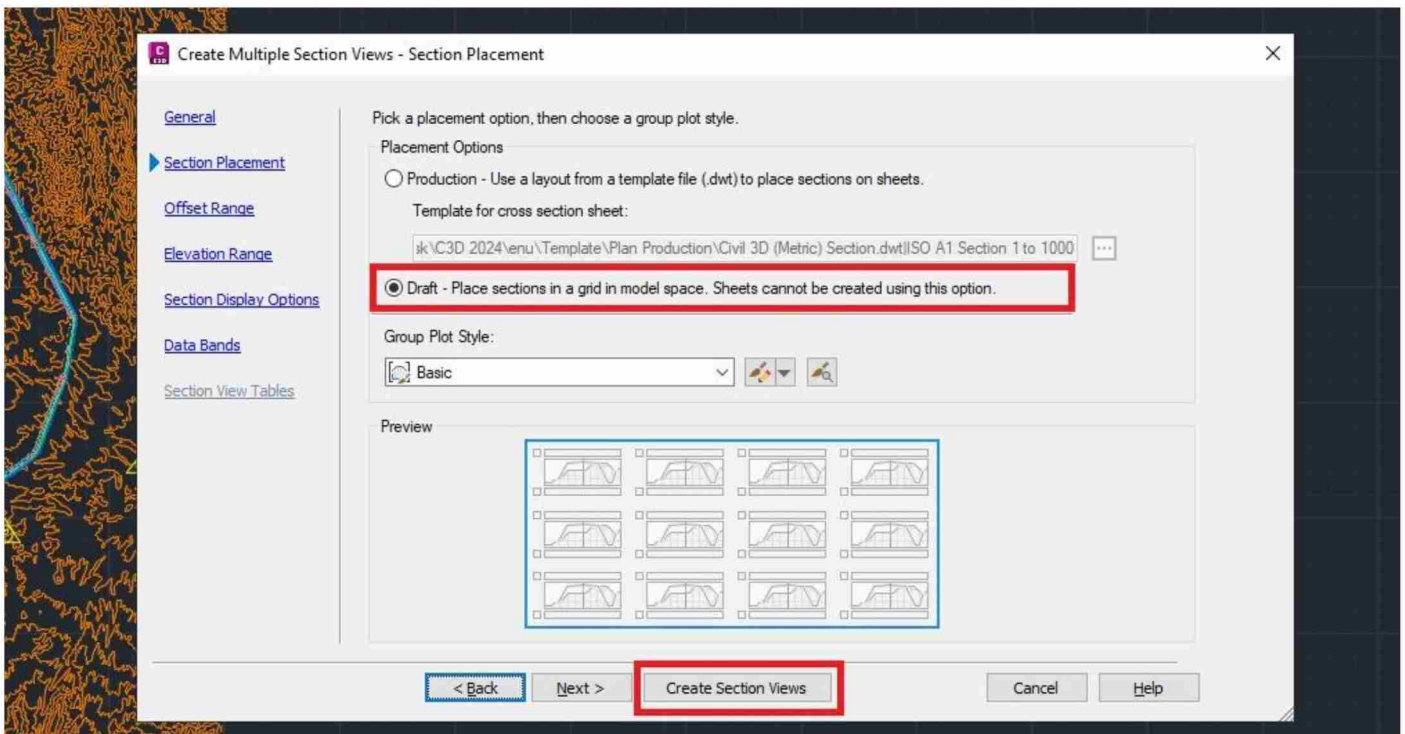


شکل (۶۸). ساخت Section Views

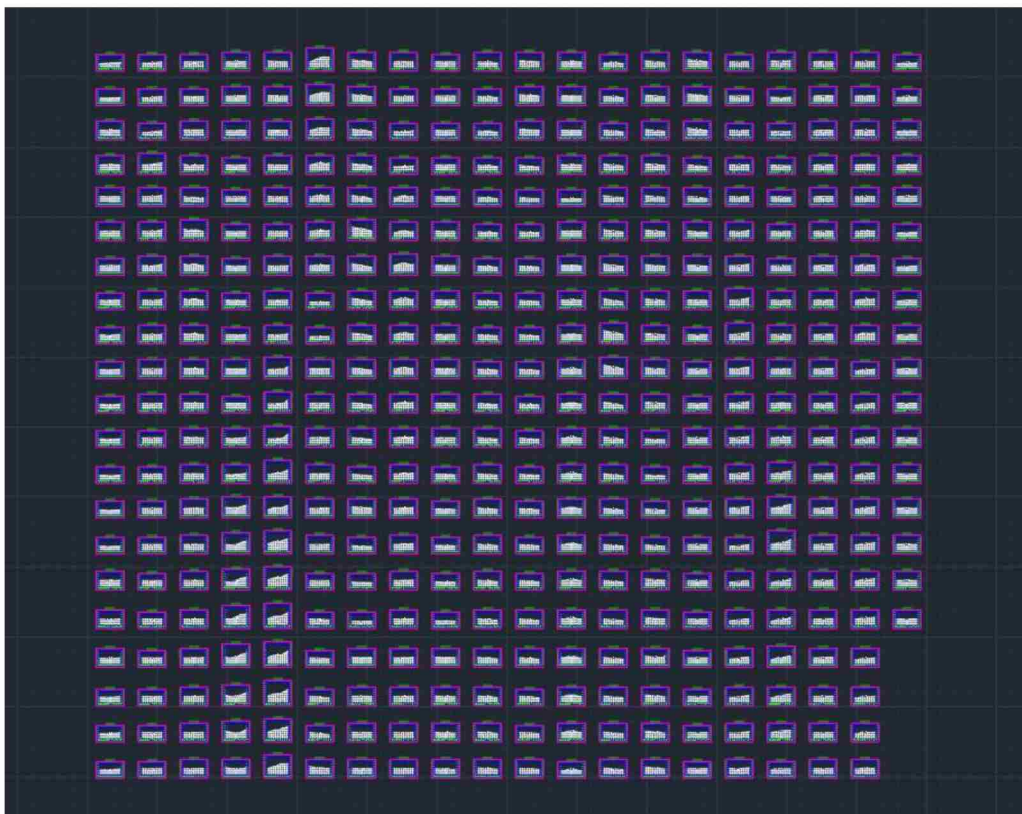


شکل (۶۹). پنجره ساخت Section Views

حال به قسمت Section Placement می رویم و تیک قسمت Draft را فعال کرده و روی Create Section Views کلیک می کنیم و در محل مناسبی برای گذاشتن مقاطع عرضی کلیک می کنیم.

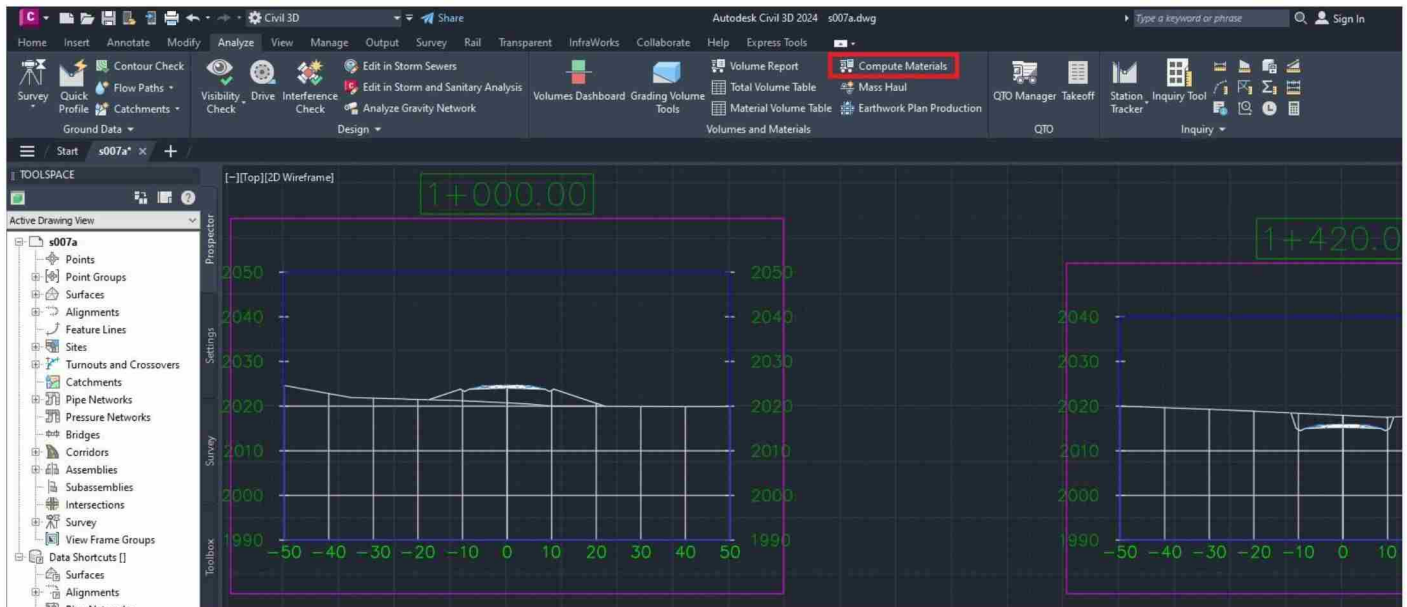


شکل (۷۰). پنجره ساخت Section Views قسمت Section Placement

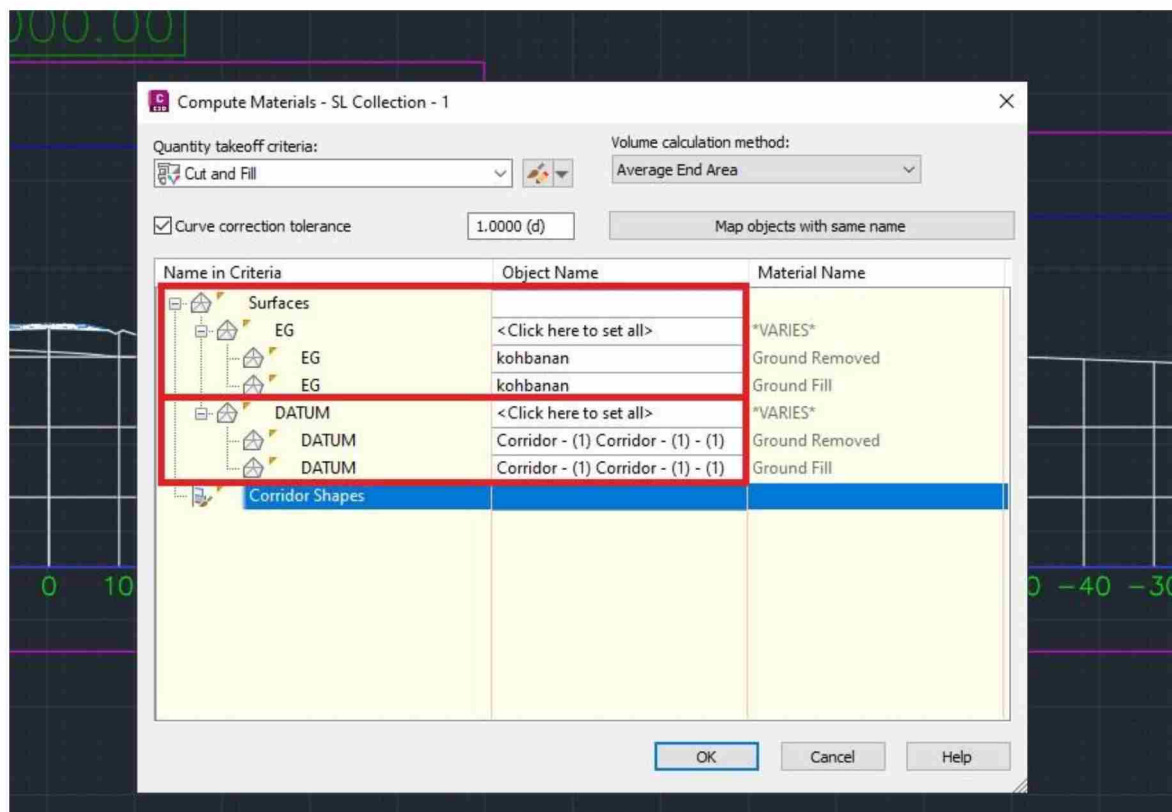


شکل (۷۱). مقاطع عرضی Section Views

مقاطع عرضی ساخته شده اما تاثیر خاکبرداری و خاکریزی هنوز اعمال نشده است. برای اینکار به سربرگ Analyze رفته Compute Materials را انتخاب می کنیم. پنجره ای باز می شود مسیر و نمونه خطوط مورد نظر را در آن انتخاب می کنیم. در پنجره بعدی در قسمت اول مشخص شده نام Surface و در قسمت دوم نام Corridor را انتخاب و سپس OK را می زنیم.

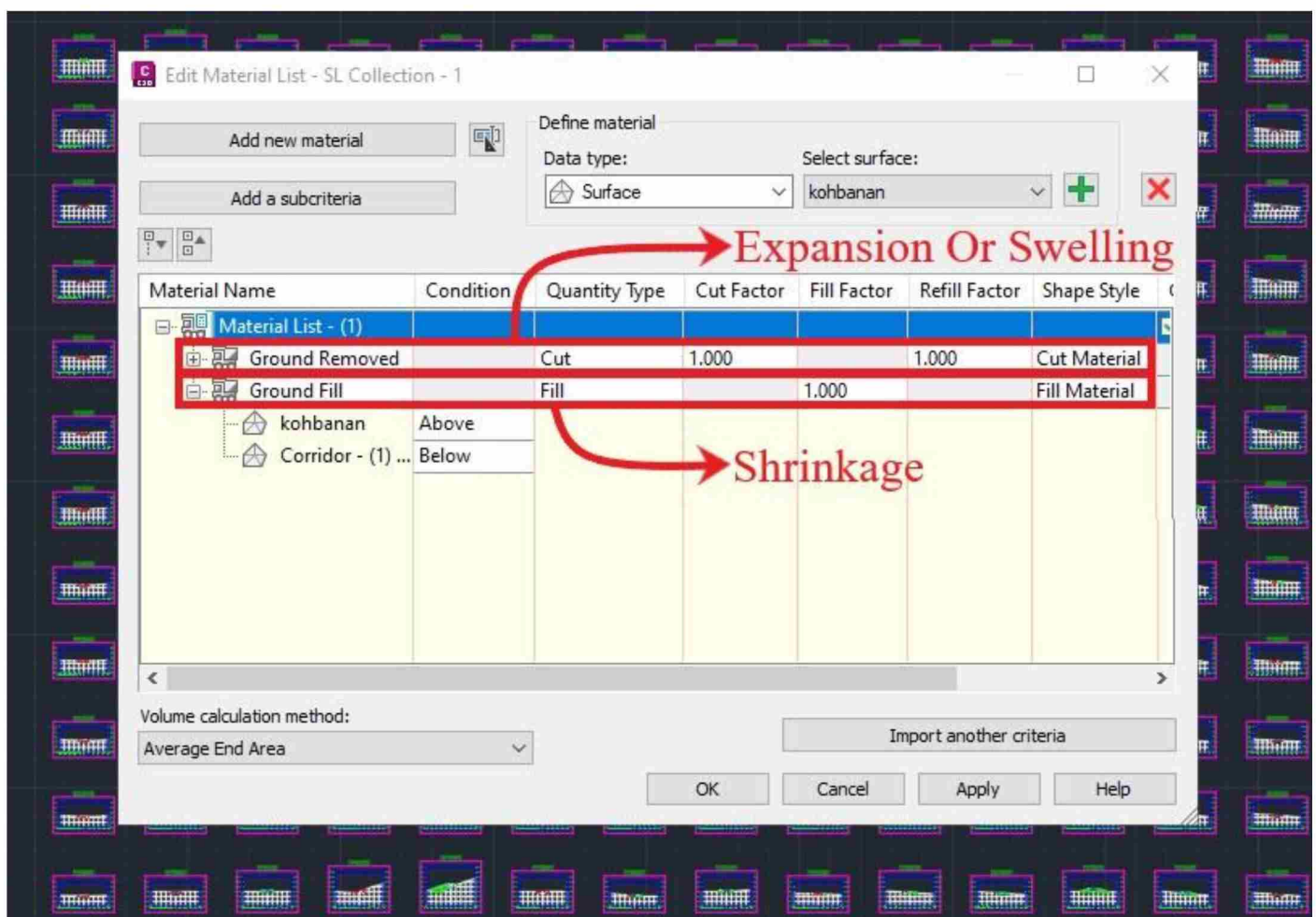


شکل (۷۲). انجام محاسبه مصالح یا Compute Materials



شکل (۷۳). پنجره Compute Materials

حال خاکریزی به رنگ سبز و خاکبرداری به رنگ قرمز در می آید. در صورتی که ضریب انبساط و یا انقباض خاک موجود باشد باید آن ها را نیز ثبت کنیم. برای اینکار دوباره به سربرگ **Analyze** رفته **Compute Materials** را انتخاب می کنیم. پنجره ای باز می شود مسیر و نمونه خطوط مورد نظر را در آن انتخاب می کنیم. در پنجره بعدی قسمت **Ground Removed (Cut)** برای انبساط (**Expansion**) یا همان تورم (**Swelling**) و خاکبرداری و قسمت **Ground Fill (Fill)** برای انقباض (**Shrinkage**) و خاکبرداری خاک است و کافی است ضریب مورد نظر را در جای مناسب قرار دهید. در صورتی که درک این مطلب کمی سخت است، می توانید نکته زیر را بخوانید.



شکل (۷۴). پنجره **Compute Materials** برای قرار دادن ضریب های انبساط و انقباض

نکته ۱۸: در بسیاری از مسیرها، یکی از عوامل عمده در طراحی خط پروژه، برقراری تعادل بین جمع کل خاکریزی و خاکبرداری در محدوده کار می باشد. این اصل متکی بر یک فرضیه اقتصادی است که تمام مواد حاصله از خاکبرداری، در محل خاکریز مصرف گردد. در عمل فاکتورهایی وجود دارد که رسیدن به این اصل را دشوار می سازد که مهمترین آنها عبارتند از انقباض و تورم مواد.

انقباض: کاهش حجم خاک در عمل جابجایی و تراکم را انقباض میگویند. در نرم افزار Civil 3D مقدار انقباض، عددی بزرگتر از ۱ در نظر گرفته می شود. به عنوان مثال مقدار انقباض ۱.۲ به این معناست که برای پرکردن گودالی به حجم یک متر مکعب، لازم است ۱.۲ متر مکعب خاک جابجا شود.

تورم: افزایش حجم خاک در عمل جابجایی و تراکم را تورم میگویند. در نرم افزار Civil 3D مقدار تورم نیز عددی بزرگتر از ۱ در نظر گرفته میشود. به عنوان مثال مقدار تورم ۱.۲ به این معناست که برای پرکردن گودالی به حجم ۱.۲ متر مکعب، لازم است یک متر مکعب خاک جابجا شود.

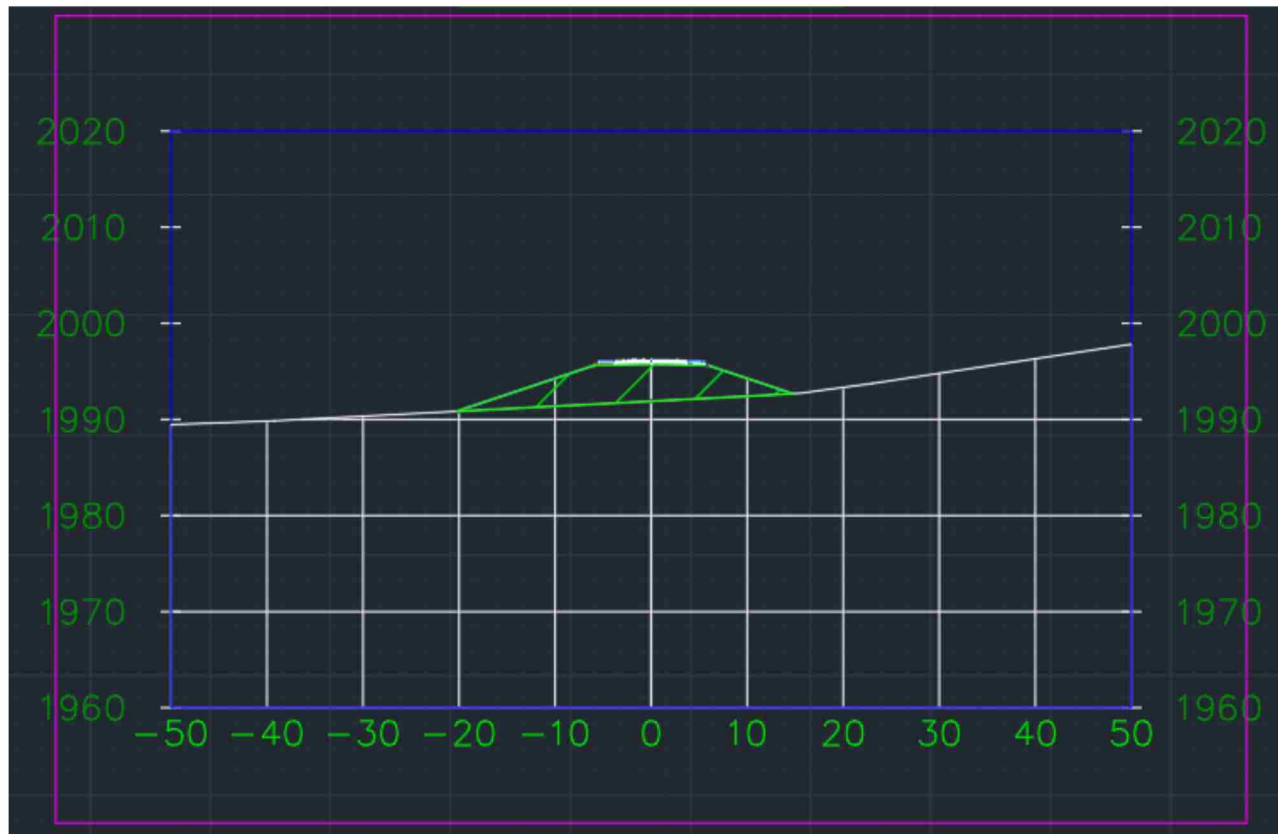
برای خاک طبیعی که به مقدار ۹۳٪ کوبیده شده باشد، بایستی عدد ۱.۰۷ را به عنوان فاکتور انقباض و یا Fill Factor وارد نمود. این عدد از تقسیم مقدار ۱ بر ۰.۹۳ بدست آمده است. با وارد سازی این عدد، در واقع مقدار کاهش حجم آن در جابجایی و تراکم در نظر گرفته خواهد شد.

پرکردن مجدد: این ضریب، نشان دهنده این مطلب است که چه درصدی از خاک برداشته شده را میتوان در خاکریزی ها استفاده کرد. بسته به جنس مواد برداشته شده؛ این ضریب طیف خاصی از اعداد را شامل میشود و مقدار آن در اکثر حالات از یک کمتر است. درشت دانه های سنگین وزن دارای ضریب Refill تقریباً برابر با یکاند، تپه های سنگی دارای ضریب تقریبی ۱.۲ و مناطق باتلاقی دارای ضریب ۰ میباشند. این ضرایب را باید در زمان محاسبه و تولید لیست مصالح در نظر گرفت. در ادامه توضیحاتی در این مورد داده میشود. برای محاسبات احجام؛ پس از آن که کوریدور ساخته شد، لازم است سطوحی از کوریدور که قصد مقایسه احجام آن با دیگر سطوح (نظیر سطح طبیعی زمین) را داریم، ساخته شوند. از مهمترین سطوحی که لازم است از کوریدور استخراج شوند اساس و زیر اساس و سطوح Pave1 و Pave2 هستند که مربوط به لایه های مختلف آسفالت ها می باشند. پس از استخراج سطوح مورد نظر، خطوط نمونه را تولید می کنیم. خطوط نمونه در واقع عمل نمونه برداری از کوریدور، سطوح مربوط به آن و سطح زمین را انجام می دهند. از خطوط نمونه در تهیه مقاطع عرضی استفاده میشود. پس از آنکه مقاطع عرضی تولید شد، می توان با تولید لیست مصالح، اقدام به محاسبه احجام مورد نظر نمود.

نکته ۱۹: گاهی اوقات با بررسی مقاطع عرضی متوجه می شویم که شیب خاکریزی و یا خاکبرداری تقریباً با شیب زمین یکنواخت است. به عنوان مثال در شکل زیر خاکریزی در سمت راست مسیر به دلیل یکنواخت بودن شیب خاکریزی با شیب زمین خاک ریزی را در چنین حالتی برای طول زیاد غیر اقتصادی می کند. برای این که اقتصادی باشد باید آن قسمت از مسیر را به سمت راست برده و پایین تر بیاوریم.



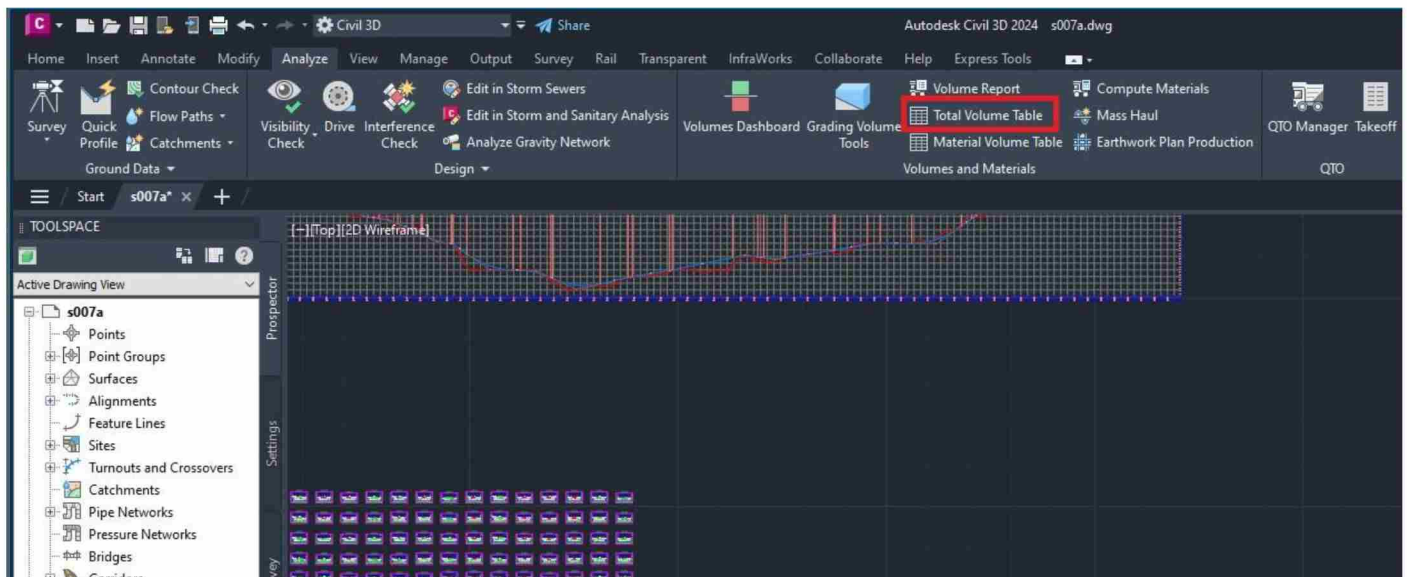
شکل (۷۵). یکنواخت بودن شیب خاکریزی با شیب زمین خاک ریزی قبل از اصلاح



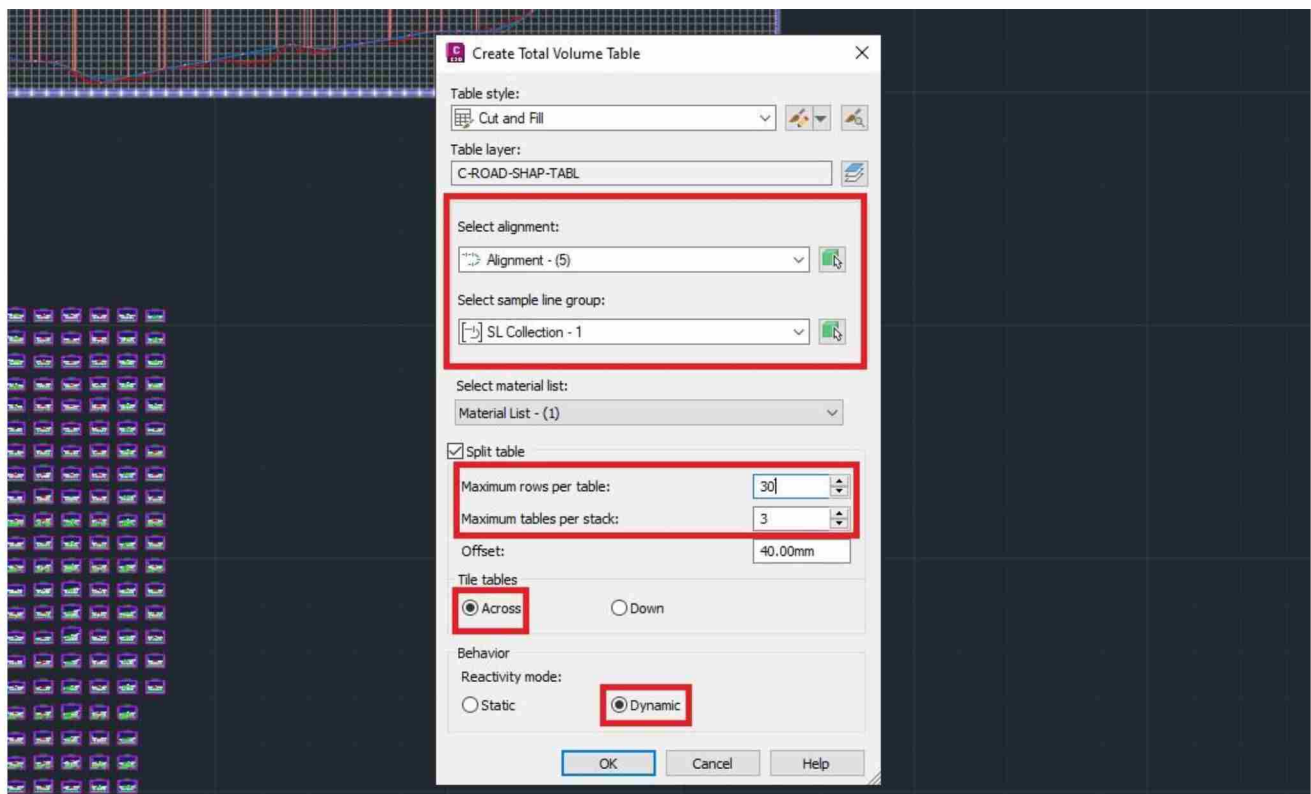
شکل (۷۶). یکنواخت بودن شیب خاکریزی با شیب زمین خاک ریزی بعد از اصلاح

جدول احجام (Volume Table)

جدول احجام یا Volume Table جدولی است که مقدار خاکریزی و خاکبرداری را در هر یک از خطوط نمونه محاسبه و نشان می دهد. برای این کار به سربرگ Analyze رفته Total Volume Table را انتخاب می کنیم.

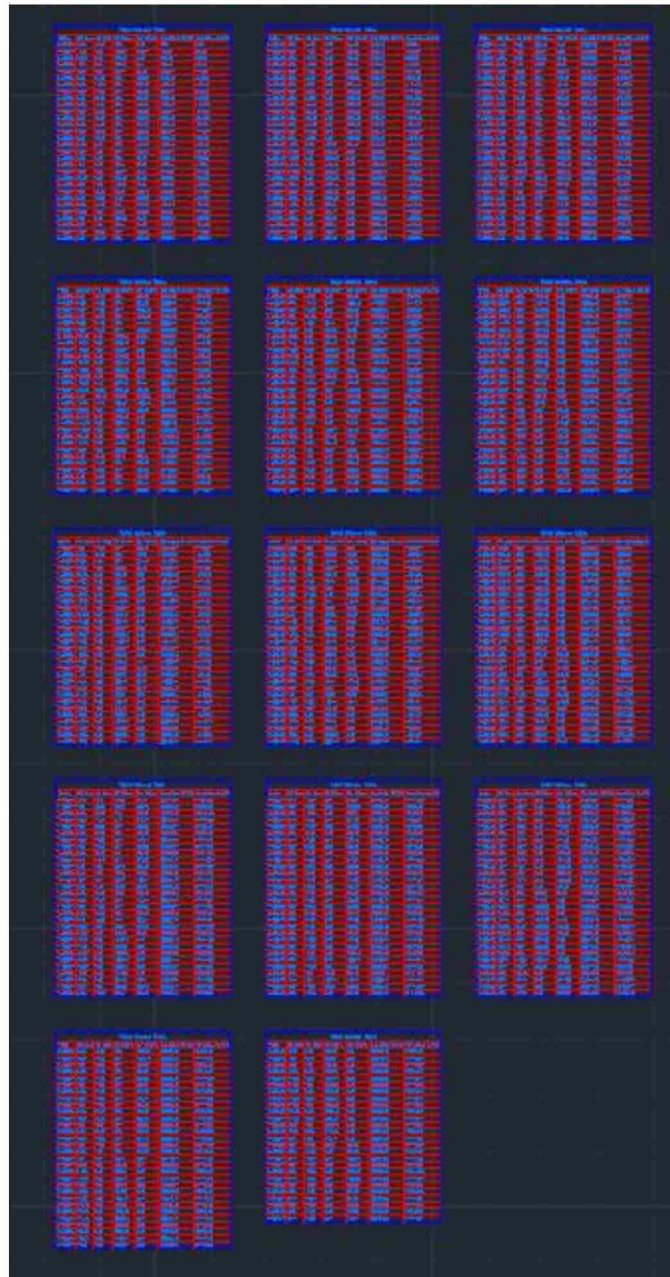


شکل (۷۷). ساخت جدول احجام



شکل (۷۸). پنجره ساخت جدول احجام

در شکل بالا در قسمت اول مسیر و خطوط نمونه را انتخاب می کنیم در قسمت بعد حداکثر ردیف در هر جدول و حداکثر جدول در هر ردیف و در قسمت بعد افقی یا قائم بودن ردیف های جدول ها و در قسمت آخر با فعال بودن گزینه Dynamic جدول ها در صورت تغییری در مسیر یا بقیه قسمت ها به صورت خودکار به روز رسانی می شوند.



شکل (۷۹). جدول احجام

منحنی بروکنر (Mass Haul)

منحنی بروکنر یا Mass Haul منحنی است که به ما کمک می کند به صرفه ترین از نظر اقتصادی و کوتاه ترین از نظر فاصله عزم حمل را بیابیم. ساخت منحنی بروکنر دو روش دارد یکی به کمک Civil 3D و دیگری به صورت دستی که از AutoCAD و Excel کمک می گیریم.

روش ۱: از نظر اقتصادی، اگر بتوان خاک های مورد نیاز خاکریز را از خاکبرداری ها تهیه نمود، مشروط بر آن که خاک موجود در خاکبرداری از نظر گروه خاک، قابل مصرف در راهسازی باشد، مقدار زیادی در هزینه حمل و نقل صرفه جویی می شود. نتیجه آن که اگر مقدار این خاک ها بیش از میزان لازم برای احداث خاکریزها باشد، مقدار اضافی را باید دپو کرد و برعکس اگر خاکهای حاصل از خاکبریها، تکافوی خاکریزها را نکند، باید متوسل به قرضه شد. پرداخت به پیمانکار برحسب متر مکعب خاکبرداری و حمل خاک از محل خاکبرداری به فاصله تعیین شده در قرارداد انجام میگردد. در صورتی که محل خاکریز، در این فاصله باشد، هزینه اضافی جهت حمل خاک به پیمانکار پرداخت نمی شود؛ لذا آنچه در قسمت حمل و نقل خاک مورد اهمیت است عبارتست از: ۱. مقدار حجم عملیات خاکی ۲. تعیین حداقل فاصله می متوسط حمل

اصطلاحات

نقاط تعادل: به نقاطی از مسیر که مقدار خاکبرداری در آن نقاط برابر با مقدار خاکریزی به اضافی انقباض شود، نقاط تعادل گفته میشود. اگر خط پروژه را تغییر دهیم، نقاط تعادل نیز تغییر خواهند کرد.

فاصله حمل (d): مقدار فاصله بین محل خاکبرداری تا خاکریزی را گویند.

عزم حمل (S): حاصل ضرب مقدار خاک جابجا شده در فاصله حمل را عزم حمل گویند:

$$\text{حمل عزم} = V \times d$$

عزم حمل کل: مجموع تمامی عزم حمل ها را گویند

$$\text{کل حمل عزم (ST)} = \Sigma (V \times d)$$

فاصله حمل متوسط (dm): اگر عزم حمل کل را به حجم کل تقسیم نماییم؛ فاصله حمل متوسط حاصل

$$\text{می شود } dm = ST/\Sigma V$$

خاک نباتی: خاک پوشیده‌ی سطح زمین که معمولاً هنگام راهسازی باید آنرا به عمق 10 تا 30 سانتیمتر کند و دور ریخت.

منحنی بروکنر عبارتست از خط پخش یا خط توزیعی که باصرفه ترین حمل خاک را ایجاب کند. در این روش، حجم عملیات خاکی به صورت مجموع جبری احجام بر روی محور مختصات ترسیم میگردد. بر روی محور Xها، محل قرار گرفتن نیمرخ های عرضی با مقیاس پروفیل طولی و بر روی محور Yها، مجموع جبری احجام (حجم تجمعی) بر روی محور مختصات ترسیم میگردد.

از مهمترین خصوصیات منحنی بروکنر اینست که ۱. نقاط برخورد این منحنی با محور افقی، نقاط تعادل خط پروژه خواهند بود ۲. نقاط ماکزیمم و مینیمم این منحنی، نقاط برخورد خط پروژه با زمین است Grade Points؛ ۳. نقاط ماکزیمم نشان از تبدیل از حالت خاکبرداری به خاکریزی و نقاط مینیمم، حاکی از تبدیل حالت خاکریزی به خاکبرداری است؛ ۴. مساحت زیر منحنی و محدود به محور Xها، در واقع همان مقدار عزم حمل است و ۵. در مناطقی که منحنی بروکنر صعودی است، در موقعیت خاکبرداری قرار داریم و در حالت نزولی بودن منحنی بروکنر، موقعیت خط پروژه خاکریزی خواهد بود.

منحنی بروکنر در سه حالت بررسی میشود:

حالت اول: در صورتی که انتهای منحنی بروکنر بر روی محور Xها قرار گیرد، تعادل کامل بین حجم خاکبرداری و خاکریزی موجود است و این حالت بهترین وضعیت ممکن می باشد.

$$\text{Cut Volume} = \text{Fill Volume}$$

حالت دوم: چنانچه انتهای منحنی بروکنر بالای محور Xها باشد، در این حالت مقدار حجم خاکبرداری از مقدار حجم خاکریزی بیشتر است و در نتیجه باید متوسل به دپو شد.

$$\text{Cut Volume} > \text{Fill Volume} \rightarrow \text{Dump}$$

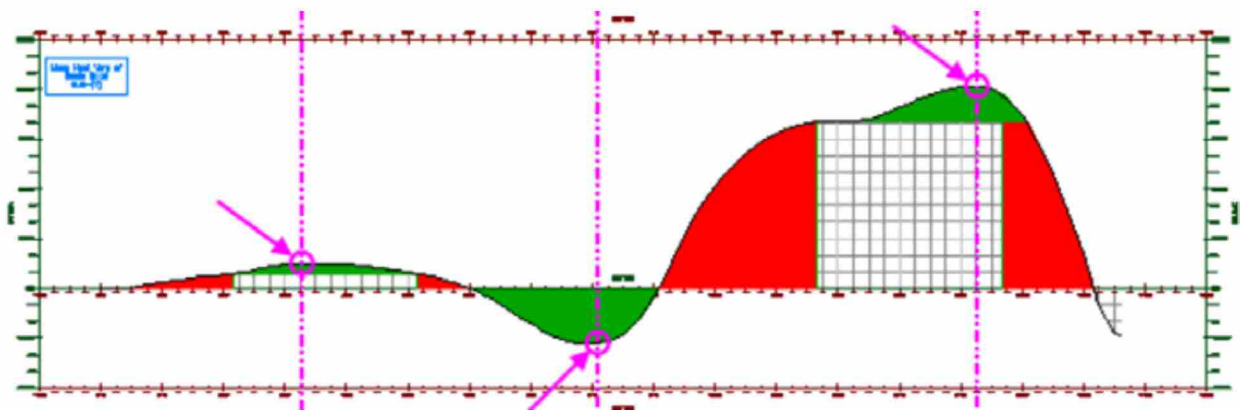
حالت سوم: چنانچه انتهای منحنی بروکنر زیر محور Xها باشد، در این حالت مقدار حجم خاکبرداری از مقدار حجم خاکریزی کمتر است و در نتیجه باید متوسل به قرضه شد.

$$\text{Cut Volume} < \text{Fill Volume} \rightarrow \text{Borrow}$$

همان گونه که در بالا نیز ذکر شد، فاصله مجاز حمل و یا Free Haul Distance به معنای فاصله مشخص شده ایست که در قرارداد ذکر شده است و برای حمل مواد در این فاصله، مبلغی به پیمانکار داده نمیشود. در پروژه ها معمولاً زیاد اتفاق میافتد که لازم باشد فاصلهای بیش از فاصله مجاز حمل پیمود تا به موقیت دپو و یا

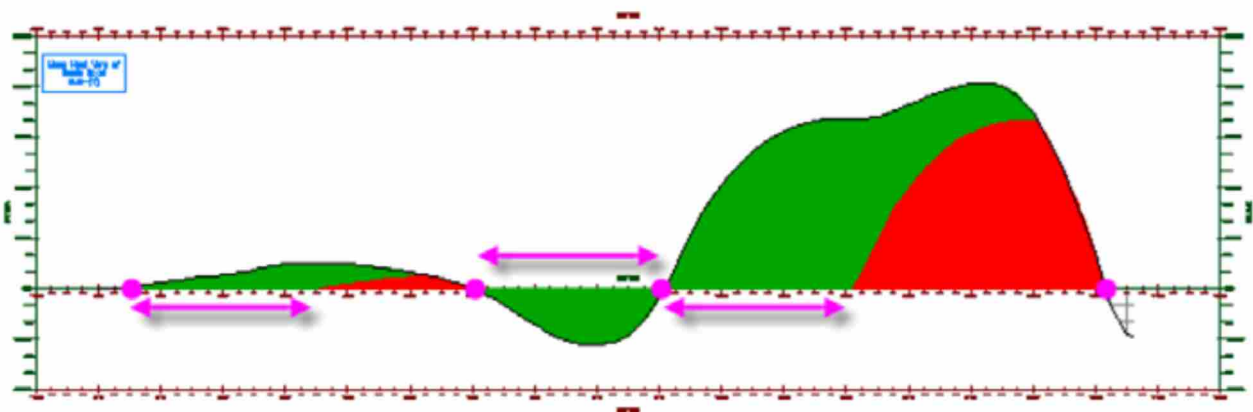
قرضه رسید. در این حالت لازم است کارفرما، هزینه های مربوط به مجموع فواصل پیموده شده بیش از فاصله حمل مجاز را به پیمانکار بدهد. کاربرد واقعی منحنی بروکنر در این است که موقعیت دیو و قرضه ها را به گونه ای انتخاب نماییم که مجموع فواصل حمل خارج از محدوده مجاز، کمترین مقدار باشد.

شکل زیر را در نظر بگیرید. در این شکل فواصل حمل مجاز ۳ کیلومتر در نظر گرفته شده و این فواصل نسبت به محل برخورد خط پروژه با زمین در نظر گرفته شده اند. به دلیل استفاده از نقاط اکسترمم، نام این روش Grade Point است. همان گونه که از شکل نیز مشهود است، به ازای فواصل بیش از ۳ کیلومتر، کیلومتراژهای خارج از محدوده مجاز حمل داریم که به رنگ قرمز مشخص شده اند. قسمت های سبز رنگ در این نمودار نیز، متعلق به کیلومتراژهایی است که در محدوده مجاز حمل قرار دارند:



شکل (۸۰).

روش دیگر نمایش فواصل حمل در منحنی بروکنر، استفاده از نقاط تعادل به جای نقاط اکسترمم است. شکل مربوط به این شیوه را نیز در زیر مشاهده می کنید. همانند حالت پیشین، قسمت های سبز رنگ در این نمودار، متعلق به کیلومتراژهایی است که در محدوده مجاز حمل قرار دارند و مناطق قرمز رنگ خارج از این محدوده اند. به دلیل استفاده از نقاط تعادل، نام این روش Balance Point است:



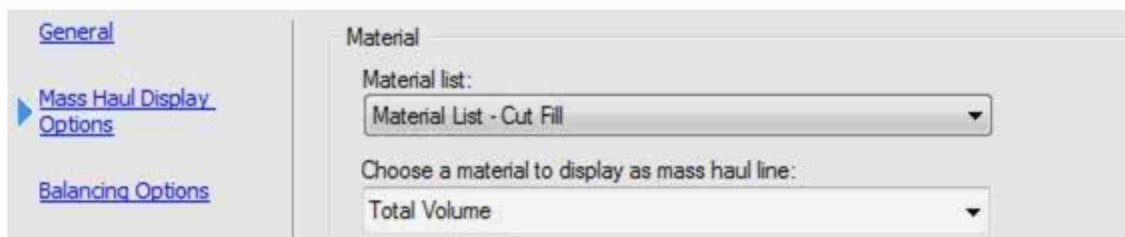
شکل (۸۱).

قصد ما در Civil 3D این است که با اضافه کردن نقاط قرضه و دیو در مناطقی خاص، تمام قسمتهای نمودار فوق را سبز رنگ کنیم؛ به عبارت دیگر قصد داریم با افزودن قرضه و دیوهای، فواصل حمل مختلف را به «فاصلهی حمل مجاز» تبدیل نماییم.

تولید منحنی بروکنر

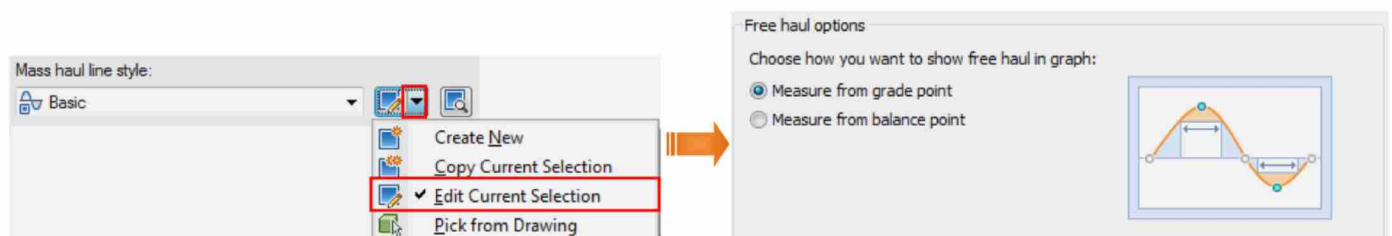
از سربرگ Home، پنل Volumes and Materials بر روی گزینه Mass Haul کلیک کنید. در صفحه اول، مسیر و خطوط نمونه مربوط به آن را انتخاب نمایید. در کادر، Mass haul view name نامی مناسب به نمای منحنی بروکنر داده و از لیست Mass haul view style، سبک Basic را انتخاب نمایید. می توانید سبک موجود؛ یعنی Basic را نیز ویرایش کنید.

بر روی دکمه Next کلیک کنید. در این پنجره، از قسمت Material List مصالح مورد نظر را انتخاب نمایید و در قسمت Choose a material... بر حسب اینکه میخواهید منحنی بروکنر برای چه نوع احجامی محاسبه گردد، گزینه مناسب را انتخاب کنید. معمولاً در این قسمت از گزینه Total Volume استفاده میشود.



شکل (۸۲).

گزینه مهم دیگر واقع در این صفحه، گزینه Mass haul line style است. یکی از حالات Basic و یا Standard را انتخاب نمایید و بر روی دکمه مثلی مقابل کادر کلیک نمایید. گزینه Edit Current Selection را انتخاب کنید:



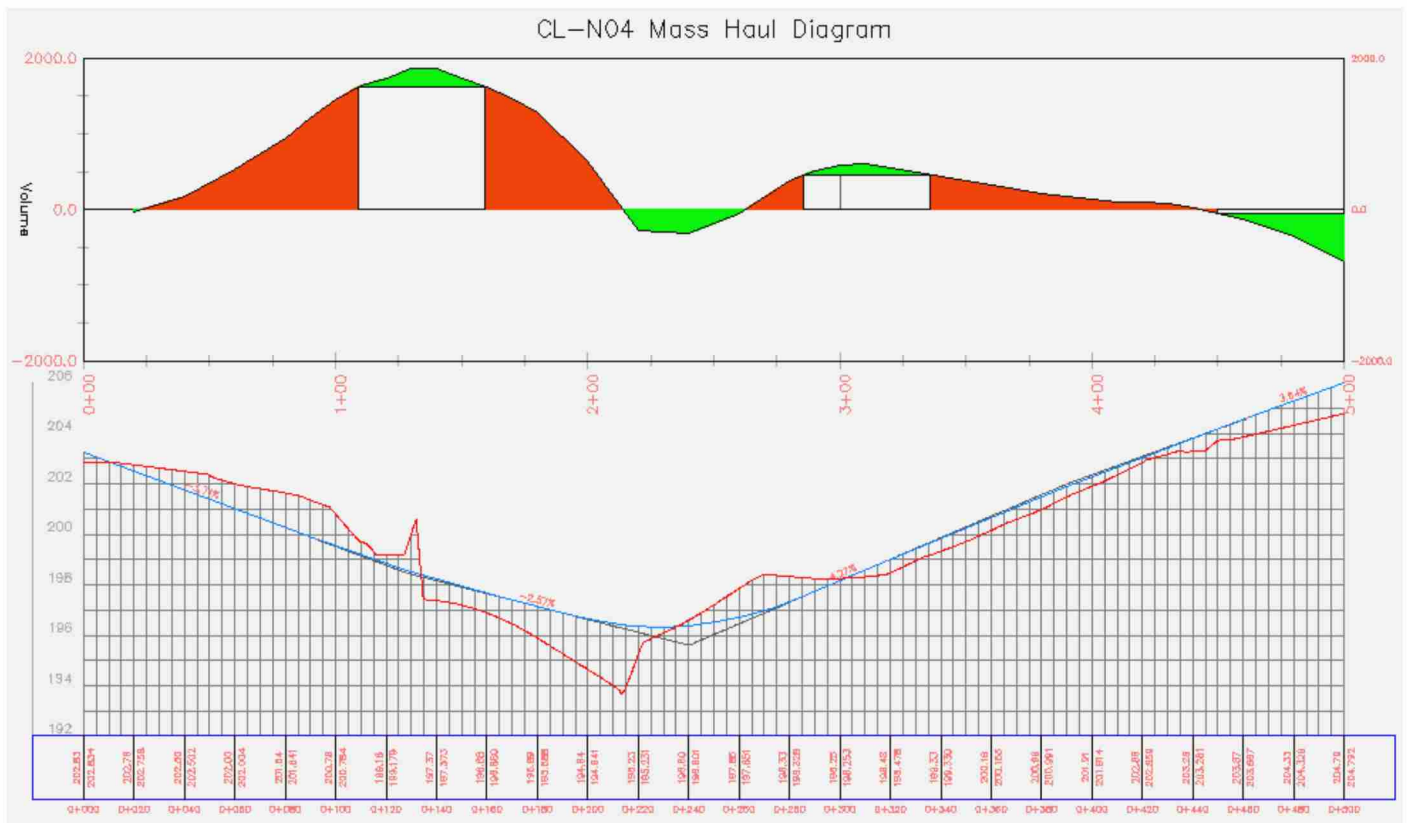
شکل (۸۳).

در پنجره باز شده، سربرگ Free Haul را انتخاب نمایید. با انتخاب یکی از گزینههای Measure from grade point یا from balance point، امکان انتخاب نوع نمایش منحنی بروکنر وجود خواهد داشت. بر

روی دکمه‌ی Cancel کلیک کنید. در حالت پیش فرض، سبک Basic حالت Grade Point را فعال کرده و سبک Standard حالت Balance Point را فعال می‌کند. سبک Basic را انتخاب نموده و بر روی دکمه‌ی Next کلیک نمایید.

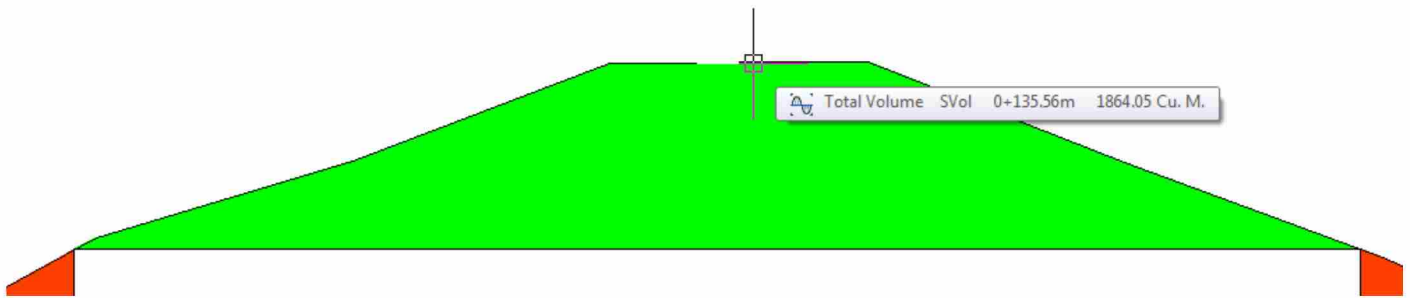
در قسمت Free Haul Options، تیک گزینه‌ی Free Haul Distance را زده و مقدار فاصله مجاز حمل را در کادر وارد نمایید. مقدار فاصله حمل در قرارداد فی مابین کارفرما و پیمانکار ذکر شده است. مقدار این فاصله بستگی به محل قرضه و دپو، حجم کل کار، نوع منطقه، تجهیزات در دسترس راه و ترابری و نیز توافق طرفین قرارداد مشخص می‌شود. در اینجا مقدار ۵۰ را وارد کرده و بر روی دکمه Create Diagram کلیک نمایید.

در محیط ترسیم، در بالای پروفیل طولی کلیک نمایید تا منحنی بروکنر درج شود. سعی نمایید از قبل، نقطه‌ای در بالای پروفیل طولی تولید کنید به طوری که دقیقاً در کیلومتر ۰ صفر و بالای پروفیل قرار داشته باشد.



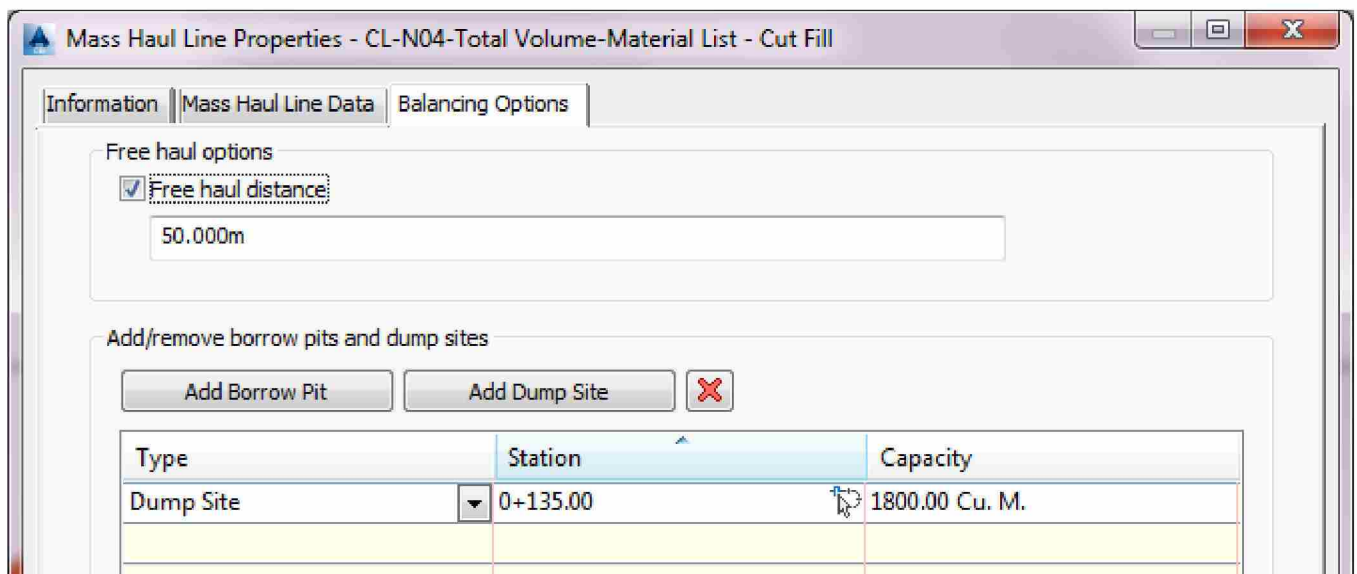
شکل (۸۴).

قسمت‌های مختلف نمودار بروکنر قبلاً توضیح داده شد. اگر به شکل فوق توجه نمایید، مشاهده خواهید کرد که نقاط اکسترم نمودار بروکنر در موقعیت تقاطع نقاط خط پروژه و زمین هستند. همچنین نقاط تقاطع نمودار بروکنر با منحنی طول‌ها، موقعیت تعادل خاکی هستند. بر روی نقطه ماکزیمم اول زوم کنید و ماوس را بر روی این نقطه قرار دهید.



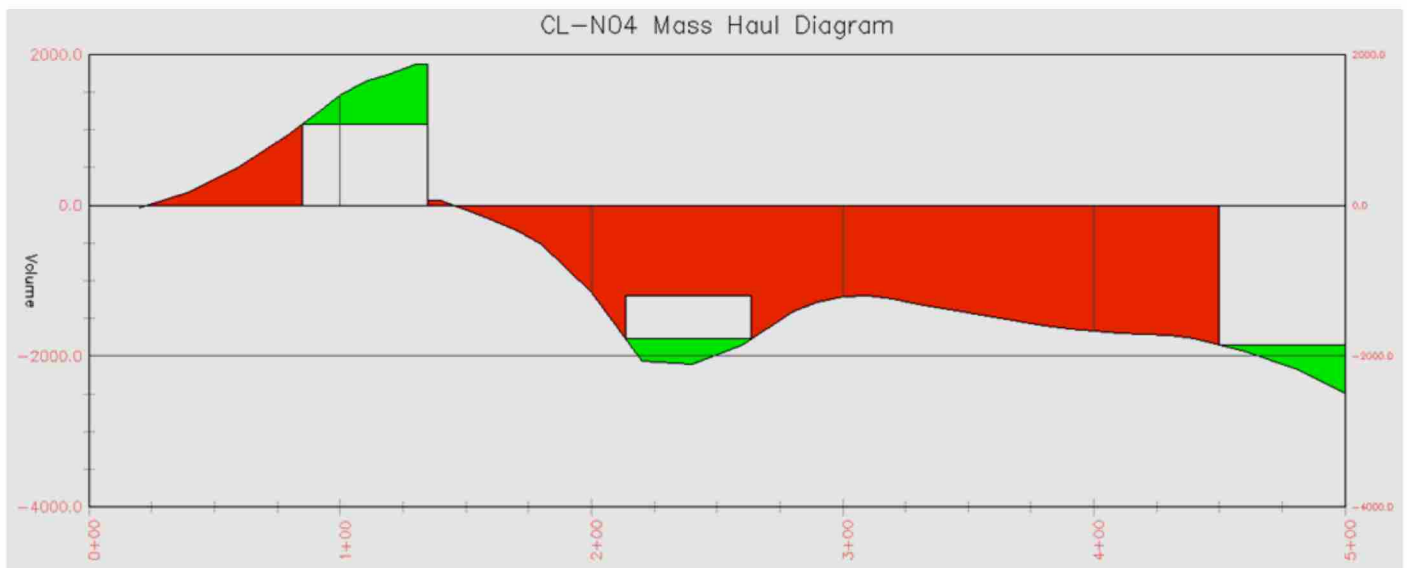
شکل (۸۵).

تول تیپ نشان داده شده در شکل فوق بیانگر این است که در کیلومتر ۰+۱۳۵ مقدار حجم تجمعی برابر ۱۸۶۴ مترمکعب است. نتیجه آنکه اگر در این کیلومتر، یک محل دپو به حجم تقریبی ۱۸۰۰ مترمکعب داشته باشیم، می توان احجام برداشته شده تا اینجای نمودار را در آنجا ذخیره نمود. نمودار بروکنر را انتخاب نموده و راست کلیک کنید. بر روی گزینه **Mass Haul Line Properties** کلیک کنید و در پنجره باز شده، سربرگ **Balancing Options** را انتخاب کنید. بر روی دکمه **Add Dump Site** کلیک کرده و در سطر جدید افزوده شده، مقادیر کیلومتر ۰+۱۳۵ و حجم تقریبی را وارد نمایید. بر روی **OK** کلیک کنید.



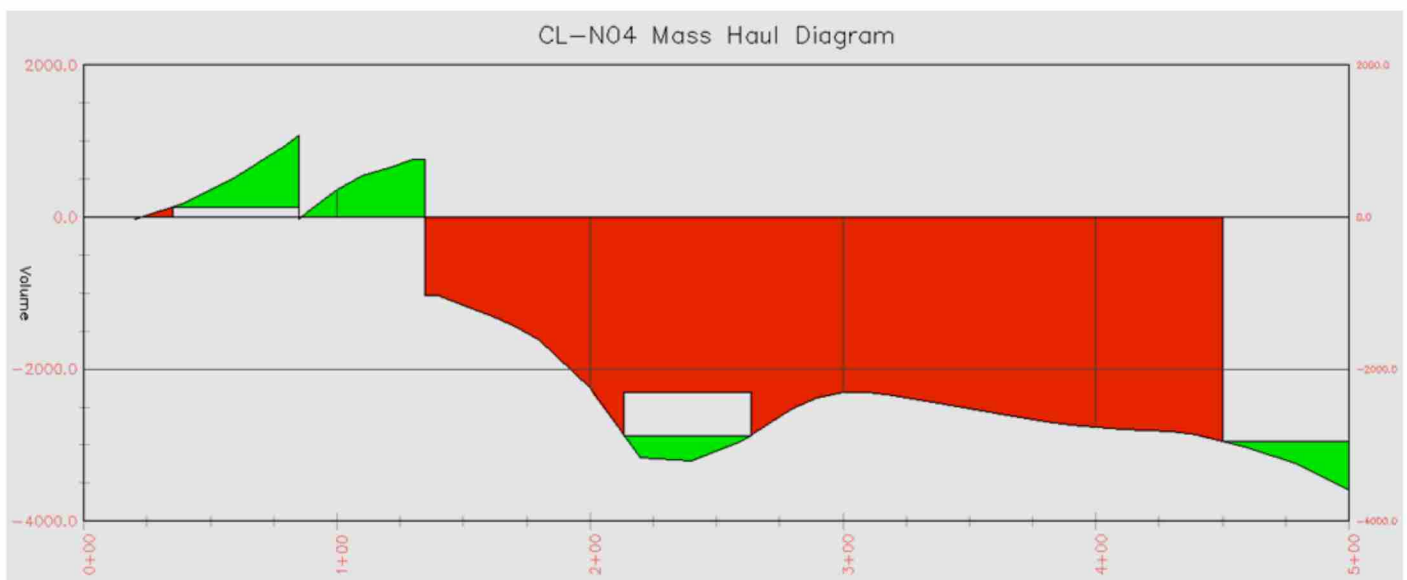
شکل (۸۶).

پس از انجام این عمل، تغییرات منحنی بروکنر به صورت زیر خواهد بود:



شکل (۸۷).

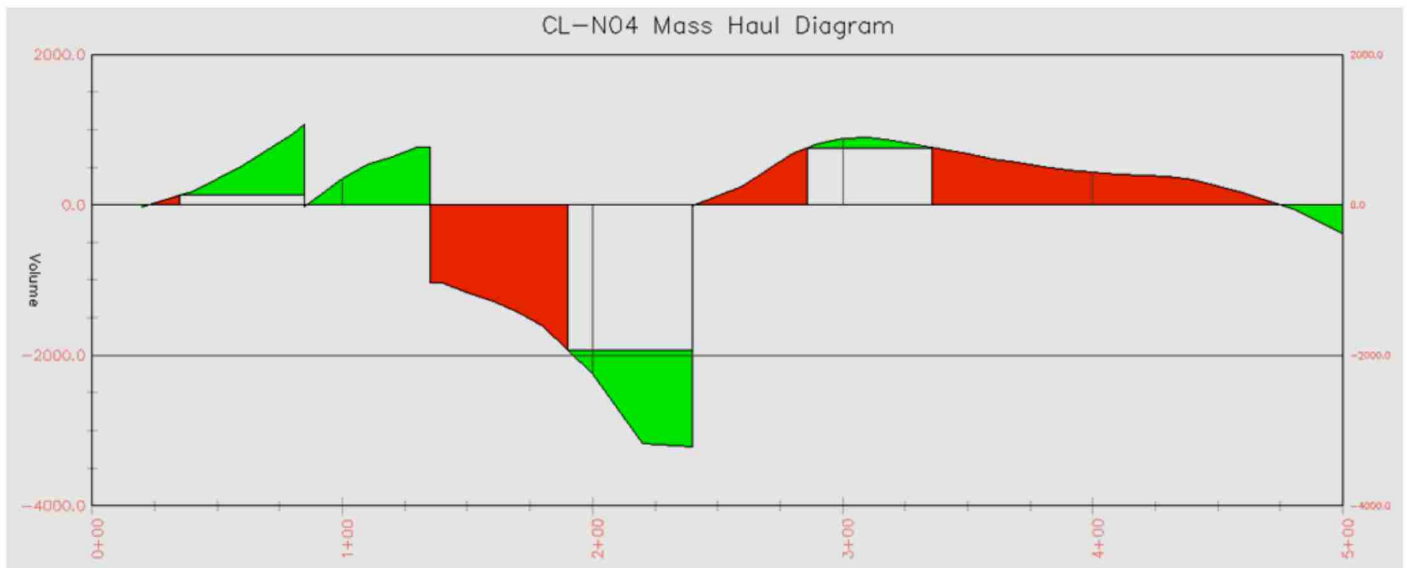
به قسمت مشخص شده با دایره سیاه رنگ در شکل فوق بزرگنمایی کنید. اگر ماوس را بر روی این نقطه نگاه داریم، در کیلومتر ۰+۰۷۵ مقدار حجم خاکبرداری تجمعی ۱۰۷۶ مترمکعب مشاهده میشود. بار دیگر به سربرگ Balancing Options رفته و در این کیلومتر ۰+۰۷۵ یک دیوی دیگر، اینبار به حجم ۱۰۷۶ مترمکعب ایجاد نمایید. شکل نهایی به صورت زیر خواهد بود.



شکل (۸۸).

به قسمت مشخص شده با دایره سیاه رنگ در شکل فوق بزرگنمایی کنید. اگر ماوس را بر روی این نقطه نگاه داریم، در کیلومتر ۰+۲۴۰ مقدار حجم خاکریزی تجمعی ۳۲۱۱ مترمکعب مشاهده میشود. به سربرگ

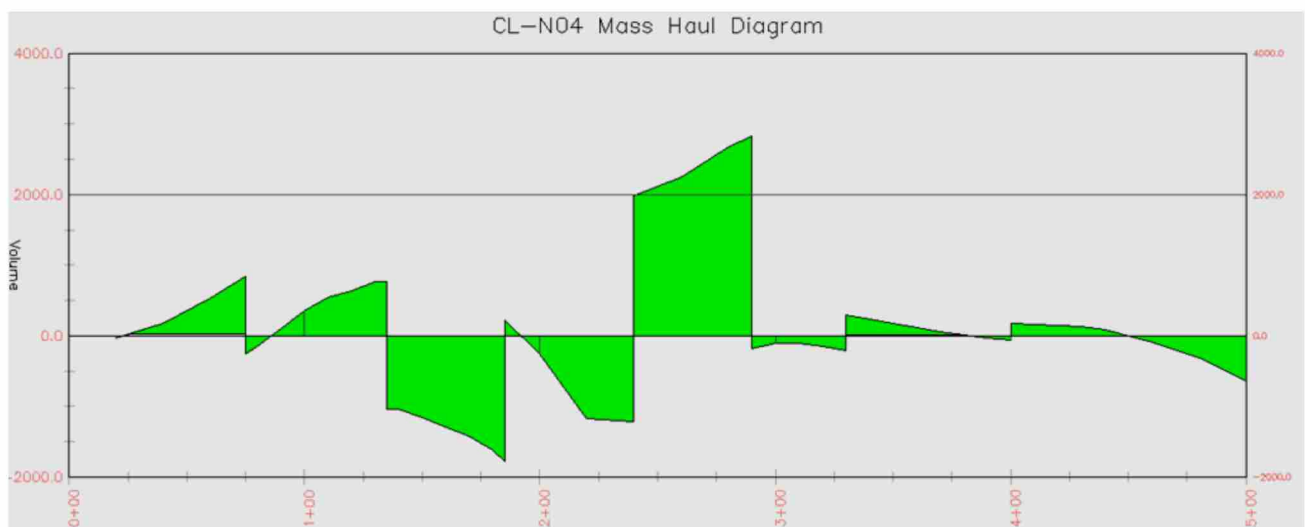
Balancing Options رفته و در این کیلومتر، یک قرضه (Borrow Site) به حجم ۳۲۰۰ مترمکعب ایجاد نماید. شکل نهایی به صورت زیر خواهد بود.



شکل (۸۹).

به قسمت مشخص شده با دایره‌ی سیاه رنگ در شکل فوق بزرگنمایی کنید. اگر ماوس را بر روی این نقطه نگاه داریم، در کیلومتر ۱۸۵+۰ مقدار حجم خاکریزی تجمعی ۱۹۳۵ مترمکعب مشاهده میشود. به سربرج Balancing Options رفته و در این کیلومتر، یک قرضه (Borrow Site) به حجم ۲۰۰۰ مترمکعب ایجاد نماید.

این عمل را تا جایی ادامه دهید که تمامی مناطق زیر منحنی بروکنر سبز شوند. در شکل زیر نتیجه نهایی و نمودار بروکنر نهایی مشاهده میشوند.



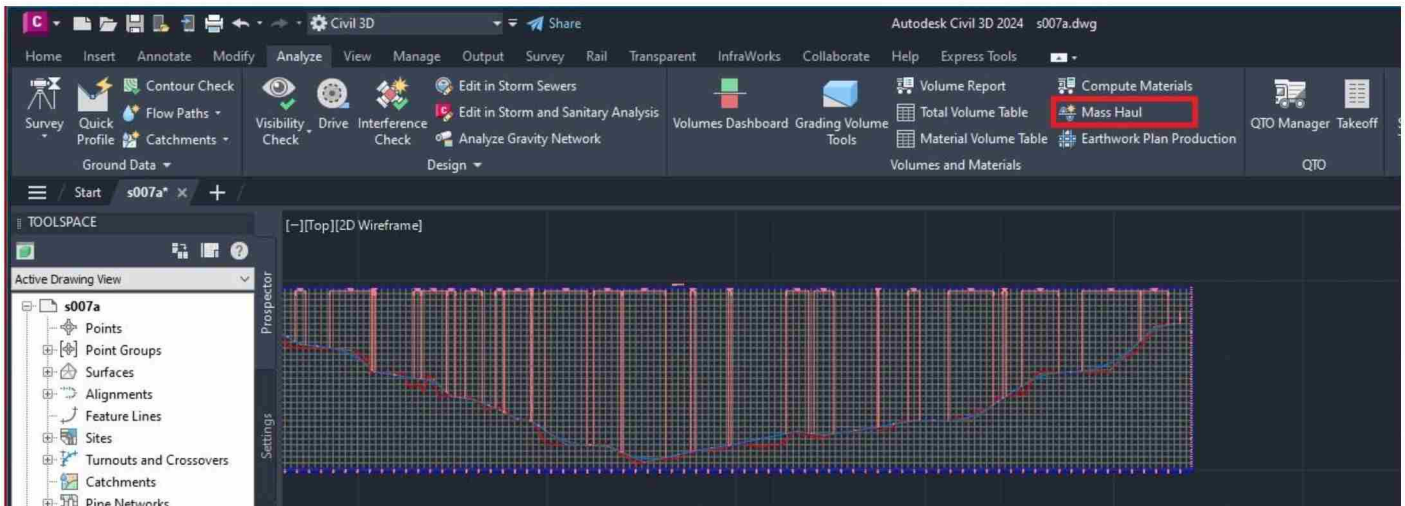
شکل (۹۰).

Type	Station	Capacity
Dump Site	0+075.00	1100.00 Cu. M.
Dump Site	0+135.00	1800.00 Cu. M.
Borrow Pit	0+185.00	2000.00 Cu. M.
Borrow Pit	0+240.00	3200.00 Cu. M.
Dump Site	0+290.00	3000.00 Cu. M.
Borrow Pit	0+330.00	500.00 Cu. M.
Borrow Pit	0+400.00	250.00 Cu. M.

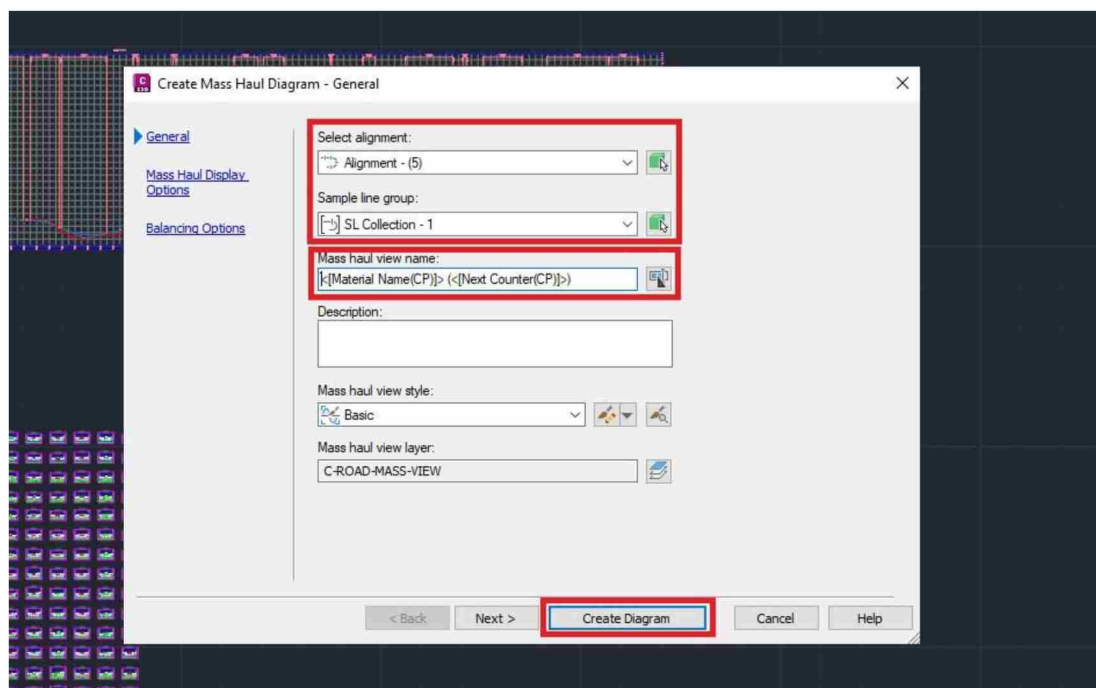
شکل (۹۱).

از عوامل مهم در انتخاب مناطق قرضه و دیو، مسطح بودن این مناطق و نیز بهینه بودن تعداد این مناطق است. گاه لازم است آنقدر منحنی بروکتر دستکاری شود تا به تعداد مناسب و در مناطق خاصی بتوانیم قرضه و دیو داشته باشیم به طوری که تمام محیط زیر نمودار سبز رنگ شود. مثال فوق تنها یک تمرین ساده با یک مسیر کوتاه است. در مسیرهای واقعی، معمولاً فاصله مجاز حمل بیش از ۳ کیلومتر است و احجام بالقوه در این مناطق مقادیر بزرگی هستند. به عنوان تمرینی دیگر میتوانید از ترسیم های Mass Haul-1 و Mass Haul-2 واقع در قسمت Tutorial های Civil 3D استفاده کنید.

روش ۲ (دستی): روش دستی نسبت به روش اول ساده تر است اما باید نحوه تعیین خط پخش بهینه در حالات های ممکن را مسلط باشید. در روش دستی کافی است ابتدا منحنی بروکتر را به صورت خام تولید کنید. برای اینکار کافی است در سربرگ Analyze قسمت Mass Haul را انتخاب می کنیم.



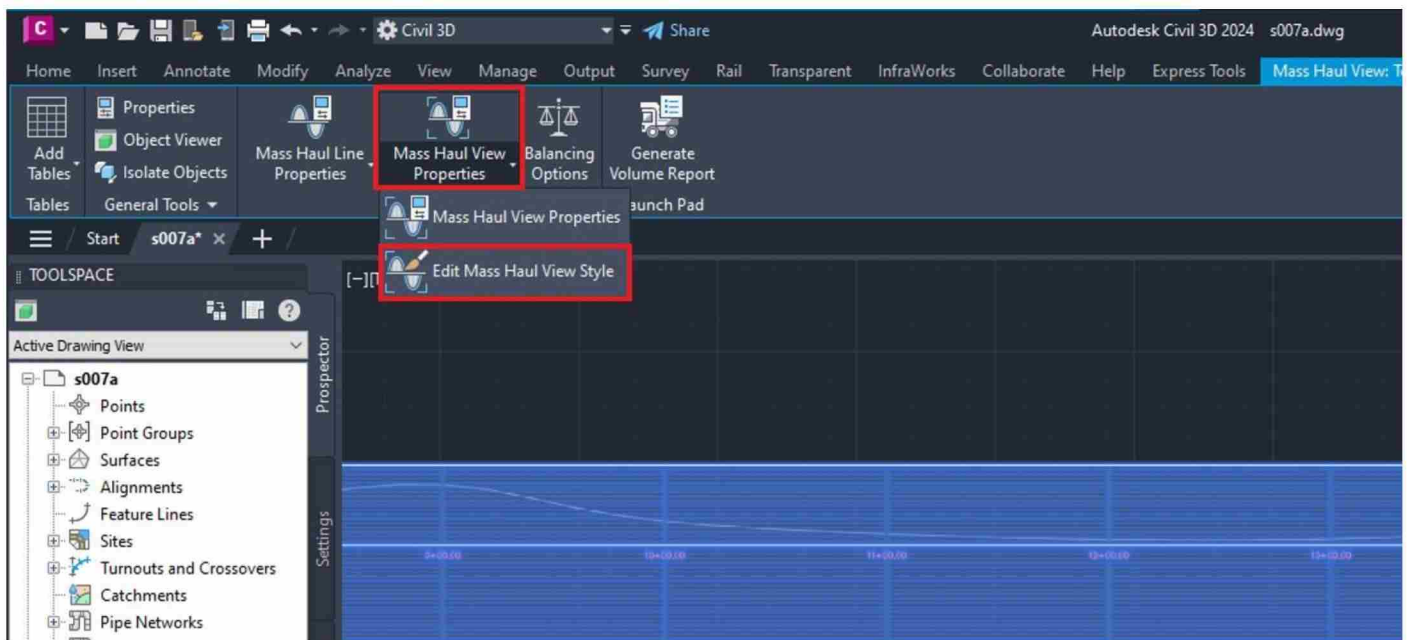
شکل (۹۲). شروع به ساخت منحنی بروکنر



شکل (۹۳). پنجره ساخت Mass Haul

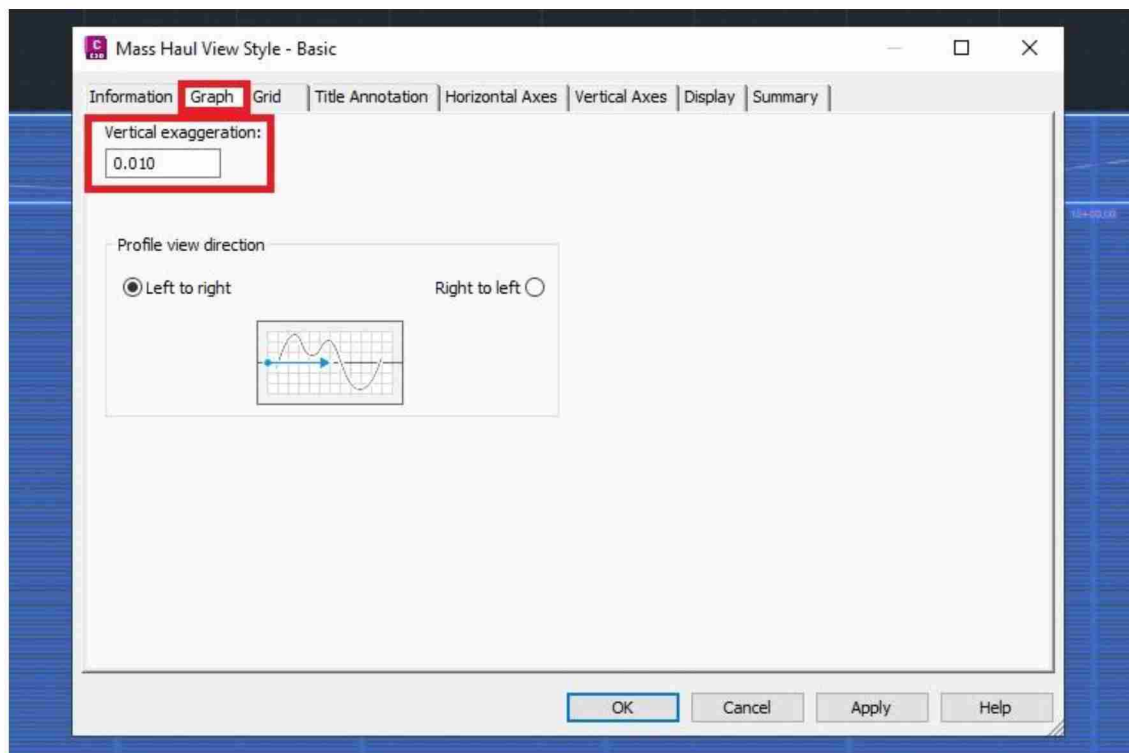
پنجره ای باز می شود در قسمت اول مسیر و نمونه خطوط را انتخاب می کنیم در قسمت بعد می توان نامی برای منحنی بروکنر انتخاب کنیم و در آخر گزینه Create Diagram را می زنیم و در محلی مناسب کلیک می کنیم تا منحنی بروکنر خام ما ایجاد شود.

مشکلی که ایجاد می شود این است که منحنی کمی کشیده است. برای حل این مشکل کافی است منحنی بروکنر را انتخاب کنیم در سربرگ باز شده روی زبانه قسمت Mass Haul View Properties گزینه دوم Edit Mass Haul View Style را انتخاب می کنیم.

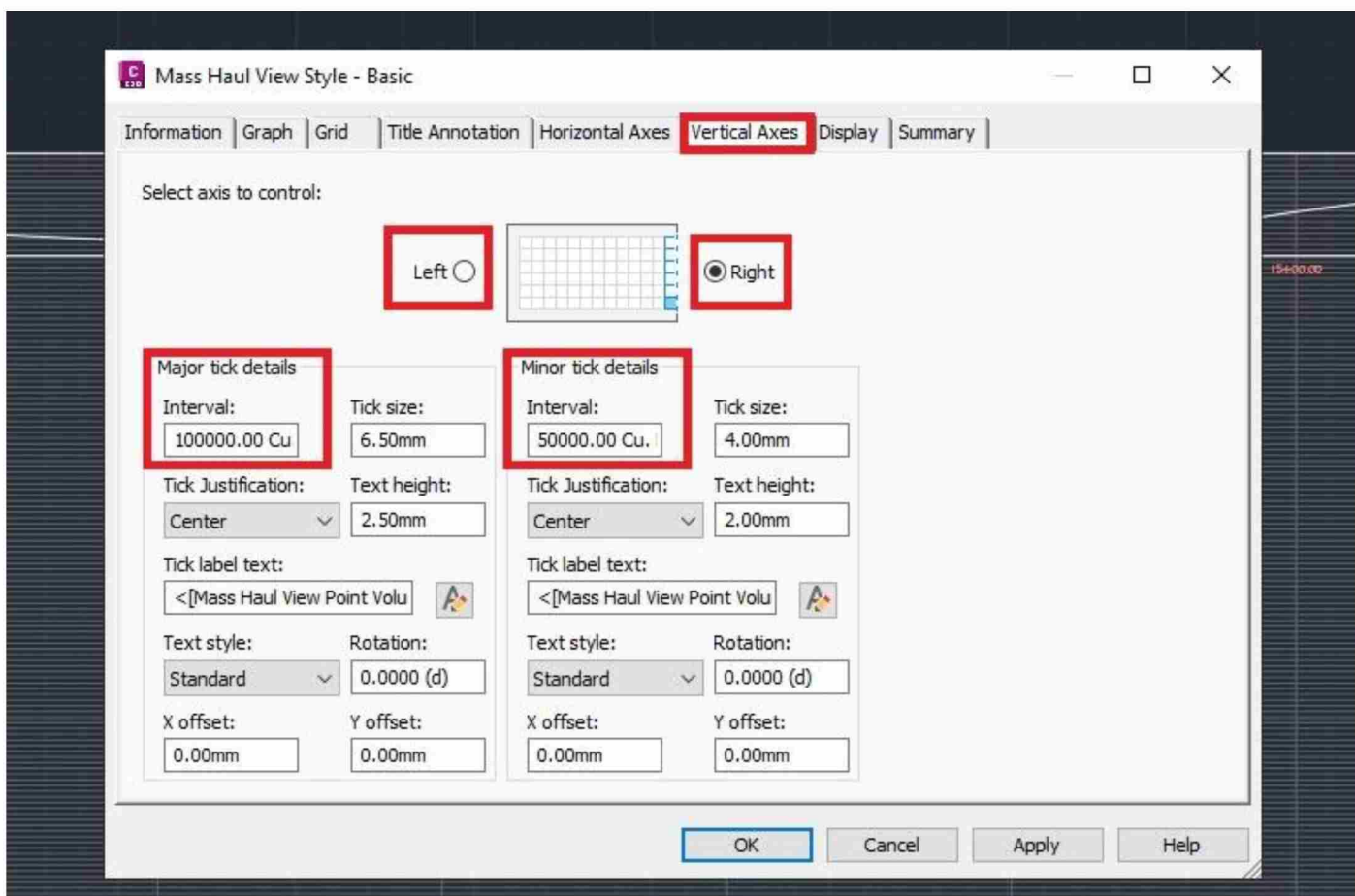


شکل (۹۴). Edit Mass Haul View Style

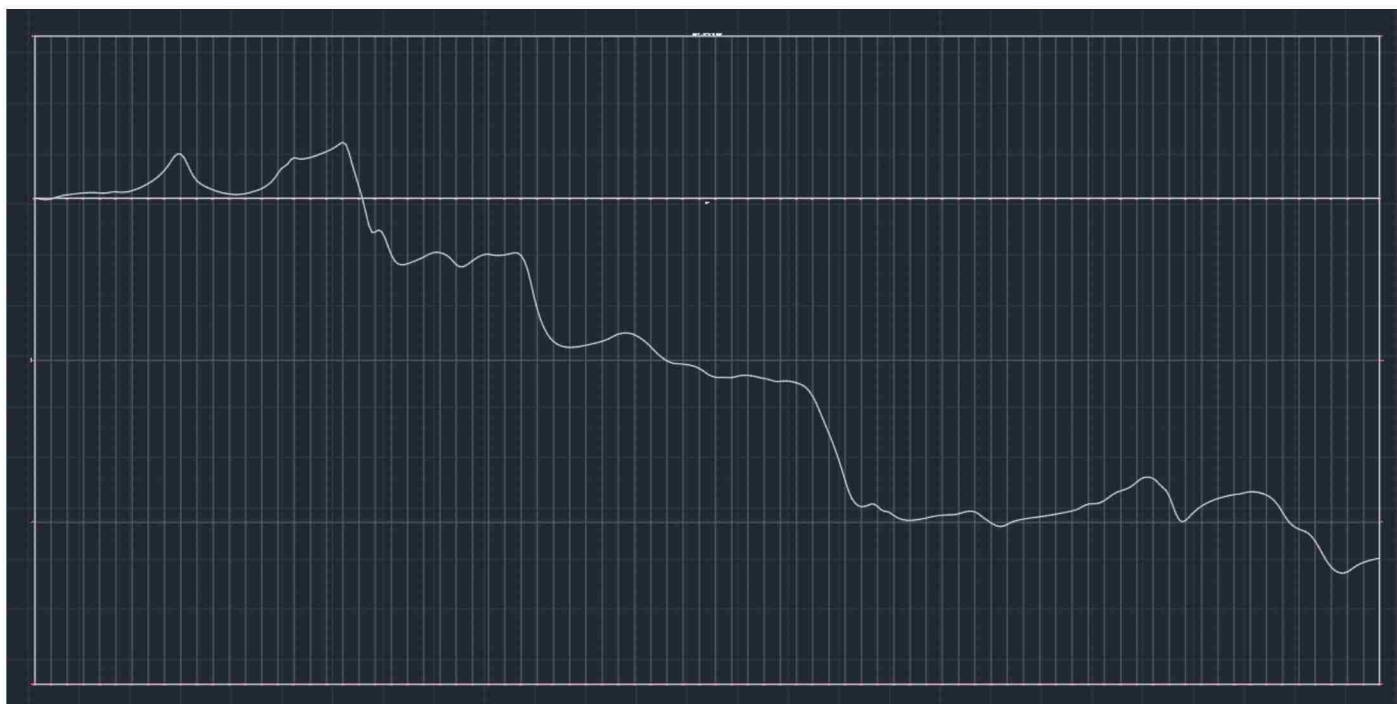
در سربرگ Graph در قسمت Vertical Exaggeration عدد 0.001 را به 0.01 تغییر می دهیم. در سربرگ Vertical Axes قسمت Major tick details در آن را روی ۱۰۰۰۰ مترمربع یا نصف آن تنظیم و در قسمت Minor tick details در آن را روی ۵۰۰۰ مترمربع یا نصف آن تنظیم می کنیم و برای قسمت Left نیز این کار را انجام می دهیم روی OK کلیک می کنیم.



شکل (۹۵). سربرگ Graph



شکل (۹۶). سربرج Vertical Axes



شکل (۹۷). منحنی بروکنر خام

نکته ۲۰: در منحنی بروکنر بالا در صورتی که شیب مثبت باشد (رو به بالا) به معنای خاکبرداری و در صورتی که شیب منفی باشد (رو به پایین) به معنای خاکریزی است.

نکته ۲۱: برای مشخص کردن بهترین مکان برای خط پخش بهینه کافی است که از جدول احجام حجم کل خاکبرداری را از حجم کل خاکریزی کم کرده و تقسیم به دو کنیم. (این روش اکثر اوقات به خصوص زمانی که منحنی با یک شیب کلی به بالا یا پایین می رود).

حالا فایل و civil 3D خود را می بندیم و از فایل خود کپی گرفته و نام کپی را تغییر می دهیم و در AutoCAD باز می کنیم. در منحنی بروکنر با توجه به نکته بالا خط پخش بهینه (زرد) را رسم می کنیم. خطی به عنوان فاصله قرضه و دیو (قرمز) در وسط و ابتدای مسیر نیاز داریم. البته قابل ذکر است که برای هر منحنی بروکنر ممکن است چند حالت مختلف وجود داشته باشد که ۳ حالت را به صورت جزئی در اینجا نمایش می دهیم.

همانطور که مشاهده می کنید سه حالت منحنی بروکنر در شکل های زیر وجود دارد کدام بهتر است؟ کافی است که مسافت عزم آن ها را محاسبه کنید و حالتی که مسافت عزم حمل کمتری داشت بهتر است البته حالتی که کمترین مساحت روی نمودار را دارد می تواند پتانسیل این که کمترین مقدار را نیز داشته باشد را دارا باشد.

در ادامه مطلب برای محاسبه مسافت عزم حمل را برای حالت دوم محاسبه می کنیم.



شکل (۹۸). حالت اول منحنی بروکنر

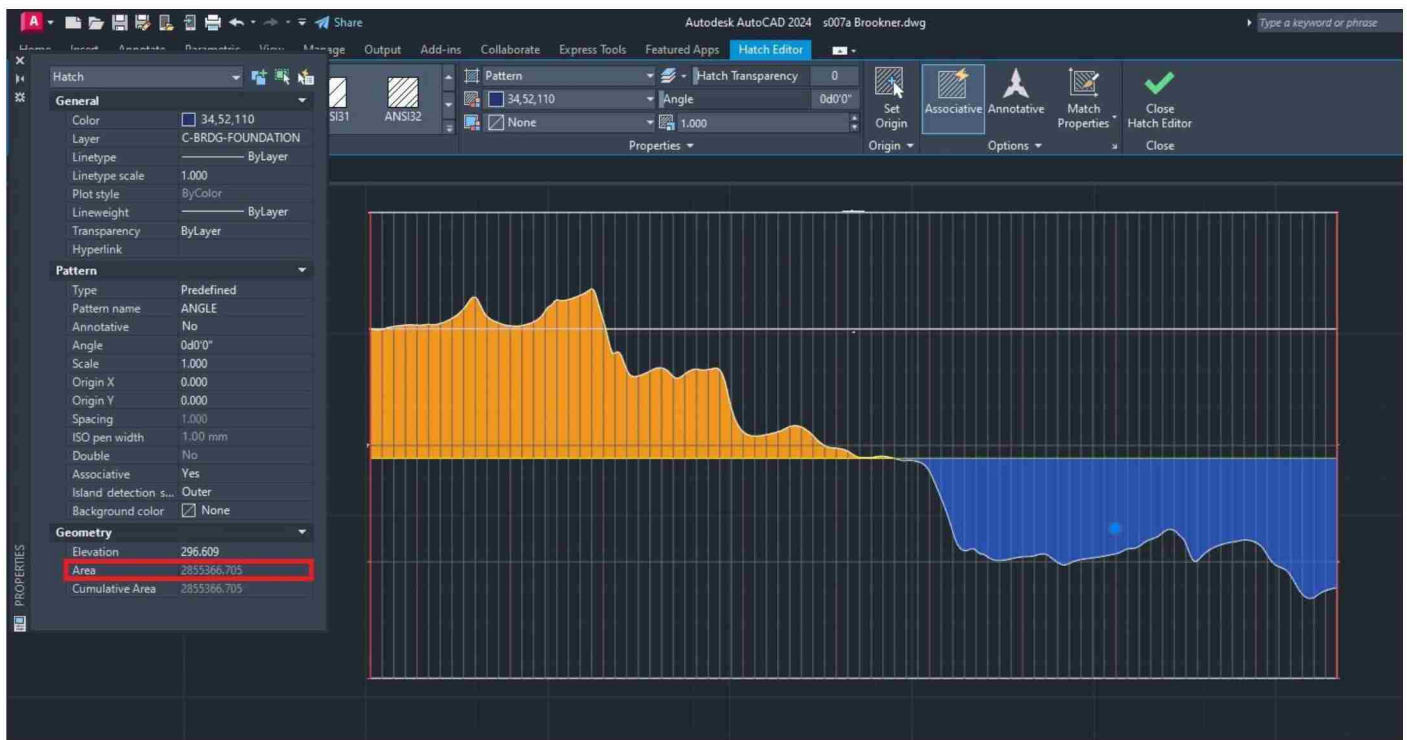


شکل (۹۹). حالت دوم منحنی بروکنر



شکل (۱۰۰). حالت سوم منحنی بروکنر

برای محاسبه مساحت روی نمودار کافی است به صورت دو بخشی آن را Hatch بزنیم و برای این کار کافی است کلید H و بعد Enter بزنیم. (دقت کنید که بعد از تمام شدن بخش اول دستور را ببندید و دوباره اجراء کنید.) بعد از هچ زدن کافی است از قسمت Properties که با کلیک راست و یا $Ctrl + 1$ قابل باز شدن است را باز کنیم. با انتخاب هچ هر بخش می توانیم مساحت آن را در قسمت Area بررسی کنیم.



شکل (۱۰۱). محاسبه مساحت روی نمودار

کافی است این مساحت های هر بخش را در اکسل را در یادداشت کنیم و برای مسافت حمل کافی است بیشترین فاصله را نسبت به خط پخش بهینه انتخاب کنیم. برای قرضه و یا دپو کافی است که بیشترین طولی که با هج دارند را در نظر بگیرد و در فاصله محل آن ها تا محور مسیر که در اینجا ۶۰۰ متر در نظر گرفته شده ضرب کنیم. در شکل زیر خط های سبز مسافت حمل را نشان می دهند.



شکل (۱۰۲). محل های مناسب بررسی طول مسافت حمل در نمودار

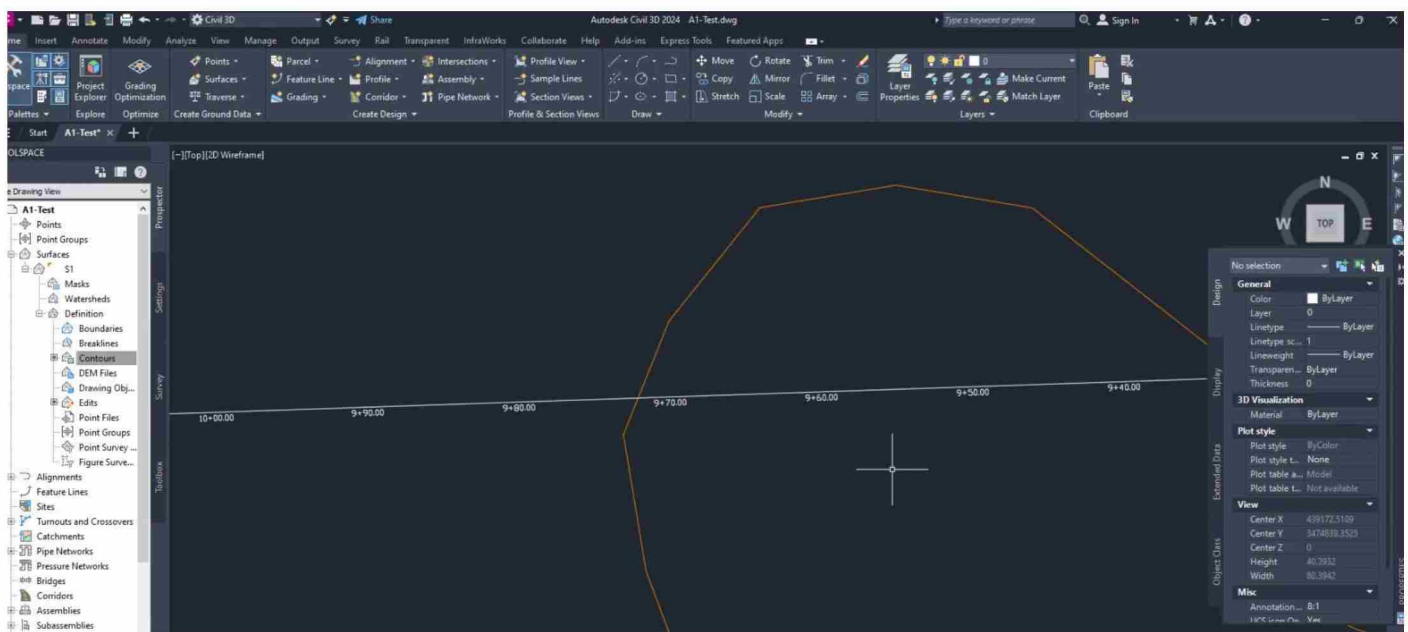
	A	B	C	D	E	F	
1	i	Vi	di				
2	1	2855367	1202				
3	2	666600	1111				
4	3	664200	1107				
5	4	3500111	1456				
6		7686278			مسافت عزم حمل	1301.563	
7							

شکل (۱۰۳). محاسبات اکسل مسافت عزم حمل

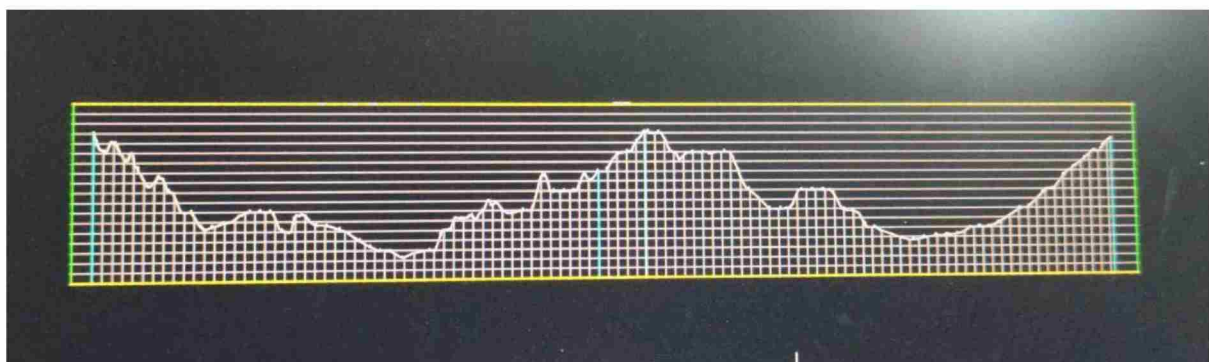
شکل بالا محاسبات را در اکسل نشان می دهد.

مشکلات معمول

۱- معمولاً زمانی که فایل خام پروژه که شامل نقشه توپوگرافی حال چه به صورت خط (contour) یا به صورت نقطه (point) باشد. انجام بقیه مراحل پروژه در آن امکان پذیر نیست، به دلیل اینکه همراه فایل خام style ها و ... نیامده است، که باعث می شود مشکلاتی مانند درست نبودن واحد ها، عدم امکان تغییر در style ها و ... است.

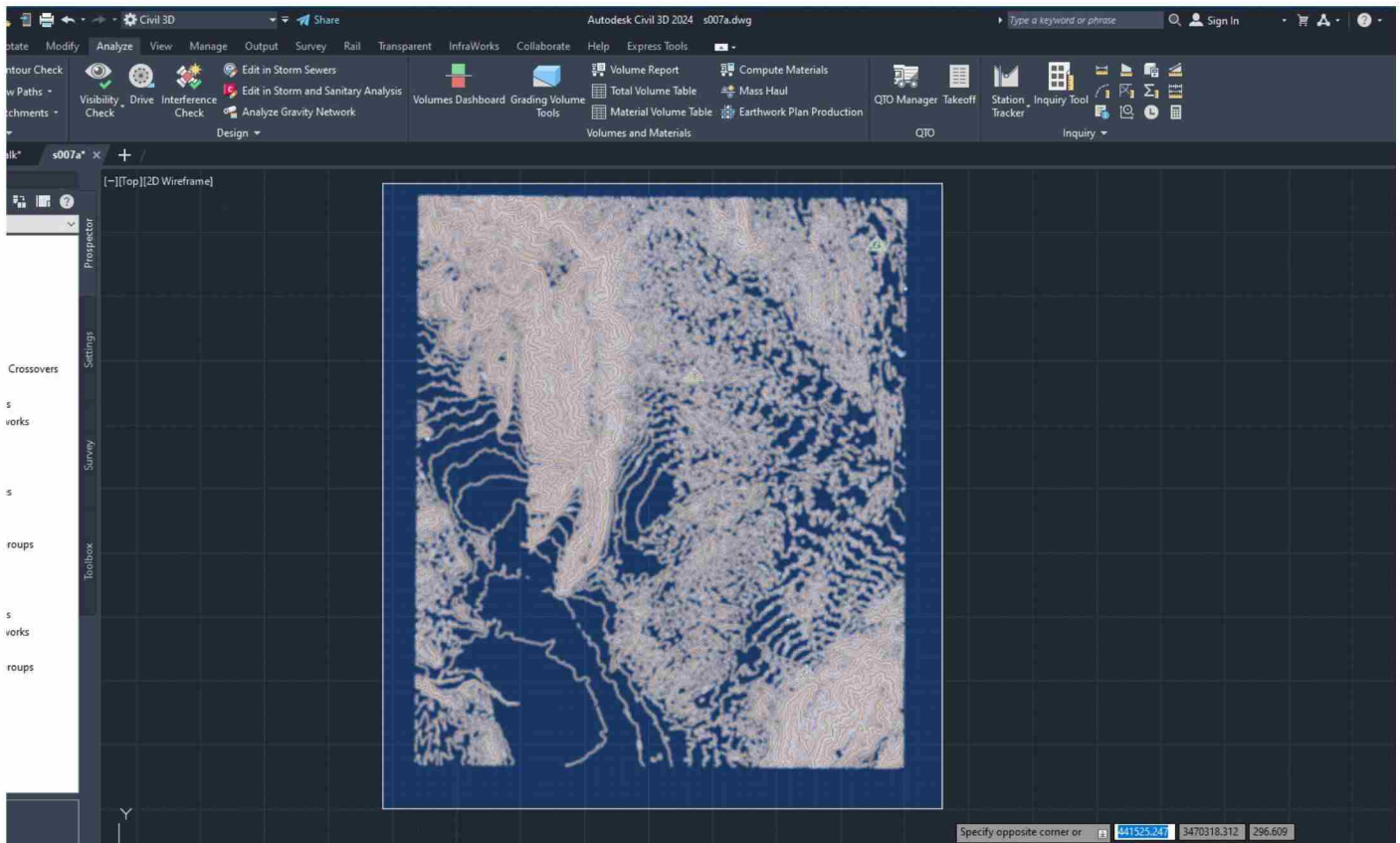


شکل (۱۰۴). درست نبودن واحد اندازه گیری مسیر و بدون style بودن آن



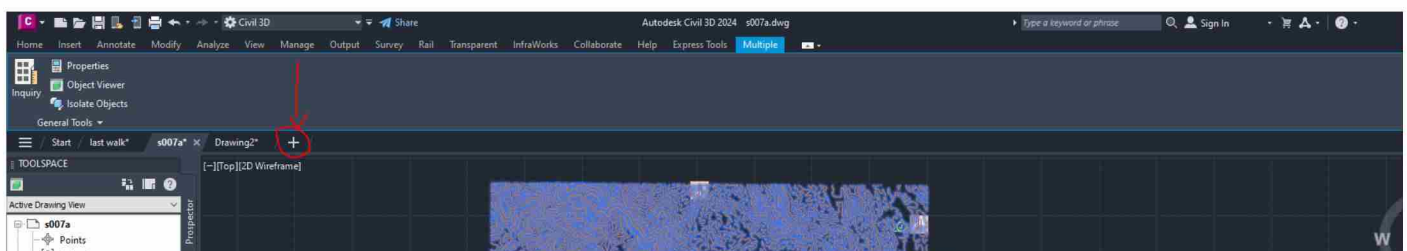
شکل (۱۰۵). بدون style بودن پروفیل طولی

برای حل این مشکل کافی است که در Civil 3D محتویات فایل خام خود را در فایل جدید به صورت زیر انتقال دهید.



شکل (۱۰۶). انتخاب محتویات فایل خام

بعد از انتخاب محتویات فایل خام آن را کپی ($ctrl + C$) می کنیم. حال در سربرگ فایل ها با استفاده از علامت + یک فایل جدید یا Drawing باز می کنیم.



شکل (۱۰۷). یک فایل جدید یا Drawing باز کردن

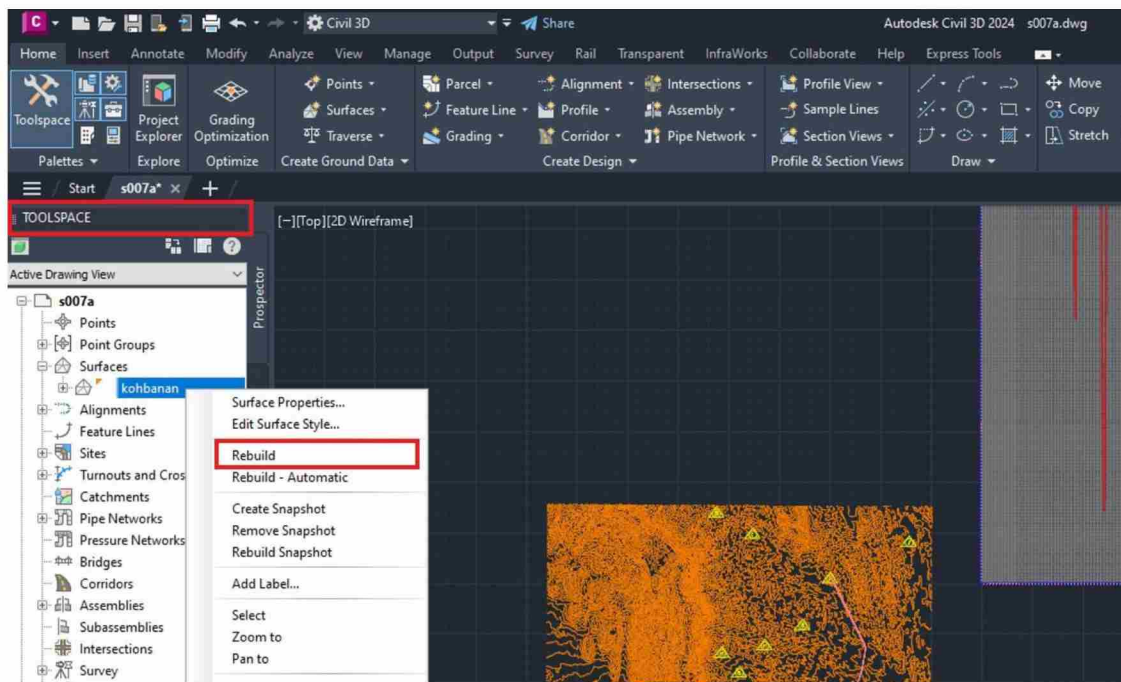
و در آخر در Drawing باز شده راست کلیک کرده، روی گزینه Clipboard رفته و روی آخرین گزینه paste To Original Coordinates را انتخاب می کنیم. حال با خیال راحت می توان پروژه را انجام داد و نگران style ها و ... نبود. توجه داشته باشید که مسیر و پروفیل طولی و ... ساخته شده قبل از این عملیات مشکلات خود را نگه می دارند و باید حذف شوند.

۲- خطوط (کانتور های) توپوگرافی بدون ارتفاع: در صورتی که قبل از surface زدن خطوط بدون ارتفاع داشتید و آنها را ارتفاع گذاری کردید معمولا چندین خط همیشه بدون ارتفاع (صفر) و یا حتی با ارتفاع غلط ممکن است ثبت شود. در این حالت کافی است این خطوط توپوگرافی بدون ارتفاع را با استفاده از پروفیل طولی پیدا کنیم و ارتفاع آنها را ثبت کنیم.



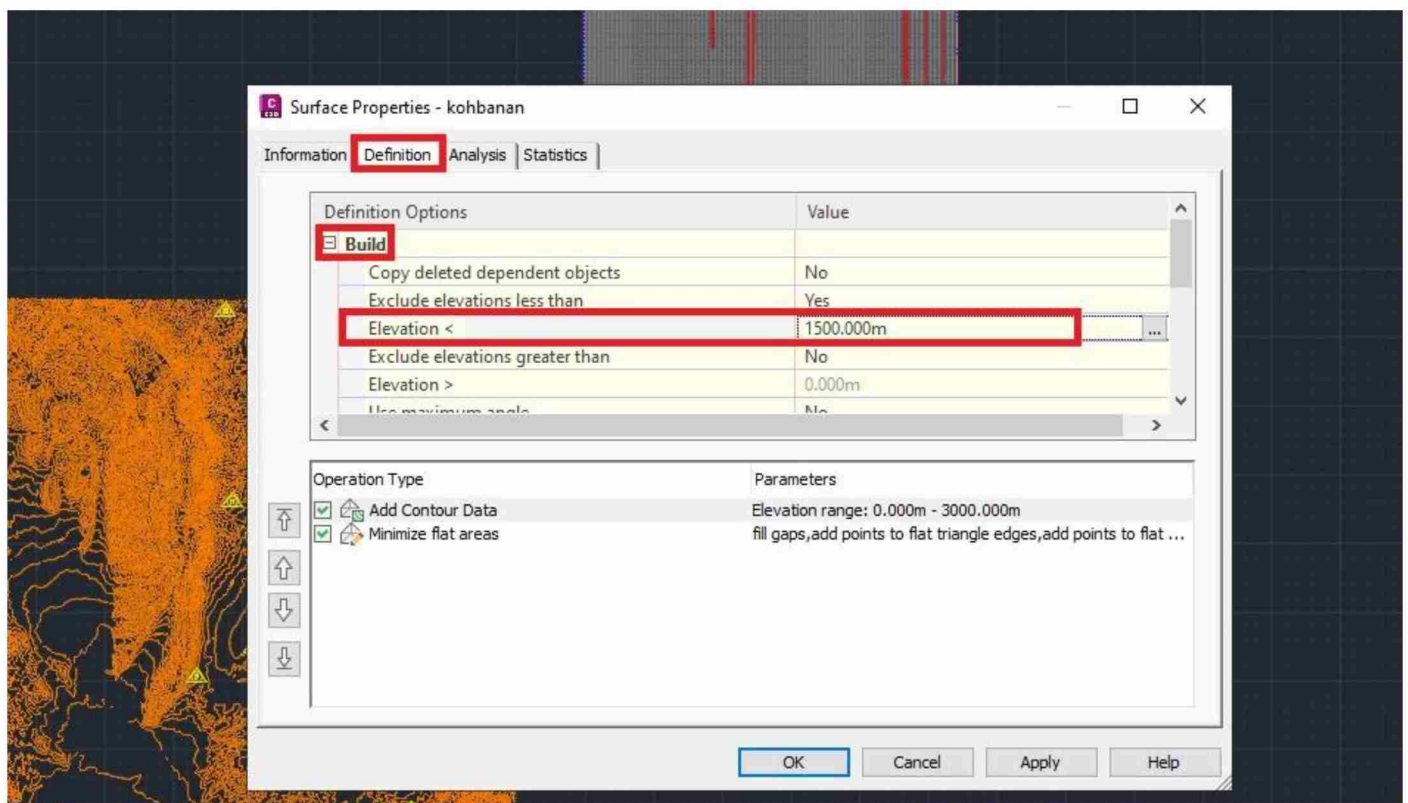
شکل (۱۰۸). پروفیل طولی دارای فرورفتگی های غیر معمول

محل فرورفتگی در پروفیل طولی که مشخص شد به محل آن در مسیر رفته و خطوط اطراف آن را بررسی می کنیم و پس از پیدا کردن خط مورد نظر ارتفاع آن را تصحیح می کنیم. زمانی برای همه فرورفتگی ها این کار انجام شد، در قسمت TOOLSPACE روی نام Surface خود کلیک راست کرده و گزینه سوم Rebuild را انتخاب کنیم. بعد از چند ثانیه فرورفتگی در پروفیل طولی برطرف می شود.



شکل (۱۰۹). بازسازی Surface

برای حل این مشکل راه دیگری نیز وجود دارد که توصیه می شود، بعد اینکه چند بار مسیر و پروفیل طولی زدید و مشکلات Surface خود را برطرف کردید، انجام دهید. در قسمت TOOLSSPACE روی نام Surface خود کلیک راست کرده و گزینه اول Surface Properties را انتخاب کنیم.



شکل (۱۱۰). تنظیمات ارتفاعی خطوط Surface

در پنجره باز شده سربرگ Definition قسمت Build سومین قسمت را به جای منفی ۱۰۰۰ متر به سه چهارم ارتفاع معمول پروژه تغییر می دهیم. در آخر OK را می زنیم و دوباره Rebuild را انجام می دهیم. حال مشاهده می شود که این مشکل مانند شکل زیر برطرف شده است.



شکل (۱۱۱). خطوط ارتفاعی بدون فرورفتگی غیر معمول

۳- کپی کردن در Civil 3D امکان پذیر نیست چرا که اکثر اجزای مسیر مانند Alignment, Profile و... اجزائی هستند که Dependent و یا وابسته اند یعنی اینکه اگر بخواهید Alignment را کپی کنید بقیه اجزائی که به Alignment وابسته اند با آن کپی می شوند و کاری در این خصوص نمی شود انجام داد. مگر اینکه فقط مسیر را بخواهیم کپی کنیم که کافی است روی آن پی لاین رسم کرده و بعد پی لاین را کپی کنیم و به جای دیگر دل خواهی انتقال دهیم.

منابع

- ۱- نشریه ۴۱۵ - آیین نامه طرح هندسی راه ایران - معاونت نظارت راهبردی امور نظام فنی
- ۲- طرح هندسی راه - دکتر حمید رضا بهبهانی
- ۳- روسازی راه - دکتر امیر محمد طباطبایی
- ۴- محاسبات عملیات خاکی و منحنی بروکنر - موسی سالمی