به نام خدا

دانشگاه شمس گنبد کاووس

پروژه راه سازی

استاد مربوطه: آقای مهندس اسماعیل عبدالله زاده

دانشجو: محسن تیموری

بهار ۹۲

MOHSEN TEIMOORY

پروژه دانشجویی راهسازی

نشر دهنده: وبگاه مهندسی سازه و زلزله

تعداد صفحات: 67

تهییه کننده: محسن تیموری

وبگاه: http://m-teimoory.blogfa.com/

ایمیل: Mohsen.teimoory@gmail.com

توجه: برای تهیه این پروژه از نرم افزار civil3d-2014 استفاده شده است.ضمنا بنا به دلایلی پروفیل های طولی و خط پروژه ی همراه با این پروژه کمی تغییر داده شده است و با محاسبات اصلی همخوانی ندارد. بنابراین پروفیل های مورد نظر و محاسبات با فایل pdf همخوانی کامل نداشته و فقط برای آشنایی میباشد.

MOHSEN TEIMOORY

فهرست

فصل اول:مسیر یابی.....4

فصل دوم:مشخصات فنی واریانت و محاسبات قوس های افقی.....8

فصل سوم:محاسبات قوس قائم.....24

فصل چهارم:مطالعات ترافیکی.....27

فصل پنجم:ترسیم نیمرخهای عرضی و حجم خاکبرداری.....38

فصل ششم:منجنی بوکنر.....43

فصل هفتم:روسازی راه.....53

MOHSEN TEIMOORY

فصل اول:

مسیریابی

رسم مسیر اولیه راه بر روی نقشه توپوگرافی:

عوامل مختلفی در انتخاب مسیر مؤثر هستند که به شرح ذیل خلاصه می شود:

1- دسترسی: یک راه علاوه بر اتصال دو نقطه مبدا و مقصد باید دسترسی مراکز جمعیتی بین مبدا و مقصد را نیز تامین نماید.

2- عوارض طبیعی: شامل پستی و بلندی های زمین ، کوه ، دریاچه و رودخانه است . گذشتن از عوارض طبیعی مستلزم انجام خاکبرداری ، خاکریزی ، احداث پل و تونل می باشد که هزینه های زیادی را در بر دارد.

3- ضوابط طرح هندسی: هدف از طرح هندسی احداث یک راه ایمن و متناسب با حجم ترافیک ، سرعت وسایل نقلیه و خصوصیات رانندگان است.

4- زمین شناسی: این مطالعات از نظر شناخت مناطقی که احتمال لغزش، رانش، نشست و ریزش در آن زیاد است، قابل اهمیت است. همچنین شناخت آبهای زیر زمینی خصوصا در محل و احداث تونل ها و تعیین ارتفاع خاکریز ها مهم می باشد.

5- جنس پی جسم و ساختما ن ها: پارامتر مقاومت زمین چه از نظر قرار گیری خاکریز ها بر روی زمین و چه از نظر احداث پل ها و دیوار ها عامل موثری در انتخاب مسیر است . مخارج احداث راه بر روی زمین های سست و باتلاقی بسیار زیاد است و حتی الامکان باید سعی گردد از این مناطق عبور داده نشود.

6- نگهداری راه: انتخاب مسیر راه در چگونگی و مخارج نگهداری راه تاثیر می گذارد .

MOHSEN TEIMOORY

7- زیبـــایی راه: عواملی مانند هماهنگ سازی قوس های افقی و قائم و پیروی مسیر راه از وضعیت طبیعی زمین و بافت شهری

8- حفظ محیط طبیعی: عدم تخریب جنگل ها و منابع طبیعی و رودخانه ها برای انتخاب مسیر مهم است.

9- حفظ محیط انسانی

10- مخارج ساختمان راه

حداقل طول لازم (l_{min}) جهت عبور مسیر از یک تراز به تراز مجاور:

حداقل طول لازم با توجه به فرمول شیب به صورت ذیل محاسبه می شود:

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta l} = \frac{\Delta h}{l_{min}} \quad \Rightarrow \quad l_{min} = \frac{h_2 - h_1}{i} = \frac{\Delta h}{i} \qquad , \qquad i \le i_{max}$$

که،

h_1 : ارتفاع پایین تر

h_2 : ارتفاع بالا تر

i : شیب در نظر گرفته شده

i_{max} : حداکثر شیب مجاز

l_{min} : حداقل طول لازم با در نظر گرفتن شیب مجاز جهت عبور مسیر از یک خط تراز به خط تراز مجاور

حداکثر شـیب طولی (i_{max}) با توجه به جدول 12-8 صفحه 306 کتاب طرح هندسی راه" بهبهانی"، و با توجه به اینکه نوع منطقه در صـورت پروژه **تپه ماهور** و نوع راه، **راه اصـلی درجه یک** می باشـد، برابر 6 درصـد به دســـت می آید. همچنین با توجه به بند 3-3-3 آیین نامه طرح هندســـی راهها ایران (نشـــریه 161) راه تپه ماهوری راهی اســت که زمین محدوده عبور، پســتی و بلندی ملایمی دارد. خط بزرگترین شــیب عموما" دارای شیب 3 تا 7 درصد است.

و نیز با توجه به جدول 5-22 آیین نامه حد اکثر شیب طولی راه اصلی برابر است با:

MOHSEN TEIMOORY

نوع منطقه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)					
	60 و کمتر	70	80	90	100	110
	حداکثر شیب طولی (درصد)					
هموار	5	4	4	4	4	3
تپه ماهور	**6**	5	5	5	5	4
کوهستانی	8و7	6	6	6	-	-

جدول 5-22 آیین نامه (حداکثر شیب طولی راه اصلی)

بنابراین مقدار شیب را با توجه به این موارد، حداکثر آن 6 درصد در نظر می گیریم. در نقشه توپوگرافی فاصله خط های تراز (خط های پر رنگ تراز) برابر با 10 متر می باشد. بنابراین:

$$h_2 - h_1 = 10m$$

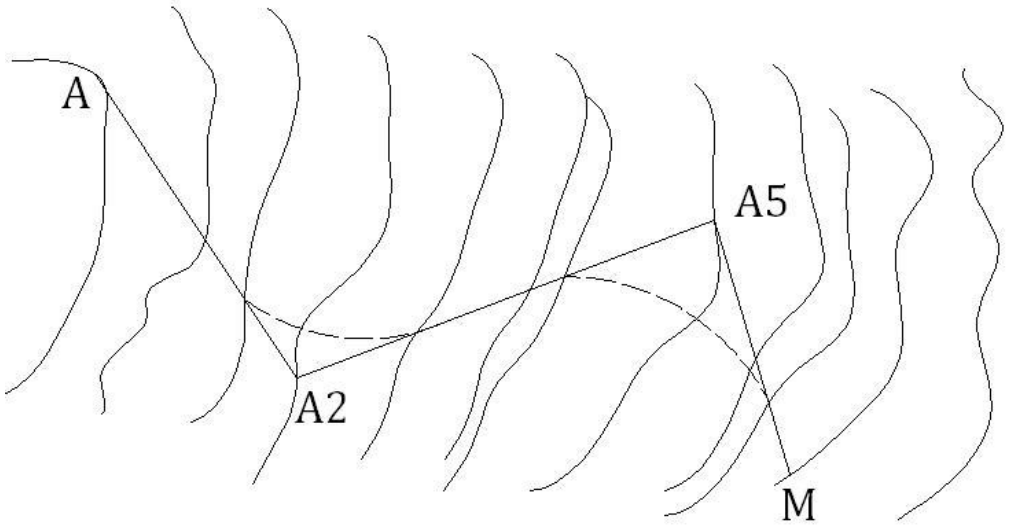
$$s = \frac{10}{6\%} * \frac{1}{2000} \Rightarrow s = 0.083m \longrightarrow 8cm$$

حال برای انجام مسیریابی بر روی نقشه توپوگرافی، دهانه پرگار را به اندازه sبا مقیاس 1:2000 (8 سانتیمتر) باز می کنیم و نوک پرگار را در نقطه شروع گذاشته و کمانی می زنیم، که به طور کلی برای کمان رسم شده سه حالت ممکن است به وجود آید:

- ✓ کمان رسم شده در دو نقطه خط تراز بعدی را قطع کند در این صورت نقطه ای را که در امتداد مقصد قرار دارد را انتخاب می کنیم.
- ✓ کمان رسم شده تنها در یک نقطه خط تراز بعدی را قطع کند که در این حالت همان یک نقطه را انتخاب می کنیم.
- ✓ کمان رسم شده خط تراز بعدی را قطع نکند که در این حالت نزدیک ترین مسیر دلخواه در راستای مسیر نهایی انتخاب می کنیم.

عمل فوق را تا مقصد ادامه می دهیم تا خط منکسر مسیر تئوری حاصل گردد. سپس با به کار بردن خط مستقیم، قوس ها و قوس های اتصال در محل های لازم مسیر واقعی را تکمیل می نماییم.

MOHSEN TEIMOORY



5

شکل (2) : اصلاح خطوط شکسته و اعمال قوس های لازم

MOHSEN TEIMOORY

فصل دوم:

مشخصات فنی واریانت

(پرو فیل طولی و قوس های افقی)

تعیین سرعت مبنای طراحی (V) و عوامل مرتبط با آن:

با توجه به بند 3-4-4 آیین نامه راه بند ب ، راه اصلی درجه یک دو طرفه با حداقل دو خط عبور در هر طرف با عرض سواره رو 3/60 برای هر خط و عرض شانه ها حداقل 0.9 متر تعریف می گردد.

حال طبق تعریف آیین نامه راه سرعت طرح، سرعتی است که برای تعیین حداقل مشخصات مربوط به طرح هندسی (پیچ ها، خم ها و فواصل دید) قطعه مورد نظر راه انتخاب می شود.

همچنین سرعت طرح برای طبقات مختلف راه و با توجه به عوارض زمین بر حسب کیلومتر در ساعت از طرف دفتر فنی سازمان برنامه و ابلاغیه های فنی وزارت راه در جدول 12-4 صفحه 292 کتاب طرح هندسی راه" بهبهانی" به شرح زیر تعیین شده است.

وضع عوارض / طبقه راه	جلگه	تپه و ماهور	کوهستانی
راه اصلی	100	80	65-50
راه استانی	80	**60**	35
راه منطقه ای	50	40	30
راه روستائی	40	30	20

[1] جدول- سرعت مبنا برای طبقات مختلف راه

MOHSEN TEIMOORY

همچنین مطابق جدول 4-2 و جدول 4-3 آیین نامه با توجه به نوع راه که اصلی می باشد، و با توجه به اینکه راه در منطقه تپه ماهور واقع شده، سرعت V_4 برای راه انتخاب می گردد که باید بین حداقل 60 کیلومتر بر ساعت قرار گیرد.

درجه بندی راه	طبقه بندی راه		
	کوهستانی	تپه ماهور	هموار
آزاد راه	V_3	V_4	V_5
بزرگ راه و راه اصلی جدا شده	V_3	V_4	V_4
راه اصلی	V_2	V_3	V_4
راه فرعی	V_1	V_2	V_3

جدول 4-3 آیین نامه گروه بندی سرعت طرح

نام گروه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)		
	حداقل	متوسط	حداکثر
V_1	30	40	50
V_2	**60**	**70**	**80**
V_3	80	90	100
V_4	110	110	110
V_5	130	130	130

جدول 4-2 آیین نامه گروه سرعت طرح برای درجه بندی راه

*سرعت مبنای طراحی در این پروژه با توجه به اینکه راه اصلی و تپه ماهور می باشد، و با توجه به مباحث آیین نامه راه و کتاب طرح هندسی راه (بهبهانی) برابر**60 کیلومتر بر ساعت** انتخاب می گردد.

شیب عرضی، دور یا بربلندی (e):

مقدار e طبق آیین نامه ایران و با توجه به این که فرض ما بر این است که محور راه در منطقه گرمسیری واقع شده است،0/12 می باشد. [2]

MOHSEN TEIMOORY

همچنین بـا توجـه بـه بنـد 5-2-3 آیین نامه با توجه به این که منطقه در معرض یخبندان قرار نداشـــته، دور حداکثر 12٪ برای آن انتخاب می گردد.

بنا براین داریم: $e = 0/12$

ضریب اصطکاک جانبی (f):

سرعت طراحی	40	50	**60**	70	80	90	100	110	120	130
ضریب اصطکاک	0/25	0/20	**0/15**	0/14	0/13	0/12	0/11	0/10	0/10	0/09

[3] جدول- ضریب اصطکاک جانبی

*با توجه به اینکه ســـرعت طراحی را 60 کیلومتر بر ســـاعت انتخاب کردیم، ضـریب اصطکاک از جدول فوق برابر با 0/15 به دست می آید.

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	ضریب اصطکاک جانبی (f)
30	0/17
40	0/17
50	0/16
60	**0/15**
70	0/14
80	0/14
90	0/13
100	0/12
110	0/11
120	0/09
130	0/08

جدول 5-2 آیین نامه - ضریب اصطکاک جانبی

MOHSEN TEIMOORY

شعاع حداقل مطلق قوس (R_{min}):

شـعاع حداقل مطلق قوس، حد اقل شعاعی است که می توان در قوس های مسیر از آن استفاده نمود؛ این شعاع از رابطه زیر قابل محاسبه است که در این رابطه سرعت بر حسب کیلومتربر ساعت می باشد:.

بند 5-2-2 آیین نامه این رابطه را به شرح زیر بیان می کند.

با توجه به پارامترهای بالا، مقدار R_{min} را می یابیم.

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

$$R_{min} = \frac{60^2}{127.2(0.12+0.15)} \rightarrow R_{min} = 105m$$

با توجه به توصیه آیین نامه در بند 5-3-2 بهتر است که از به کار گیری شعاع حداقل خودداری شود.

همچنین بهتر است که شعاع حداقل را به نزدیکترین عدد و **به سمت بالا** گرد نمود. بنابراین ما در این پروژه مقدار آن را برابر 130 متر در نظر می گیریم.

$$\text{select}: R_{min} = 130\text{m}$$

MOHSEN TEIMOORY

قوس ها:

بر اساس مطالب ارائه شده در فصل قبل، ملاحظه می رود که واریانت انتخاب شده مسیر شامل یک سری خطوط مستقیم (تانژانت) می باشد که در نقاطی دارای شکستگی شده اند . تامین راحتی رفت و آمد وسایل نقلیه مهندسی طراح را بر آن می دارد تا یک مسیر منحنی را جایگزین قسمتی از طرفین نقطه تقاطع تانژانت ها یا محل شکستگی (سومه) نماید . این مسیر منحنی که برای اتصا راستاهای متقاطع مسیر مورد استفاده قرار می گیرد ، قوس افقی نامیده می شود . قوسهای افقی دارای انواع مختلفی هستند . از مهمترین و کاربردی ترین انواع این قوسها می توان به قوسهای دایره ای ساده ، دایره ای مرکب ، دایره ای معکوس ، سربانتین ، شب دری و منحنی های اتصال (کلوتئید) اشاره نمود .

قوس کلوتئیدی:

قوس کلوتئیدی برای راحتی عمل رانندگی و همچنین تغییر تدریجی از شیب معمول جاده به دور کامل به کار می رود.

طبق تعریف بند 5-3-7 آیین نامه در مورد قوس کلوتوئید داریم : به منظور تامین ایمنی کافی در طرح راه بهتر است برای اتصال دو پیچ با اختلاف شعاع نسبتا" زیاد و یا اتصال یک مسیر مستقیم به یک پیچ دایره ای با شعاع کوچکتر، از قوس اتصال تدریجی (کلوتئید) استفاده می شود.

طول کلوتئید (l_s) که تابعی از سرعت طراحی است، برابر بزرگترین مقدار به دست آمده از روابط زیر ([6] و [7]) زیر می باشد که در آنها V سرعت طراحی بوده و برابر 60 کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شده و همچنین e شیب عرضی یا دور می باشد که برابر با 0/12 در نظر گرفته شده است:

واریانت اصلی :

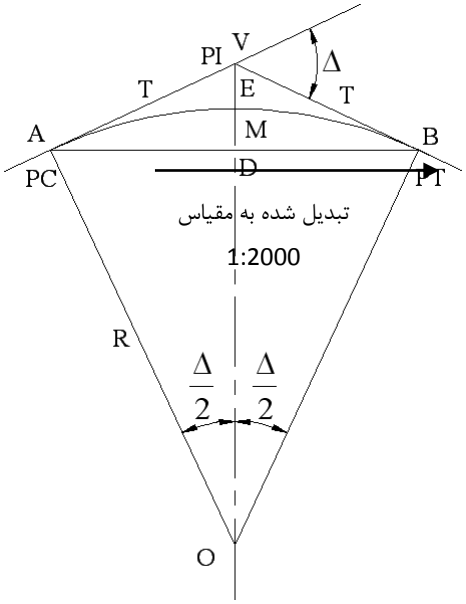
این واریانت که به طول 1 کیلومتر و 820متر می باشد، به ترتیب شامل 3 قوس کلوتوئید ، و ساده و قوس کلوتوئید می باشد؛ که قوس کلوتوئید شماره 1در کیلومتراژ 0+844.22 تا 0+986.74 ، و قوس ساده در کیلومتراژ 1+040.81 تا 1+169.64 که از ابتدای مسیر واقع اند را طراحی میکنیم.

MOHSEN TEIMOORY

قوس ساده شماره 2 :

در این قوس مقدار Δ برابر 56.78° درجه می باشد. همچنین داریم : $R_{\min} = 105\text{m}$ بنابراین شعاع را برای این قوس برابر مقدار $R_{\min} = 130\text{m}$ select : انتخـاب می کنیم.

در نتیجه داریم :



R=130m

6.5

$$\Delta_1^{\circ} = 123.2186$$

تبدیل شده به مقیاس 1:2000

$$T_1 = (130)\tan\frac{123.21}{2} = 240.5m \longrightarrow T_1 \cong 12.cm$$

شکل 2-4 – قوس ساده

برای اجرای قوس از نقطه سـومه، طول مماس T از خطوط شـکسـته دو طرف جدا نموده و از آنها به شـعاع R کمان می زنیم تا در مرکز قوس همدیگر را قطع نمایند. سپس از مرکز به شعاع R قوس را ترسیم می کنیم.

MOHSEN TEIMOORY

Mohsen.teimoory@gmail.com

طراحی قوس ساده افقی :

$$R\min = \frac{V^2}{127/2(E_{\max} + f)} + \frac{60^2}{127/2(0/12+0/15)} = 105m$$

$$R \xrightarrow{USE} 130m \qquad \Delta = 56/78^{\circ}$$

$$C = \frac{\pi R \Delta}{180} = \frac{\pi \times 130 \times 56/76}{180} = 128/8$$

$$SSD = S1 + S2 = 0/695V + \frac{V^2}{254(F+G)} = 0/695 \times 60 + \frac{60^2}{254(0/33+0/89)} = 54$$

$$g_1 = 0.31$$
$$g_2 = 0.58$$

$$S < C \Rightarrow m = \frac{S^2}{8R} = \frac{54^2}{8 \times 130} = 2.8\ M$$

فاصله ی بسیکتریس $\Rightarrow R\ tag\ \frac{\Delta}{4} = 130 \times tg\frac{56/78}{4} = 32/88$

طول قوس $\Rightarrow L_2 = 2R\sin\frac{\Delta}{2} = 2 \times 130 \times \sin\frac{56/78}{2} = 123/62$

طول مماس یا تانژانت $\Rightarrow T = R\ tg\ \frac{\Delta}{2} = 130 \times tg\ \frac{56/78}{2} = 70$

فاصله ی میانی $\Rightarrow M = R\,(1-\cos\frac{\Delta}{2}) = 130\,(1-\cos\frac{56/78}{2}) = 15/6$

MOHSEN TEIMOORY

Mohsen.teimoory@gmail.com

کیلومتراژ $\begin{cases} sc=1+040/81 \\ mid=1+105+23 \\ cs=1+169/64 \end{cases}$

جدول پیاده سازی قوس ساده افقی:

ایستگاه	θ_i	l_i	δ_i	x_i	y_i	c_i	KM_i
0	-	-	-	-	-	-	1+040.81
1	8.1	18.36	4.05	18.3	1.3	18.4	1+059.21
2	16.22	36.7	8.11	36.3	5.2	36.8	1+077.61
3	24.32	54.76	12.16	53.53	11.5	55.2	1+096.01
4	32.44	76.62	16.22	70	20.3	73.6	1+114.41
5	40.54	90	20.27	84.5	31.2	91.98	1+132.8
6	48.66	107.1	24.33	97.6	44.1	110	1+150.81
7	56.76	123.6	28.33	108.7	58.7	128.8	1+169.96

$\Delta=56.78$ ، $n=7$

$D' = \frac{\Delta}{n} = 8.11$

$\delta_i = \frac{iD'}{2}$

$\phi i = 90-\delta i$

$\theta_i = 180-2\phi_i$

$X_i = l_i \cos \delta i$

$Y_i = l_i \sin \delta i$

MOHSEN TEIMOORY

Mohsen.teimoory@gmail.com

$l_i = 2R\sin\delta i$

$C_i = \frac{\pi R\theta i}{180}$

$KM_i = KM_A + C_i$

قوس کلوتوئید:

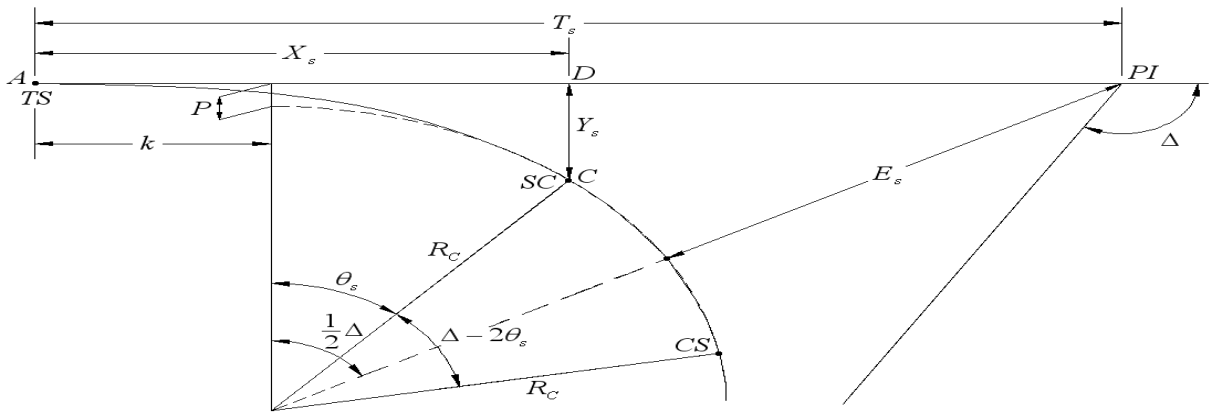
با توجه به شعاع حداقل به دست آمده شعاع قوس دایره واقع بین دو کلوتئید (R_C) را 130 متر انتخـاب می کنیم.

$R=130 \xrightarrow[1:2000]{\text{تبدیل شده به مقیاس}} R=6.5cm$

طول کلوتئید (l_s) برای سرعت طراحی 60 کیلومتر بر ساعت برابر است با:

$$\begin{cases} l'_s = 2.19\sqrt{R} = 2.19\sqrt{130} = 25 \\ l''_s = 0.018\frac{V^3}{R} = 0.018 * 60^3/130 = 30 \longrightarrow L_S = 30\ m \\ l'''_s = 4.9\sqrt{R} = 4.9\sqrt{130} = 55 \end{cases}$$

ضمن اینکه طول قوس نباید از مقدار روبرو بیشتر شود.



شکل 2-6 – قوس کلوتوئید

Mohsen.teimoory@gmail.com

محاسبات قوس کلوتئید:

$$\begin{cases} TS = 0+844/22 \\ SC = 0+874/22 \\ mid = 0+915/48 \\ CS = 0+956/74 \\ ST = +986/74 \end{cases}$$

$$R\min = \frac{V^2}{127/2(e_{\max}+f)} = \frac{60^2}{127/2\ (0/12+0/15)} = 105$$

$$R \xrightarrow{USE} 130m$$

$$\begin{cases} L_1 = 2/19\sqrt{R} = 2/19\sqrt{130} = 25 \\ L_2 = 0/018\dfrac{V^3}{R} = \dfrac{0/018\times 60^3}{130} = 30 \longrightarrow L_S = 30m \\ L_{\max} = 4/9\sqrt{R} = 4/9\sqrt{130} = 55 \end{cases}$$

$$C = \frac{\pi R\Delta}{180} = \frac{\pi\times 130\times 36/37}{180} = 82852m$$

MOHSEN TEIMOORY

Mohsen.teimoory@gmail.com

$$= R + g\frac{\Delta}{4} = 130tg\frac{36/37}{4} = 124/62$$

طول بسیکتریس

$$LC = 2R\sin\frac{\Delta}{2} = 2\times 130\sin\frac{36/37}{2} = 81/14$$

$$T = Rtg\frac{\Delta}{2} = 130tg\frac{36/37}{2} = 42/7$$

$$\Rightarrow M = R\left(1-\cos\frac{\Delta}{2}\right) = 130\left(1-\cos\frac{36/37}{2}\right) = 6/5$$

MOHSEN TEIMOORY

Mohsen.teimoory@gmail.com

پیاده سازی قوس کلوتوئید:

ایستگاه	l_i	θ_i°	θ_i^{r}	x_i	y_i	ϕ_i	KM_i
0	0	-	-	-	-	-	0+844.22
1	5	1.1016	0.1921	4.98	0.3193	2.2913	0+849.22
2	10	2.2033	0.0384	9.998	0.1279	0.7329	0+854.22
3	15	3.305	0.0576	14.995	0.2879	1.0999	0+859.22
4	20	1.1066	0.0768	19.998	0.5117	1.4664	0+864.22
5	25	5.5083	0.096	24.97	0.7994	1.8336	0+869.22
6	30	6.61	0.1153	29.97	1.15	2.19	0+874.22

$$L_i = i \times \frac{L_S}{n} = \frac{30}{6} = 5$$

$$\theta_s^r = \frac{L_S}{2R_c} = \frac{30}{2 \times 130} = 0/1153$$

$$\theta_i = \frac{L_i}{L_S} \times \theta_S$$

$$x_i = L_i \left[1 - \frac{\theta_i^2}{10} + \frac{\theta_i^4}{216} - \frac{\theta_i^6}{1320} \right]$$ بر حسب رادیال

$$y_i = L_i \left[\frac{\theta_i}{3} - \frac{\theta_i^3}{42} + \frac{\theta_i^5}{1320} \right]$$

$$\phi_i = t_g^{-1} \frac{y_i}{x_i}$$

$$C = \frac{\pi R \Delta'}{180} \rightarrow \Delta' = \Delta - 2\theta_S$$

$$KM_i = kM_{TS} + L_i$$

MOHSEN TEIMOORY

Mohsen.teimoory@gmail.com

رسم پروفیل طولی و انتخاب خط پروژه:

عبارت است از نمایش تصویر ابتدا تا انتهای مسیر بر روی صفحه قائم. این پروفیل از دو خط (خط پروژه و خط زمین) و یک جدول مشخصات تشکیل شده است. که خط زمین طبیعی، وضعیت ارتفاعی زمین طبیعی محور راه را نشان داده و خط پروژه، وضعیت ارتفاعی سطح تمام شده محور راه پس از ساخت را نشان می‌دهد.

به طور کلی برای اینکه پروفیل طولی راه را بهتر بتوان نمایش داد، مقیاس ارتفاع را 10 برابر مقیاس طولی پروفیل که همان مقیاس پلان می باشد (1:2000) در نظر می گیرند بنابراین مقیاس ارتفاع را 1:200 انتخاب می کنیم.

برای رسم پروفیل طولی به ترتیب ذیل عمل می کنیم:

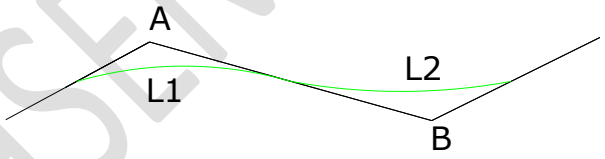
1- ایستگاه گذاری روی محور مسیر در نقشه پلان راه
2- تعیین ارتفاع و طول از مبدأ هر ایستگاه از روی نقشه پلان
3- ترسیم نقاط ایستگاهی در دستگاه مختصات فوق و ترسیم خط طبیعی زمین
4- ترسیم خط پروژه

نکاتی که در ترسیم خط پروژه باید مورد ملاحظه قرار گیرد عبارتند از:

- ✓ باید از شیب های طولانی اجتناب کرد.
- ✓ شیب پروفیل طولی نباید از حد مجاز تجاوز نماید.
- ✓ سطوح زیر خط پروژه نمودار خاکریز، و سطوح بالای خط پروژه نمودار خاکبرداری می باشد.
- ✓ بین محل های خاکبرداری و خاکریز باید تا حدودی تعادل برقرار نمود.
- ✓ در زمین های مسطح باید حداقل شیب طولی در پروژه رعایت شود.
- ✓ در زمینهای مسطح حتی الامکان سعی می شود که خط پروژه بالاتر از سطح زمین طبیعی قرار گیرد (حداقل 50cm)
- ✓ در محل آبروها و پل ها باید ارتفاع خاکریز به اندازه کافی منظور گردد.
- ✓ باید از میزان شیب طولی در قوس های افقی کوچک کاسته شود.
- ✓ باید شعاع قوس های قائم برمبنای مسافت دید تعیین گردد.
- ✓ از شروع قوس های افقی تیز در قوس های قائم باید اجتناب نمود.
- ✓ باید در محل های زیرگذر و یا روگذر به دقت تعیین گردد.

MOHSEN TEIMOORY

- ✓ از قوس های قائم در محل عبور از رودخانه پرهیز گردد.
- ✓ محل آبروهای عرضی به دقت تعیین گردد.
- ✓ جهت جریان آب های سطحی مشخص شود.
- ✓ نوع آبروها و پل های کوچک به صورت شماتیک در محل های تعیین شده بر روی پروفیل طولی ترسیم گردد.
- ✓ دهانه آبروها و پل ها باید برمبنای مطالعات هیدرولوژی تعیین گردند.
- ✓ کف ترانشه ها دارای حداقل شیب طولی جهت هدایت آب های سطحی باشد.
- ✓ باید دقت شود که قوس های دایره ای در پروفیل طولی تبدیل به قوس های بیضوی گردند.
- ✓ عبور خط پروژه از نقاط ارتفاعی اجباری
- ✓ شیب طولی در پلها بهتر است صفر در نظر گرفته شود .
- ✓ پس از پل شیب طولی گذاشته نشود (بخشی از قوس قائم روی پل واقع خواهد شد که درست نیست)
- ✓ شیب طولی در تونلها بهتر است بین 1 تا 3 درصد باشد و قوس قائم در طول تونل به صورت محدب طراحی شود .
- ✓ قوس قائم بر روی قوس اتصال (کلوتئید) قرار نگیرد (قوس قائم می تواند بر روی قوس دایره قرار گیرد)
- ✓ حداقل طول هر تکه از خط پروژه باید از $0/5\ (L_1+L_2)$ بیشتر باشد .



شکل 2-9 – خط پروژه

در بعضی اوقات در اثر وجود شیب های طولانی هم جهت، ممکن است پروفیل طولی پروژه از حدود کاغذ نقشه خارج گردد. لذا در این صورت باید سطح سنجش جدیدی اختیار نمود، به طوری که بقیه نیمرخ طولی پروژه در کاغذ جای گیرد.

بر روی پروفیل طولی راه موارد زیر مشخص شده است:

- ➢ رقوم پروژه
- ➢ رقوم زمین طبیعی

MOHSEN TEIMOORY

- فاصله از مبدأ
- درصد شیب طولی
- شماره نقطه
- فاصله ایستگاهها در دشت 50 متر انتخاب می شود .
- در قوس ها فاصله ایستگاهها $\frac{1}{10}$ تا $\frac{1}{20}$ شعاع قوس انتخاب می شود .
- در ابتدا و انتهای قوس ها ، محل های تغییر شـــیب ، محل های تلاقی خط زمین با خط پروژه ، نهرها ، رودخانه ها و خط القعرها ایستگاه اضافی در نظر گرفته می شود .

در این پروژه فاصله ایستگاه ها در مسیرها مستقیم 50 متر و در قوس ها افقی25 متر در نظر گرفته شده است.

گام اول: ترسیم خط طبیعی زمین: فاصـــله ایســـتگاهها بین به منظور راحتی و جلوگیری از بروز مشـــکل در ایســتگاه گذاری مسیر، ابتدا و انتهای قوس ها نیز ایستگاه در نظر گرفته شده است. همچنین در محل خط القعر ها ایستگاههای اضافی در نظر گرفته شده است که با ممیز از ایستگاه قبلی خود مشخص گردیده است.

گام دوم : ترسیم خط پروژه :

1- محاسبه پارامترهای هندسی مورد نیاز شامل :

✓ تعیین حداقل و حداکثر شیب طولی :

حداقل شیب طولی راه معمولاً 0/5 درصد می باشد (جدول 5-24آیین نامه)

حداکثر شیب طولی راه بر اساس وضعیت توپوگرافی منطقه ، نوع راه و سرعت طرح از جدول 5-22 آیین نامه به دست می آید . که در این پروژه مقدار آن 6٪ است.

نوع منطقه	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)					
	60 و کمتر	70	80	90	100	110
	حداکثر شیب طولی (درصد)					
هموار	5	4	4	4	4	3
تپه ماهور	**6**	5	5	5	5	4
کوهستانی	8و7	6	6	6	-	-

جدول 5-22 آیین نامه (حداکثر شیب طولی راه اصلی)

MOHSEN TEIMOORY

تعیین طول بحرانی شـــیب : طول شـــیب برگنجایش ، کیفیت ســـرویس دهی و ســـرعت حرکت اثر می گذارد. انتخاب این طول به نحوی اسـت که کاهش سـرعت خودروهای سنگین طی آن از حد معین تجاوز نکند . مقدار کاهش سرعت مجاز در گذشته 25 km/h و در حال حاضر 15 km/h در نظر گرفته می شود و آن را نسبت به سرعت متوسط ترافیک می سنجند . (شکل 5-12آیین نامه)

2- ترسیم قطعات خط پروژه بین دو نقطه انتخابی معلوم واقع بر خط زمین طبیعی

گام سوم : تکمیل جدول مشخصات و شکل نهایی پروفیل :

با توجه به آن چه که گذشـت، پروفیل طولی برای واریانت موجود با استفاده از ارتفاع نقاط سطح زمین طبیعی، خط سـطح زمین طبیعی رسـم گردید و طوری که نکات گفته شده در رسم خط پروژه رعایت گردد، خط پروژه برای واریانت رسم گردید.

حال شیب طولی خطوط پروژه را برای واریانت ذکر شده مشخص می کنیم:

برای بدســـت آوردن شـــیب اختلاف ارتفاع نقاط ابتدا و انتهای قطعه را بر طول آن تقســـیم می کنیم؛ که این اطلاعات در جدول زیر آورده شده است.

همانطور که ملاحظه می شـود؛ در هیچ یک از قطعات خط پروژه شیب از حد مجاز 5٪ تجاوز ننموده و از شیب حداقل 0/6٪ نیز کمتر نگردیده است.

MOHSEN TEIMOORY

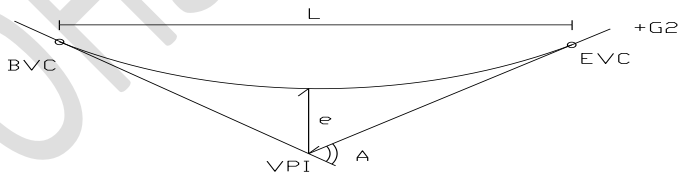
فصل سوم:

محاسبات قوس قائم

حال به بررسی مشخصات فنی قوس قائم برای واریانت بهینه می پردازیم.

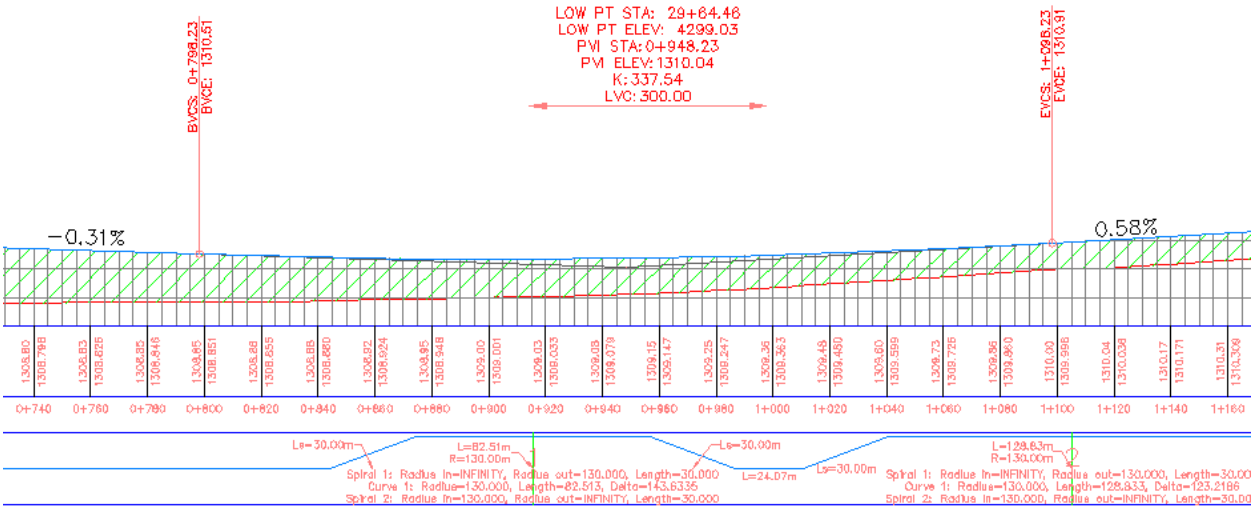
قوس قائم:

قوس های قائم در پروفیل طولی مسیر وظیفه اتصال خطوط شکسته پروژه را به یکدیگر ایفا می کنند. در واقع قوس های قائم قوس هایی هستند که تقاطع دو شیب قائم در مسیر راهسازی را بطور یکنواخت و صاف، بدون تغییر حرکت عمودی به هم وصل می کند. در حقیقت در مورد راهسازی و راه آهن این قوس ها سبب ایمنی و راحتی می شوند. بر اساس آیین نامه در مراحلی که جمع جبری شیب های طرفین کمتر از نیم درصد باشد وجود قوس عمودی ضروری نیست.



شکل 3-1 - قوس قائم مقعر یا کاسه ای

MOHSEN TEIMOORY



L : طول قوس قائم کاسه ای KA

L ≥

A : قدر مطلق تفاضل جبری دو شیب

G_1 : شیب اول (درصد)؛ G_2 : شیب دوم (درصد)

K: میزان انحنای قائم که تابع فاصله دید است و از جداول استاندارد راه بدست می آید.

که ما طول قوس قائم خود را خیلی بیشتر از این مقدار گرفتیم .واز این نظر مشکلی ندارد.

مشخصات قوس قائم:

$A = |0.58 - (-0.31)| = 0.89$, $V = 20 \rightarrow K = 337.54$

$L_{min} \geq K.A = 337.54 \times 0.89 = 300 \rightarrow L = 300m$

Km (V.P.I) = 0 + 948.23 , H (V.P.I) = 1310.04

Km (B.V.C) = 0+798.23 – (300 / 2) = 0+648.23

MOHSEN TEIMOORY

Km (E.V.C) = 0+798.23 + (300 / 2) = 0+948.23

H (B.V.C) = 1310.04 - (- 0.0031 × 300 / 2) = 1310.51

H (E.V.C) = 1310.51 + (0.0058 × 300 / 2) = 1310.91

e = A.L / 800 = 0.89 × 300 / 800 = 0.333375

n = 6→ S = L / 6 = 300 / 6 = 50

$Y = (X / L)^2 \times 4e = (X / 300)^2 \times 4 \times 0.333375 = 0.000014833\ X^2$

شماره ایستگاه	کیلومتر ایستگاه	فاصله ایستگاه از نقطه شروع قوس	ارتفاع ایستگاه روی مماس	اختلاف ارتفاع مماس وسهمی	ارتفاع ایستگاه روی سهمی
1	0+798.23	0	1310.51	0	1310.51
2	0+848.23	50	1308.76	0.37	1308.39
3	0+898.23	100	1308.89	0.148	1308.75
4	0+948.23	150	1310.37	0.333	1310.04
5	0+998.23	200	1310.16	0.593	1310.57
6	1+048.23	250	1311.67	0.927	1310.75
7	1+098.23	300	1312.24	1.335	1310.91

MOHSEN TEIMOORY

فصل چهارم:

مطالعات ترافیکی

مطالعات ترافیکی:

با توجه به صورت پروژه، میزان ترافیک مسیر در دو جهت، مطابق جدول زیر است:

وسیله نقلیه	سبک			سنگین			
	سواری	وانت بار	مینی بوس	اتوبوس	کامیون دو محوره	کامیون سه محوره	کامیون چهار محوره و بیشتر
تعداد روزانه	1200	350	25	250	510	340	220

جدول آمار ترافیکی مربوط به سال 1387

با توجه به این که آمار صورت پروژه مربوط به سال 1387 می باشد و با توجه به این که به مدت 4 سال طول خواهد کشید تا پروژه به بهره برداری برسد؛ بنابراین سال بهره برداری از راه سال 1392 و باید آمار را برای سال 1392 به دست آورد؛ همچنین با توجه به صورت پروژه رشد طبیعی ترافیک برای وسایل **نقلیه سبک برابر 4 درصد** و برای وسایل **نقلیه سنگین برابر1درصد** می باشد و نیز میزان تولید و توسعه ترافیک در طول عمر مفید پروژه(17 سال) برابر صفر درصد داده شده است.

با توجه به جدول فوق و داده های داده شده در صورت پروژه میزان ترافیک در سال آغاز بهره برداری را بدست می آوریم:

MOHSEN TEIMOORY

میانگین ترافیک روزانه وسایل نقلیه سبک سال 1387 $(ADT)^{L}_{1387}=1200+350+25=1575\,^{veh}/_{day}$

$(ADT)^{L}_{1391}=\left[1575\times(1+0.04)^{4}\right] \Rightarrow (ADT)^{L}_{1391}=1842.5\,^{veh}/_{day} \quad (4Year \quad Later)$

میانگین ترافیک روزانه وسایل نقلیه سنگین سال 1387

$(ADT)^{H}_{1387}=250+510+340+220=1320\,^{veh}/_{day}$

$(ADT)^{H}_{1391}=\left[1320\times(1+0.01)^{4}\right] \Rightarrow (ADT)^{H}_{1391}=1373.6\,^{veh}/_{day} \quad (4Year \quad Later)$

تعیین ضریب رشد کل و میزان ترافیک در پایان دوره طرح:

توسعه و تولید ترافیک در طول دوره طرح (17 سال) یعنی تا سال 1408 طبق صورت پروژه برابر با **صفر** درصد می باشد.

$F^{L}_{T}=1+\frac{F^{L}_{1}+F_{2}+F_{3}}{100}$, $F_{2}+F_{3}=0\% \Rightarrow F^{L}_{T}=1+\frac{F^{L}_{1}+0}{100}$

وسایل نقلیه سبک:

$F^{L}_{1}=\left[(1+0.04)^{17}-1\right]\times100=94.8\%$

ضریب رشد کل وسایل نقلیه سبک $F^{L}_{T}=1+\frac{F^{L}_{1}+F_{2}+F_{3}}{100}=1+\frac{94.8+0}{100} \Rightarrow F^{L}_{T}=1.948$

$(ADT)^{L}_{1408}=F^{L}_{T}\times(ADT)^{L}_{1391}=1.948\times1842.5 \Rightarrow (ADT)^{L}_{1411}=3589.2\,^{veh}/_{day}$

وسایل نقلیه سنگین:

$F^{H}_{1}=\left[(1+0.01)^{17}-1\right]\times100=18.4\%$

ضریب رشد کل وسایل نقلیه سنگین $F^{H}_{T}=1+\frac{F^{H}_{1}+F_{2}+F_{3}}{100}=1+\frac{18.4+0}{100} \Rightarrow F^{H}_{T}=1.184$

$(ADT)^{H}_{1408}=F^{H}_{T}\times(ADT)^{H}_{1391}=1.184\times1373.6 \Rightarrow (ADT)^{H}_{1411}=1626.3\,^{veh}/_{day}$

MOHSEN TEIMOORY

میانگین ترافیک کل روزانه وسایل نقلیه در سال 1408

$$(ADT)^{T}_{1408} = (ADT)^{L}_{1408} + (ADT)^{H}_{1408}$$
$$\Rightarrow (ADT)^{T}_{1408} = 3589.2 + 1626.3 = 5215.5\, veh/day$$

حجم ساعت طرح (DHV) برای راه های برون شهری حدود 12 تا 15 درصد میانگین حجم روزانه (ADT) می باشد. که برای این راه عدد 15 درصد را در نظر می گیریم: $(k = 15\%)$

حجم ساعت طرح

$$(DHV)_{1408} = k \times (ADT)^{T}_{1408} = 15\% \times 5215.5 = 782.3\, veh/hr$$

گنجایش عملی راه چند خطه:

گنجایش عملی عبارت است از حداکثر تعداد ماشین هایی که می توانند در یک ساعت از یک نقطه مشخص راه تحت شرایط موجود راه و ترافیک عبور نمایند، به طوری که تراکم ترافیک از شرایط متعارفی خارج نباشد.

طبق بند 4-4-6 آیین نامه، راه چند خطه به علت عدم کنترل کامل دسترسی، از آزاد راه و بزرگراه متمایز می شود. با توجه به اینکه شرایط راه و ترافیک با شرایط ایده آل ذکر شده در بند 4-4-6 آیین نامه تفاوت داشته، گنجایش راه به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$SF = (f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4) MSF \qquad [1]$$

SF :گنجایش خط عبور

f_1 : ضریب تعدیل عرض خط و فاصله مانع از لبه سواره رو

f_2: ضریب تعدیل ترکیب ترافیکی

f_3: ضریب تعدیل برای آشنایی با راه

f_4: ضریب تعدیل برای آبادانی های اطراف راه و نوع راه چند خطه

MSF: گنجایش طراحی

گنجایش طراحی (MSF):

گنجایش طراحی با توجه به سرعت طرح که برابر با 80 کیلومتر بر ساعت می باشد و همچنین با توجه به جدول 4-15 آیین نامه برای سطح سرویس های مختلف بین 900 تا 1900 وسیله نقلیه در ساعت می باشد، که ما این مقدار را با توجه به صورت پروژه برابر با 1600 وسیله نقلیه در ساعت در نظر می گیریم.

MOHSEN TEIMOORY

کیفیت ترافیک	حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر خط عبور	km/h100 ≤سرعت طرح			km/h100سرعت طرح		
		متوسط سرعت حرکتkm/h	$\frac{V}{C}$	گنجایش طراحی MSF	متوسط سرعت حرکتkm/h	$\frac{V}{C}$	گنجایش طراحی MSF
الف	8	≥90	0/35	700	≥80	0/33	650
ب	13	≥85	0/55	1100	≥75	0/5	1000
پ	19	≥75	0/7	1400	≥70	0/65	1300
ت	26	≥65	0/85	1700	≥65	0/85	1700
ث	40	≥50	1	2000	≥50	1	2000
ج	بیشتر از 40	<50	*	*	<50	*	*
کیفیت ترافیک	حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر خط عبور	km/h80سرعت طرح			km/h60سرعت طرح		
		متوسط سرعت حرکتkm/h	$\frac{V}{C}$	گنجایش طراحی MSF	متوسط سرعت حرکتkm/h	$\frac{V}{C}$	گنجایش طراحی MSF
الف	8	-	-	-	-	-	-
ب	13	≥70	0/47	900	-	-	-
پ	19	≥60	0/6	1150	-	-	-
ت	26	≥55	0/76	1450	≥50	0/68	1300
ث	40	≥45	1	1900	≥45	1	1900
ج	بیشتر از 40	<45	*	*	<45	*	*

جدول 4- 15 گنجایش هر خط عبور راه اصلی (چند خطه) بر حسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح

✓ **ضریب** f_1 :

ضریب تعدیل عرض خط و فاصله مانع از لبه سواره رو را با توجه به این که مانع در یک طرف سواره رو وجود دارد و عرض خط 3/65 متر در نظر گرفته شده است؛ و با این فرض که فاصله مانع از لبه سواره رو 1/9 متر در نظر گرفته شده است؛ مقدار ضریب f_1 را برابر 1 در نظر می گیریم. $f_1 = 1$

✓ **ضریب** f_2 :

با توجه به بند 4-4-3-2 آیین نامه راه، ضریب تعدیل وسایل نقلیه سنگین، با در نظر گرفتن اینکه قطعه مورد نظر، شامل شیب مساوی یا بزرگتر از 3 درصد با طول بیشتر از یک کیلومتر می باشد، از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$f_2 = \frac{1}{1+T(E_t-1)+B(E_b-1)} \quad [2]$$

T : نسبت تعداد کامیون ها و تریلی ها به کل ترافیک

B : نسبت تعداد اتوبوس ها به کل ترافیک

MOHSEN TEIMOORY

E_t : سواری معادل کامیون ها و تریلی ها

E_b : سواری معادل اتوبوس ها

با توجه به صورت پروژه ، تعداد کامیون ها و اتوبوس ها برابر است با :

وسیله نقلیه	سنگین			
	اتوبوس	کامیون دو محوره	کامیون سه محوره	کامیون چهار محوره و بیشتر
تعداد روزانه	250	510	340	220
	510+340+220=1070			

بنابراین برای اتوبوس داریم : $B = \frac{250}{2895} = 0.0864 \approx 0.09 \rightarrow 9\%$

بنابراین برای کامیون داریم $T = \frac{1070}{2895} = 0.37 \rightarrow 37\%$

از جدول 4-6 آیین نامه راه برای قطعه یکنواخت، از آزاد راه و برای منطقه تپه ماهور E_t و E_b بدست می آید:

ضریب	نوع منطقه		
	هموار	**تپه ماهور**	کوهستانی
E_t	1/7	**4**	8
E_b	1/5	**3**	5

جدول 4-6 – سواری معادل وسایل نقلیه سنگین برای قطعه یکنواخت از آزاد راه

حال با توجه به پارامترهای بالا داریم:

$$f_2 = \frac{1}{1+T(E_t-1)+B(E_b-1)} = \frac{1}{1+0.37(4-1)+0.09(3-1)} = 0.436 \Rightarrow f_2 = 0.436$$

✓ **ضریب** f_3 :

ضـــریب تعدیل برای آشـــنایی رانندگان با راه، طبق جدول 4-9 آیین نامه با فرض اینکه رانندگان غیر دائمی و تفریحی می باشند برابر با 0/9 در نظر می گیریم. $f_3 = 0.9$

MOHSEN TEIMOORY

نوع رانندگان	ضریب تعدیل
رانندگان دائمی و حرفه ای	1
رانندگان تفریحی و غیر دائمی	0/75-0/9

جدول 4-9 ضرائب تعدیل برای آشنایی با راه

✓ **ضریب** f_4:

ضریب تعـدیل برای آبادانی اطـراف راه با توجه به اینکه راه از نوع جـدا نشده و برون شهری می باشد؛ و طبق جدول 4-17 آیین نامه برابر با 0/95 می باشد. .

$f_4 = 0.95$

نوع راه	جدا شده	**جدا نشده**
برون شهری	1	**0/95**
حومه شهری	0/9	0/8

جدول 4-9 ضرائب تعدیل برای آبادانی های اطراف راه

حال محاسبات را با ترکیب دو رابطه زیر ادامه می دهیم:

$$SF = (f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4)MSF = (1 \times 0.436 \times 0.9 \times 0.95) \times 1600 = 596.448 \approx 596.5$$

ضریب توزیع جهتی را 0/75 درنظر می گیریم. .

$D = 0.75$

توزیع ترافیک در دو جهت را 40-60 در نظر می گیریم. بنابراین مطابق جدول 4-20 آیین نامه ضـریب تعدیل برای توزیع ترافیک برابر 0/94 بدست می آید. .

$K = 0.94$

توزیع ترافیک در دو طرف	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0
ضریب تعدیل	1	0/94	0/89	0/83	0/75	0/71

جدول4-20 ضریب تعدیل برای توزیع ترافیک در دو جهت - قطعه راه

MOHSEN TEIMOORY

که N تعداد خطوط راه و DHV حجم ساعت طرح می باشد.

$$N = \frac{DHV}{SF} \times K \times D$$

$$\Rightarrow N = \frac{782.3}{596.5} \times 0.94 \times 0.75 = 0.924 \cong 1$$

بنابراین با توجه به محاسبات انجام شده برای هر یک از جهت های راه از یک خط استفاده می شود، که در کل یک راه دو خطه باید احداث گردد.

جزئیات نوع راه

☑ **عرض خطوط راه:**

مطابق بند 6-2-1 قسمت الف، آیین نامه راه، چون راه اصلی درجه یک می باشد؛ عرض هر خط عبور را 3/60 متر در نظر می گیریم.

☑ **شیب عرضی سواره رو:**

مطابق بند 6-2-2 آیین نامه راه، شیب عرضی سواره رو، به درجه بندی راه، نوع رویه، تعداد خط های عبور، وضع جوی منطقه ی عبور راه و سرعت طرح بستگی دارد.

شیب عرضی سواره رو، در قسمت های مستقیم و پیچ های با شعاع بزرگ که احتیاج به بربلندی نداشته باشد، برای رویه های آسفالتی و بتنی جدید و روکش روسازی قدیم، 1/5 تا 2/5 درصد و برای رویه های شنی 3 تا 5 درصد است. در این پروژه **شیب عرضی سواره رو 2٪** در نظر گرفته شده است.

☑ **شانه راه:**

مطابق بند 6-2-3 آیین نامه راه، شانه راه بخشی از کف راه است که در طرفین سواره رو قرار می گیرد و برای توقف اضطراری خودروها به کار می رود. با توجه به این نکته که راه اصلی جدا نشده است، از جدول 6-1 آیین نامه راه **عرض شانه را برابر 0.9 متر** در نظر می گیریم. همچنین مطابق بند 6-2-4 آیین نامه شیب عرضی شانه های رویه دار (آسفالتی یا بتنی)، در قسمت های مستقیم و پیچ های باز، 4 تا 5 درصد و شانه های شنی، 5 تا 6 درصد تعیین می شود. در محل هایی که سواره رو، دارای شیب عرضی یکسره یا بربلندی باشد، شیب

MOHSEN TEIMOORY

عرضـی شـانه را باید مقداری و در جهتی تعیین کرد که اختلاف جبری شیب شانه و سواره رو از 8 درصد بیشتر نشود. در این پروژه **شیب عرضی شانه ها 5٪** در نظر گرفته شده است.

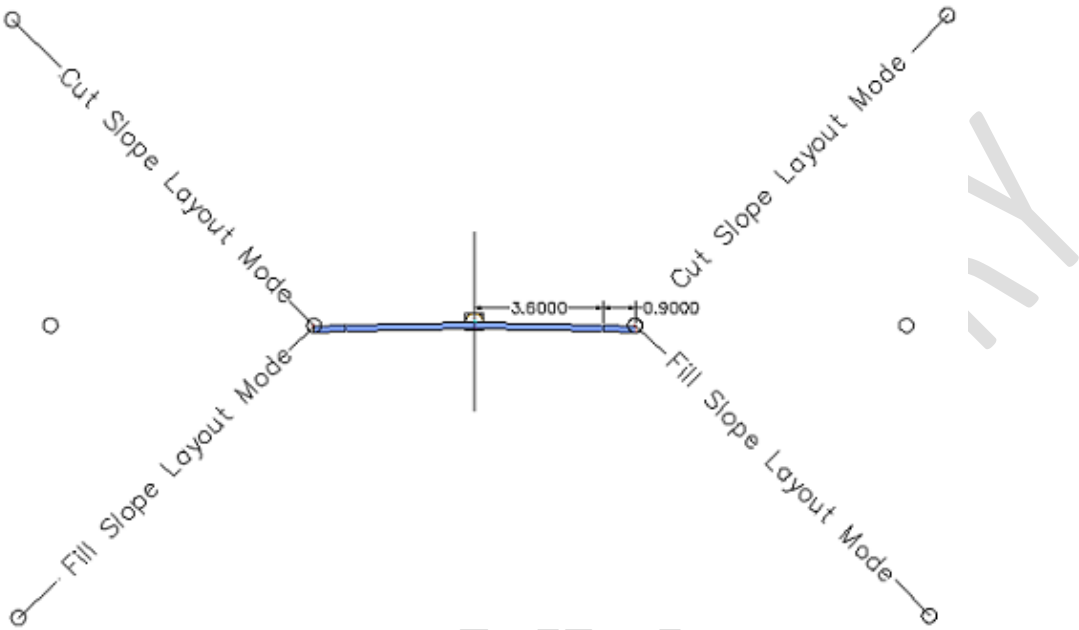
درجه راه		تعداد خط عبور	عرض شانه (متر)	
			راست	چپ
آزادراه و بزرگراه		4	3/00	1/5
آزادراه و بزرگراه		6 یا بیشتر	3/00	2/00
رابط و گردراهه		1 یا بیشتر	2/40	1/20
راه اصلی جدا شده		4	2/40	1/50
راه اصلی جدا شده		6	2/40	2/00
راه اصلی		2	1/85 تا 2/40	2/40 تا 1/85
راه فرعی با ترافیک	کمتر از 400	2	0/60	0/60
	بیشتر از 400	2	1/00 تا 2/40	2/40 تا 1/00

جدول 6-1 عرض شانه طرفین راه

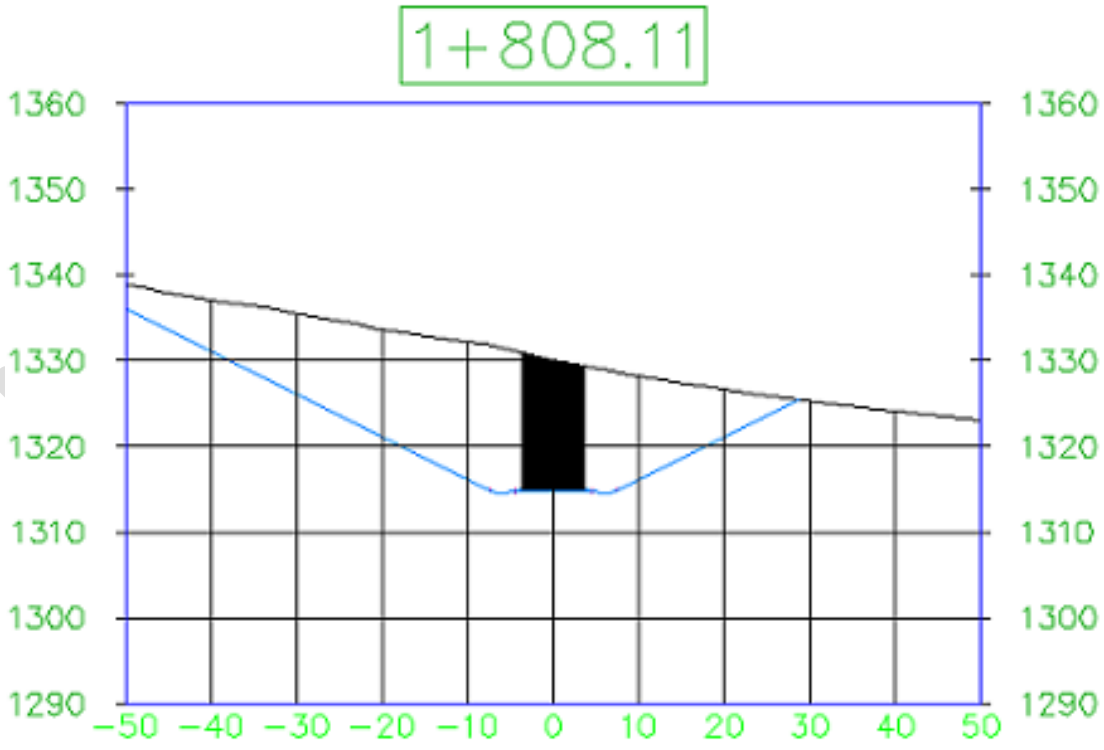
MOHSEN TEIMOORY

Mohsen.teimoory@gmail.com

بنابراین نیمرخ عرضی برای یک مقطع خاکریزی به صورت زیر می باشد:



و همچنین نیمرخ عرضی برای یک مقطع خاکبرداری به صورت زیر می باشد:



نحوه تأمین دور (بربلندی):

با توجه به بند 5-2-4 آیین نامه برای تأمین بربلندی معمولاً از سه روش ذیل استفاده می شود:

الف- دوران نیمرخ عرضی حول محور طولی راه

ب- دوران نیمرخ عرضی حول لبه داخلی

پ- دوران نیمرخ عرضی حول لبه خارجی

روش اول، به دلیل کمترین مقدار تغییر مکان در لبه های روســـازی، از متداول ترین روش ها برای راه های دو طرفه بدون میانه یا با میانه کم عرض است.

در این پروژه از روش اول (الف) برای تأمین دور استفاده می شود.

طول تأمین دور (بربلندی):

از نظر تأمین ایمنی خودرو و همچنین حفظ زیبایی مسـیر و اجتناب از حرکت های سـریع در مسیر، تغییرهای لازم در شـیب عرضـی راه بهتر اسـت به صـورت تدریجی و ملایم و در طولی از راه، قبل و بعد از پیچ ها صورت گیرد. این طول، طول تأمین بربلندی نامیده می شود.

این اطلاعات را در جدول صفحه بعد مشاهده می کنید.

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	مقدار بربلندی					
	2٪	4٪	6٪	8٪	10٪	**12**٪
30	20	20	30	40	50	60
40	25	25	35	45	55	65
50	30	30	35	45	55	65
60	35	35	40	50	60	**75**
70	40	40	40	55	65	80
80	50	50	50	60	75	90
90	55	55	55	60	75	90
100	60	60	60	65	80	95
110	65	65	65	70	85	105

MOHSEN TEIMOORY

120	70	70	70	75	95	110

جدول 5 – 15 طول لازم تامین بربلندی در راه های دو خطه (بر حسب متر)

با توجه به اینکه سـرعت طرح 60 کیلومتر بر ساعت و مقدار دور برابر با 12٪ در نظر گرفته شده، و همچنین با مراجعه به جدول 5-15 آیین نامه ، طول لازم تأمین دور در راه دو خطه نظیر برابر با 75 متر می باشد.

در قوس کلوتئیدی برای طول تأمین دور از طول کلوتئید (l_s) یعنی 30 متر استفاده می کنیم.

تعریض راه در قوس های افقی:

تعریض راه را در قوس ها به دو دلیل انجام می دهند:

1- شـعاع مسـیر طی شـده به وسیله چرخ های عقب وسایل نقلیه در قوس ها کوچکتر از شعاع مسیر طی شـده به وسـیله چرخ جلو اسـت، نتیجتاً چنین مساله ای ایجاب می کند که عرض رویه راه در قوس ها بیشتر از قسمت های مستقیم باشد.

2- از نقطـه نظر روانی برای سـریع تر و مطمئن تر حرکت کردن باید عرض رویه راه در قوس ها زیادتر از قسمت های مستقیم باشد.

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

با توجه به بند 5-3-9 آیین نامه طرح هندسـی راه، برای قوس های افقی با شـعاع کمتر از 170 متر، میزان اضافه عرض، حداقل 0/6 متر منظور می شود و برای روسازی راه های دو خطه به عرض 7/3 متر در قوس هایی با شعاع انحنای 170 متر یا بیشتر، اضافه عرض در نظر گرفته نمی شود.

MOHSEN TEIMOORY

فصل پنجم:

ترسیم نیمرخ های عرضی و محاسبات حجم عملیات خاکی

نیمرخ های (پروفیل های) عرضی راه:

نیمرخ های عرضی راه عبارت است از مقطع عرضی عمود بر محور راه، که در آن خط زمین و خط پروژه نشان داده می شود برای کلیه نقاطی که در نیمرخ طولی مشخص گردیده اند نیمرخ عرضی تهیه شده است.

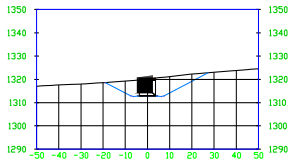
برای رسم نیمرخ های عرضی به شکل ذیل عمل می کنیم:

1- برداشت نقاط طبیعی در امتداد عمود بر محور راه در ایستگاه ها به فاصله های 6 و 10 متر در هر طرف
2- ترسیم نقاط زمین طبیعی با توجه به ارتفاعات برداشت شده و مقیاس 1:200
3- مراجعه به پروفیل طولی و مشخص کردن ارتفاع خط پروژه روی محور راه
4- ترسیم عرض تمام شده با در نظر گرفتن شیب عرضی راه
5- ترسیم شیب شیروانی

تعدادی از پروفیل های عرضی در شکل زیر نشان داده شده است.
شش پروفایل اول و همچنین شش پروفایل انتهایی نیز در صفحه ی بعدی نشان داده شده است.

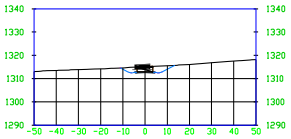
MOHSEN TEIMOORY

0+000.00



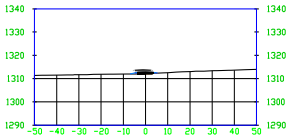
Total Volume at Station 0+000.00	
Cut Area	51.75
Fill Area	0.00
Cut Vol	0.00
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	0.00
Cum Fill Vol	0.00
Net Vol	0.00

0+050.00



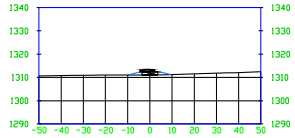
Total Volume at Station 0+050.00	
Cut Area	16.34
Fill Area	0.00
Cut Vol	1702.37
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	1702.37
Cum Fill Vol	0.00
Net Vol	1702.37

0+100.00



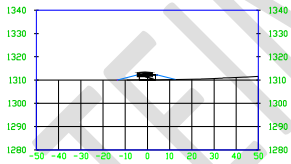
Total Volume at Station 0+100.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	4.01
Cut Vol	408.50
Fill Vol	100.17
Cum Cut Vol	2110.87
Cum Fill Vol	100.17
Net Vol	2010.70

0+150.00



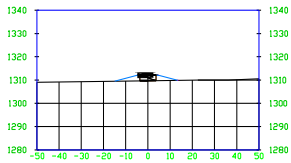
Total Volume at Station 0+150.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	9.98
Cut Vol	0.00
Fill Vol	349.72
Cum Cut Vol	2110.87
Cum Fill Vol	449.89
Net Vol	1660.98

0+200.00



Total Volume at Station 0+200.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	16.55
Cut Vol	0.00
Fill Vol	663.39
Cum Cut Vol	2110.87
Cum Fill Vol	1113.29
Net Vol	997.58

0+250.00

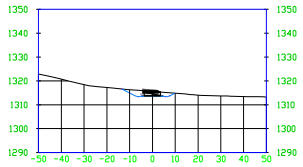


Total Volume at Station 0+250.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	17.88
Cut Vol	0.00
Fill Vol	860.88
Cum Cut Vol	2110.87
Cum Fill Vol	1974.17
Net Vol	136.70

MOHSEN TEIMOORY

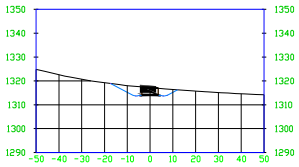
Mohsen.teimoory@gmail.com

1+600.00



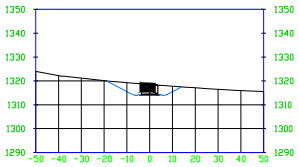
Total Volume at Station 1+600.00	
Cut Area	13.19
Fill Area	0.00
Cut Vol	338.75
Fill Vol	0.22
Cum Cut Vol	2458.66
Cum Fill Vol	17549.81
Net Vol	-15091.14

1+650.00



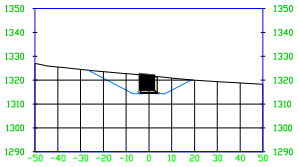
Total Volume at Station 1+650.00	
Cut Area	22.78
Fill Area	0.00
Cut Vol	899.26
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	3357.92
Cum Fill Vol	17549.81
Net Vol	-14191.88

1+700.00



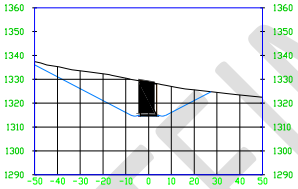
Total Volume at Station 1+700.00	
Cut Area	30.21
Fill Area	0.00
Cut Vol	1324.73
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	4682.66
Cum Fill Vol	17549.81
Net Vol	-12867.15

1+750.00



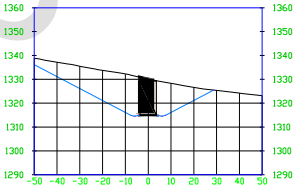
Total Volume at Station 1+750.00	
Cut Area	52.01
Fill Area	0.00
Cut Vol	2055.35
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	6738.00
Cum Fill Vol	17549.81
Net Vol	-10811.80

1+800.00



Total Volume at Station 1+800.00	
Cut Area	99.52
Fill Area	0.00
Cut Vol	3788.18
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	10526.18
Cum Fill Vol	17549.81
Net Vol	-7023.62

1+808.11



Total Volume at Station 1+808.11	
Cut Area	108.69
Fill Area	0.00
Cut Vol	844.44
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	11370.62
Cum Fill Vol	17549.81
Net Vol	-6179.18

MOHSEN TEIMOORY

Mohsen.teimoory@gmail.com

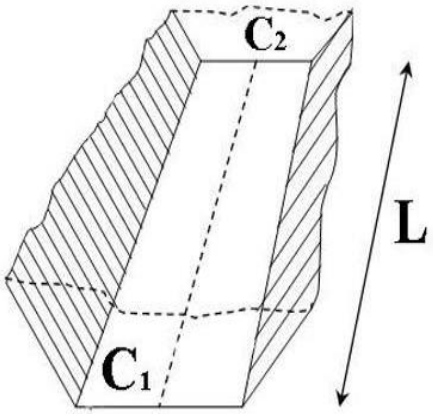
محاسبه حجم عملیات خاکی راه به وسیله مقطع متوسط:

مقطع عرضی راه از نظر عملیات خاکی ممکن است در یکی از سه حالت ذیل دیده شود:

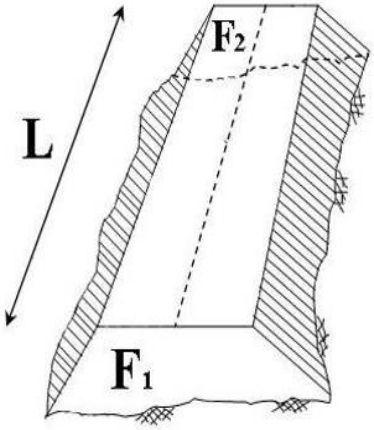
- ☑ مقطع خاکریزی
- ☑ مقطع خاکبرداری
- ☑ مقطع مختلف یا مختلط (هم خاکریزی و هم خاکبرداری)

پس از محاسبه ی مساحت نیمرخ عرضی و مشخص بودن فواصل بین نیمرخ ها، محاسبه حجم عملیات خاکی بین نیمرخ ها به صورت یکی از حالات ذیل ممکن است:

1- محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو نیمرخ هم نام (هر دو خاکبرداری یا هر دو خاکریزی):



شکل 5-1 - مقطع خاکبرداری



شکل 5-2 - مقطع خاکریزی

حجم عملیات خاکبرداری بین دو نیمرخ از نوع مقطع خاکبرداری

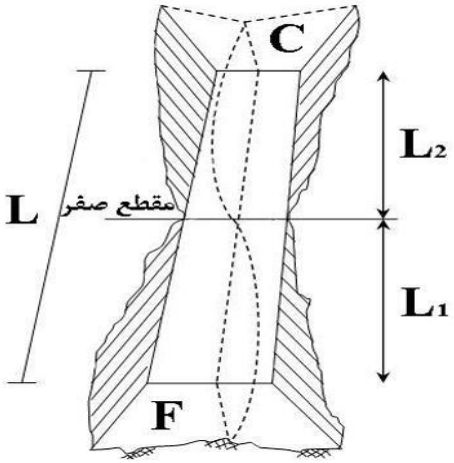
$$V_{cut} = \frac{C_1 + C_2}{2} \times L$$

حجم عملیات خاکریزی بین دو نیمرخ از نوع مقطع خاکریزی

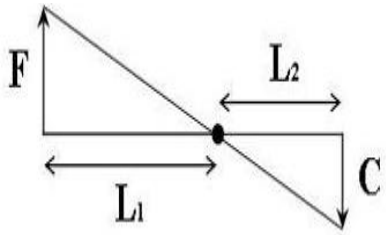
$$V_{fill} = \frac{F_1 + F_2}{2} \times L$$

2- محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو نیم رخ غیر هم نام (یکی خاکبرداری و دیگری خاکریزی):

MOHSEN TEIMOORY



شکل 3-5 - یک مقطع خاکبرداری – یک مقطع خاکریزی



از تشابه :

$$\frac{F}{C}=\frac{L_1}{L_2}\Rightarrow\frac{F}{F+C}=\frac{L_1}{L_1+L_2}$$

در نتیجه :

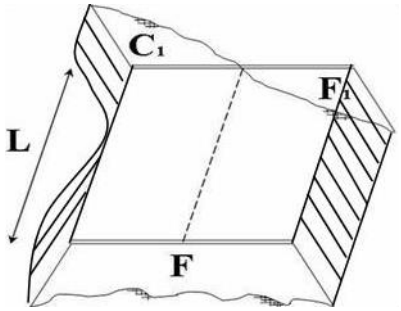
$$L_1=\frac{F\cdot L}{F+C}\qquad L_2=\frac{C\cdot L}{F+C}$$

$$V_{fil}=\frac{F+0}{2}\times L_1=\frac{F}{2}\times L_1$$ حجم عملیات خاکریزی بین دو نیمرخ

$$V_{cut}=\frac{C+0}{2}\times L_2=\frac{C}{2}\times L_2$$ حجم عملیات خاکبرداری بین دو نیمرخ

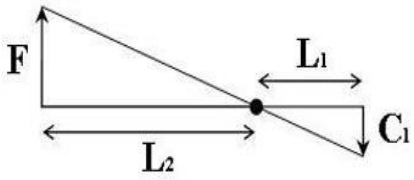
MOHSEN TEIMOORY

3- محاسبه حجم عملیات خاکی بین یک نیمرخ ساده (خاکریزی یا خاکبرداری) و یک نیمرخ مختلط (خاکریزی و خاکبرداری):



شکل 5-4 - یک مقطع ساده (خاکریزی) – یک مقطع مختلط

از تشابه :



$$\frac{C_1}{F}=\frac{L_1}{L_2}\Rightarrow\frac{C_1}{C_1+F}=\frac{L_1}{L}$$

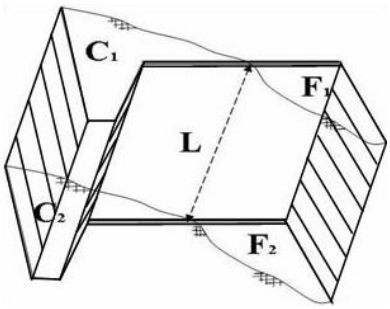
در نتیجه:

$$L_1=\frac{C_1 L}{C_1+F}$$

حجم عملیات خاکریزی بین دو نیمرخ $V_{fill}=\frac{F_1+F_2}{2}\times L$

حجم عملیات خاکبرداری بین دو نیمرخ $V_{cut}=\frac{C_1+0}{2}\times L_1=\frac{C_1}{2}\times L_1$

4- محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو نیم رخ مختلط هم نام (خاکریزی و خاکبرداری متقابل):



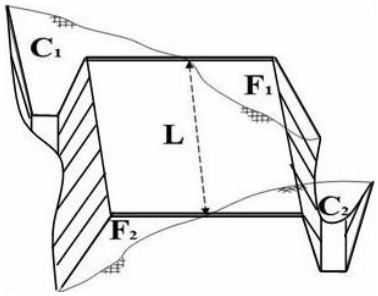
شکل 5-5 – دو مقطع مختلط متقابل

حجم عملیات خاکریزی بین دو نیمرخ $V_{fill}=\frac{F_1+F_2}{2}\times L$

MOHSEN TEIMOORY

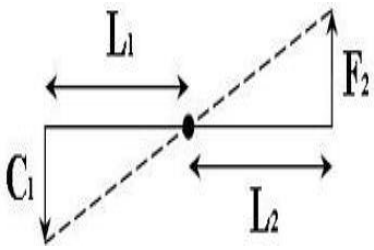
حجم عملیات خاکبرداری بین دو نیمرخ $$V_{cut} = \frac{C_1 + C_2}{2} \times L$$

5- محاسبه حجم عملیات خاکی بین دو نیمرخ مختلط غیر هم نام(خاکریزی و خاکبرداری غیرمتقابل):



شکل 5-6 – دو مقطع مختلط غیر متقابل

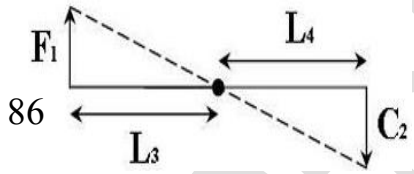
داریم:



$$L_2 = \frac{F_2 \cdot L}{F_2 + C_1}$$

$$L_1 = \frac{C_1 L}{C_1 + F}$$

به همین روش:



$$L_3 = \frac{F_1 \cdot L}{F_1 + C2}$$

$$L_4 = \frac{C_2 \cdot L}{F_1 + C_2}$$

در نتیجه خواهیم داشت:

$$V_{fill} = \frac{F_2}{2} \times L_2 + \frac{F_1}{2} \times L_3$$ حجم عملیات خاکریزی بین دو نیمرخ

$$V_{cut} = \frac{C_1}{2} \times L_1 + \frac{C_2}{2} \times L_4$$ حجم عملیات خاکبرداری بین دو نیمرخ

با توجه به مطالب فوق حجم خاکریزی و خاکبرداری را بین ایســـتگاههای متوالی محاســـبه نموده و در جداول صفحات بعد آورده شده است.

MOHSEN TEIMOORY

فصل ششم:

منحنی بروکنر

حمل و نقل خاک:

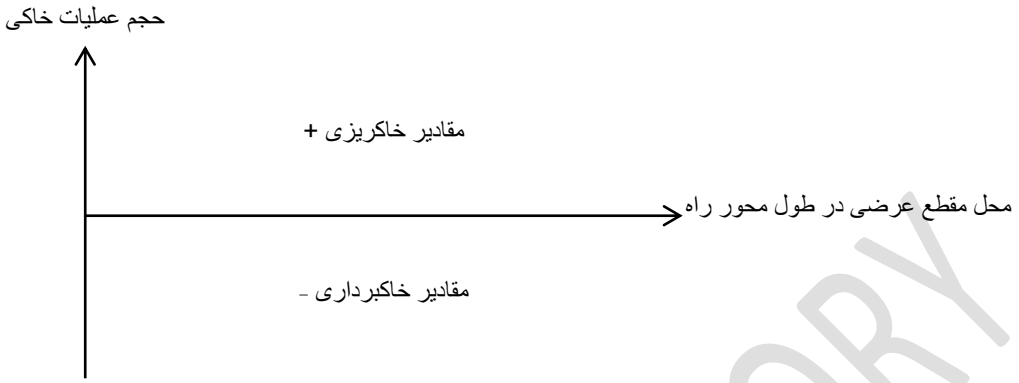
از نظر اقتصادی خط پروژه می بایست طوری طراحی شود که تمامی مواد حاصل از خاکبرداری حتی المکان در محل خاکریزی مصرف شود در غیر این صورت اگر نتوان تمام خاک مورد نیاز را از خاکبرداری های در طول پروژه تهیه نمود باید متوسل به تأمین خاک مورد نیاز از محل های مناسب و اصطلاحاً قرضه شد و یا برعکس باید خاک اضافی را به محل های تعیین شده حمل و اصطلاحاً دپو نمود.

برای دستیابی به اقتصادی ترین نحوه جابجایی خاک و تعیین حداقل فاصله حمل متوسط خاک در یک پروژه راهسازی از روش منحنی بروکنر استفاده می شود.

منحنی بروکنر:

هدف اصلی ترسیم و مطالعه منحنی بروکنر عبارت است از یافتن خط پخش یا خط توزیعی که با صرفه ترین حمل خاک را ایجاب می کند. برای رسم منحنی بروکنر بر روی محور X ها، کیلومتراژ ایستگاه نیمرخ های عرضی با مقیاس پروفیل طولی 1:2000 و بر روی محور Y ها، جمع جبری خاکریزی و خاکبرداری از مبداء تا ایستگاه مورد نظر با مقیاس مناسب رسم می گردد، معمولاً خاکبرداری با علامت منفی و خاکریزی به اضافه انقباض (اگر خاک حاصل از خاکبرداری را به صورت لایه لایه و در رطوبت بهینه بکوبیم و حجم نهـایی کمتـر از حجم اولیه شود این کمبود حجم انقباض نامیده می شود معمولاً مقدار انقباض برای خاک های معمولی بین 10 تا 15 درصد در نظر گرفته می شود که در این پروژه 10٪ در نظر گرفته شده است.) با علامت مثبت منظور می گردد.

MOHSEN TEIMOORY



خصوصیات منحنی بروکنر:

- ☑ به محور افقی خط پایه یا خط اساس گفته می شود.
- ☑ نقطه انتهایی منحنی بروکنر به نام نقطه پایانی نامیده می شود.
- ☑ به خطی که از انتهای منحنی بروکنر به موازات خط اساس رسم گردد، خط پایان گفته می شود؛ موقعیت این خط بر حسب مورد می تواند در بالا، پایین و یا منطبق بر خط اساس باشد.
  - ✓ اگر خط پایان در بالای خط اساس قرار گیرد، اضافه حجم عملیات خاکی پروژه از نوع خاکریزی است و پروژه نیازمند قرضه می باشد.
  - ✓ اگر خط پایان در پایین خط اساس قرار گیرد، اضافه حجم عملیات خاکی از نوع خاکبرداری است و پروژه نیازمند دپو می باشد.
  - ✓ اگر خط پایان منطبق بر خط اساس قرار گیرد، حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی کل پروژه با هم در تعادل می باشد.
- ☑ شاخه های نزولی منحنی بروکنر نشان دهنده خاکبرداری و شاخه های صعودی نشان دهنده خاکریزی است.
- ☑ ارتفاع منحنی بروکنر که در هر نقطه نشان دهنده حجم خاک تجمعی تا آن نقطه می باشد.

MOHSEN TEIMOORY

- ☑ نقاط ماکسیمم و مینیمم منحنی بروکنر، نقاطی هستند که عملیات خاکبرداری به خاکریزی (یا بالعکس) تبدیل می شود. این نقاط معمولا" در محل برخورد خط پروژه با خط زمین (مقطع عرضی صفر یا در مواردی مقطع عرضی مختلط واقع می شوند.)
- ☑ نقاطی که منحنی بروکنر خط اساس را قطع می کند، نقاط تعادل نامیده می شود؛ زیرا جمع جبری احجام خاکبرداری و خاکریزی در این نقاط برابر صفر می باشد.
- ☑ هر خطی که به موازات خط اساس رسم شود و منحنی بروکنر را حداقل در یک نقطه قطع کند، خط توزیع یا خط پخش نامیده می شود؛ با این تعریف خط پایان و اساس هم می تواند به عنوان یک خط پخش محسوب شود.
- ☑ هر خط پخش مفروض، منحنی بروکنر را به مجموعه ای از سطوح هندسی که در بالا و پایین این خط واقع شده اند، تقسیم می کند؛ که دارای شاخه های صعودی و نزولی بوده و می بایست برای تعادل خاک را از سمت شاخه نزولی (خاکبرداری) به سمت شاخه صعودی (خاکریزی) هل داد.
- ☑ به ازای خط پخش بهینه که مجموع قاعده های سطوح فوقانی و تحتانی در آن برابر بوده، متوسط فاصله حمل خاک حداقل می گردد.
- ☑ فاصله حمل حداقل خاک باعث می شود تا هزینه ساخت راه کمتر شده و پروژه اقتصادی تر باشد.

خط توزیع:

خط توزیع خطی است به موازات خط اساس و بین خط اساس و خط پایانی که مشخص کننده ی نحوه انجام عملیات خاکی و ایجاد تعادل بین خاکبرداری و خاکریزی است به طوریکه مسافت حمل (جا به جایی مرکز ثقل حجمی از خاک از محل خاکبرداری به محل خاکریزی را مسافت حمل گویند) حداقل گردد. به عبارت دیگر با رسم این خط سطوح محدود شده در منحنی بروکنر در مجموع حداقل خواهد بود.

با استفاده از محاسبات ریاضی صورت گرفته چنین نتیجه گیری می شود که خط توزیع خطی است که در اثر رسم آن اختلاف بین مجموع قواعد سطوح فوقانی منحنی بروکنر با مجموع قواعد سطوح تحتانی منحنی بروکنر حداقل باشد. در این راستا می توان چهار حالت را متصور شد:

1- حالتـــی که هر قـدر در آن از خط اساس به سمت خـط پایانی پیش می رویـم اختلاف ناچیز تر و در محلی صفر می شود؛ در این حالت آن محل مشخص کننده خط توزیع است.

MOHSEN TEIMOORY

2- حالتی که هر قدر در آن از خط اساس به سمت خط پایانی حرکت می کنیم اختلاف قواعد سطوح فوقانی با قواعد سطوح تحتانی زیاد می شود؛ در این حالت خط توزیع همان خط اساس است.

3- حالتی که هر قدر در آن از خط اساس به سمت خط پایانی حرکت می کنیم اختلاف کم می شود ولی به صفر نمی رسد؛ در این حالت خط توزیع همان خط پایانی است.

4- حالتی که هر قدر در آن از سمت خط اساس به سمت خط پایانی حرکت می کنیم اختلاف ها کم می شود ولی در محلی ممکن است که اختلاف تغییر علامت دهد یعنی به جای کاهش، افزایش یابد، این حالت ممکن است به دلیل وجود قطعه خطی افقی در منحنی بروکنر باشد؛ در این حالت بایستی خط توزیع بر خط افقی منطبق باشد.

تعیین محل خط توزیع با توجه به محل قرضه و دپو:

محل قرضه و دپو را با دو خط موازی نزدیک به هم و عمود بر محور منحنی بروکنر مشخص می کنند؛ محل قرضه را با B و محل دپو را با D نشان می دهند.

بسته به موقعیت محل قرضه و دپو در طول خط اساس به منظور پیدا کردن خط توزیع بر مبنای حالات ذیل عمل می گردد:

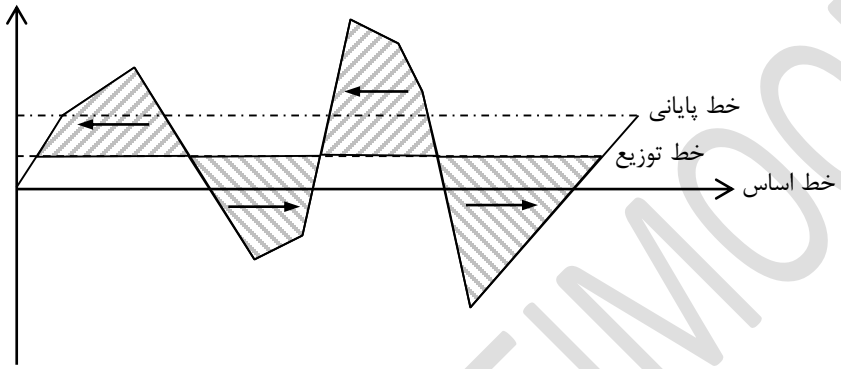
1- اگر محل قرضه یا دپو در سمت راست منحنی بروکنر باشد محل خط توزیع، همان خط اساس می باشد.
2- اگر محل قرضه یا دپو در سمت چپ منحنی بروکنر باشد محل خط توزیع، همان خط پایان می باشد.
3- اگر محل قرضه یا دپو در میانه منحنی بروکنر باشد در این حالت سمت چپ مشابه حالت 1 و سمت راست مشابه حالت 2 در نظر گرفته می شود.
4- اگر محل قرضه و دپو در دو انتهای منحنی بروکنر باشد یعنی یکی در ابتدا و دیگری در انتها باشد در این حالت باید مطابق چهار حالت قبلی که توضیح داده شد خط توزیع را بین خط اساس و خط پایانی حرکت داد و حداقل مقدار اختلاف قاعده سطح های فوقانی و تحتانی را به دست آورد و آن خط، خط توزیع می باشد.
5- اگر چندین محل قرضه و دپو در طول محور راه وجود داشته باشد می بایست با استفاده از هر کدام از حالاتی که توضیح داده شده خط توزیع را پیدا نمود.

MOHSEN TEIMOORY

6- در صـورتی که محل قرضه یا دپو به فاصله معینی از محور راه و خارج از آن واقع باشد در این حالت به اندازه دو برابر فاصله تا محل قرضه یا دپو به صورت خطی افقی به منحنی بروکنر اضافه می شود.

علامت قرار دادی در منحنی بروکنر:

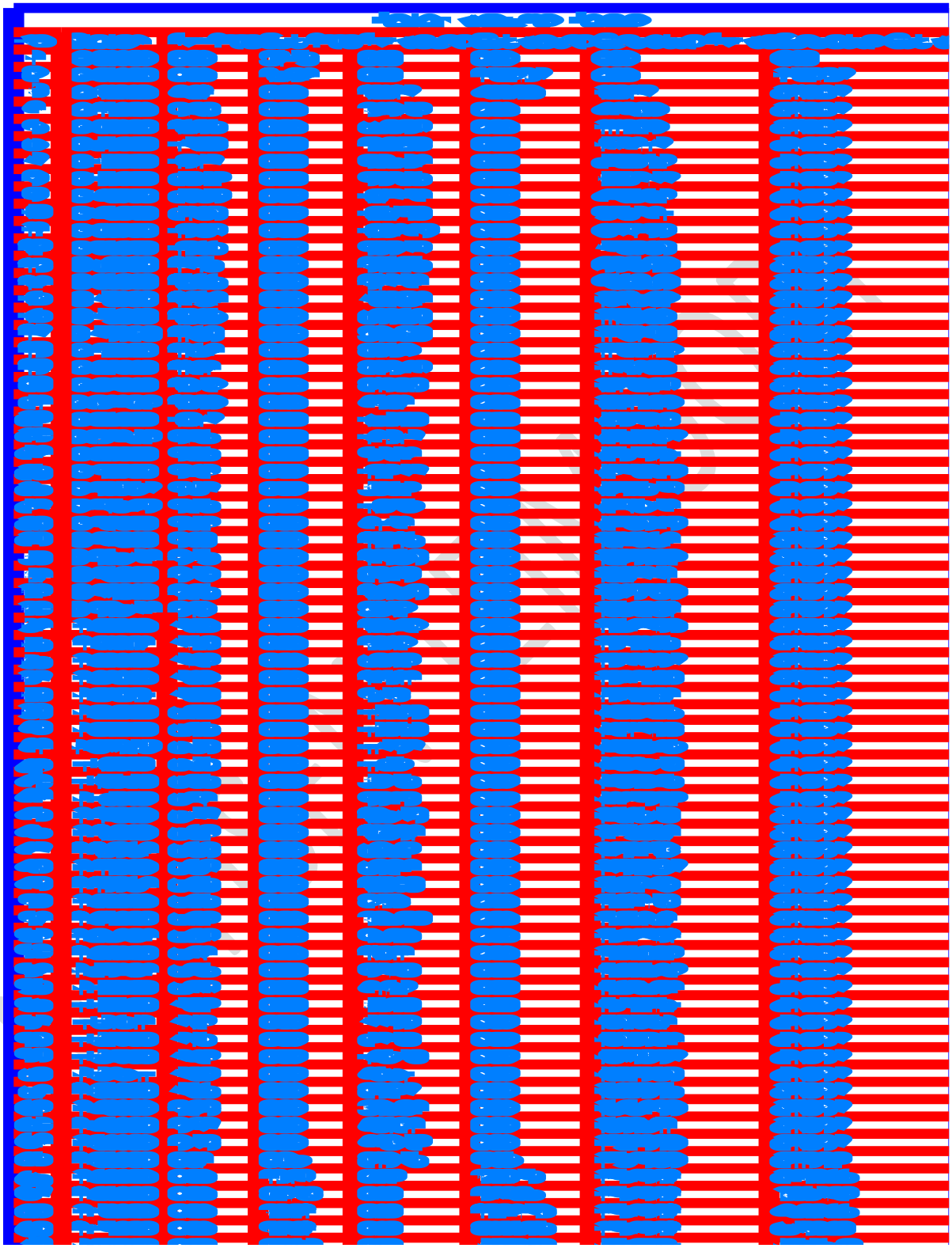
حمل خاک باید طوری انجام پذیرد که جهت حمل از خاکبرداری به سـمت خاکریزی باشد بنابراین جهت حمل در منحنی بروکنر در بالای خط توزیع از راست به چپ و در زیر خط توزیع همیشه از سمت چپ به راست انجام می پذیرد.



جدول مربوط به منحنی بروکنر:

مقادیر مربوط به حجم خاکبرداری مستقیما از نرم افزار برداشت و نمایش داده میشود:

MOHSEN TEIMOORY



با توجه به محاسبات جدول فوق داریم:

جمع خاکبرداری:

$\sum$ land escap=11370m³

برای رسم منحنی بروکنر مقیاس محور افقی را برابر با همان مقیاس محور افقی مربوط به خط پروژه در پروفیل طولی یعنی 1:2000 و مقیاس محور قائم را با توجه به اعداد به دست آمده برای حداکثر خاکریزی و خاکبرداری، برابر 1:100000 در نظر می گیریم.

حال با اعداد کیلومتراژ ایستگاهها و اعداد جمع جبری از مبداء منحنی بروکنر را ترسیم می نماییم.

با رسم منحنی بروکنر و رسم خط پایان، مشخص می گردد که خط پایان در بالای خط اساس قرار می گیرد، بنابراین ، اضافه حجم عملیات خاکی پروژه از نوع خاکریزی است و برای این که خاک مورد نیاز برای خاکریزی فراهم گردد، پروژه نیازمند قرضه می باشد؛ که به فاصله 100 متر از محور راه در ایستگاه 80 (کیلومتراژ 278+2) یک محل قرضه کشف و انتخاب می گردد. البته محل قرضه باید طوری انتخاب گردند که ضرر و زیان عاید صاحبان اراضی نگردد.

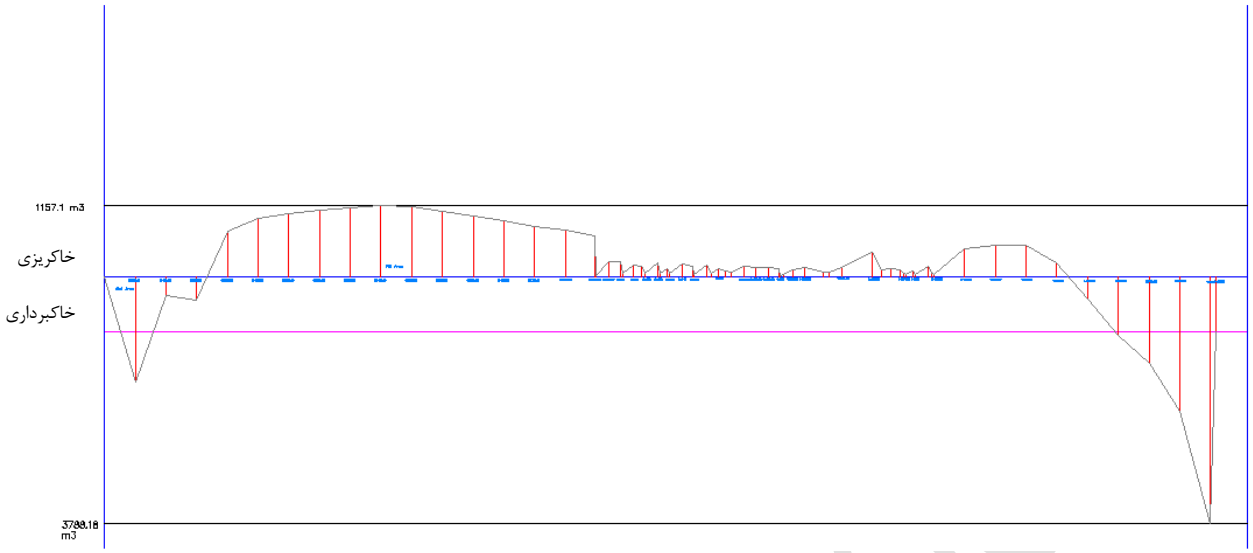
عدد مثبت که جمع جبری عملیات خاکی است، نیز نشان می دهد که پروژه نیازمند خاکریزی است و می بایست یک محل برای قرضه در نظر گرفته شد.

همچنین خط پخش بهینه از ابتدای مسیر تا محل قرضه خط اساس و از محل قرضه تا انتها خط پایان است.

همچنین منحنی بروکنر در ایستگاه 9 باید به اندازه مسیر رفت و برگشت محل قرضه تا محور راه یعنی 120 متر اصلاح گردد؛ که برای این امر، در ایستگاه 9 به اندازه 120 متر به صورت مستقیم حرکت کرده و سپس بقیه مسیر را مثل قبل ادامه می دهیم.

در صفحه بعد نمودار منحنی بروکنر به صورت شماتیک ترسیم گردیده است؛ که شامل 5 ناحیه مساحتی می باشد

MOHSEN TEIMOORY



شکل 6-1- منحنی بروکنر

MOHSEN TEIMOORY

فصل هفتم:

روسازی راه

طراحی روسازی راه:

در این پروژه طراحی روسازی راه به وسیله ی آیین نامه (AASHTO GDPS 1993) و با کمک گرفتن از روابط موجود در آیین نامه ی روسازی آسفالتی راه های ایران(نشریه شماره 234 سازمان مدیریت) انجام شده است.

محاسبه ضریب رشد پیش بینی رشد ترافیک:

ضریب پیش بینی رشد ترافیک در طول عمر روسازی راه را با استفاده از رابطه ذیل به طور جداگانه برای وسایل نقلیه سنگین و سبک برای مدت 17 سال محاسبه می کنیم.

ضریب رشد ترافیک $= \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)}$

ضریب رشد ترافیک برای وسایل نقلیه سبک $= \frac{(1+0.04)^{17} - 1}{Ln(1+0.04)} = 24.168$

ضریب رشد ترافیک برای وسایل نقلیه سنگین $= \frac{(1+0.01)^{17} - 1}{Ln(1+0.01)} = 18.522$

در صورت پروژه قید گردیده است که از نتایج مطالعات ترافیکی برای طراحی روسازی استفاده گردد؛ لذا از تکرار بعضی از مطالب خودداری می گردد.

میانگین ترافیک روزانه وسایل نقلیه سبک سال 1387

$$(ADT)^{L}_{1387} = 1200 + 350 + 25 = 1575 \, veh/day$$

MOHSEN TEIMOORY

میانگین ترافیک روزانه وسایل نقلیه سنگین سال 1387

$$(ADT)^{H}_{1387} = 250+510+340+220 = 1320\,{}^{veh}\!/_{day}$$

حال ضرایب رشد را در انواع مختلف وسایل نقلیه سبک و سنگین اعمال نموده و در جدولی تنظیم می کنیم تا ترافیک برای سال بهره برداری (4 سال بعد) بدست آید.

تعداد سواری در $= 1200\times(1+0.04)^{4} = 1404\,{}^{veh}\!/_{day}$

به همین ترتیب برای تعداد بقیه وسایل نقلیه را در سال 1391 بدست می آوریم.

جدول 7-1 آمار سال 1391 با اعمال ضریب

		آمار سال 1387	آمار سال 1391
وسایل نقلیه سبک	سواری	1200	1404
	مینی بوس	25	30
	وانت بار	350	410
	مجموع	1575	1844
وسایل نقلیه سنگین	اتوبوس	250	261
	کامیون دو محوره	510	531
	کامیون سه محوره	340	354
	کامیون چهار محوره	320	333
	مجموع	1320	1479

تعیین تعداد محورهای مبنای طرح در یک خط طرح (W):

برای انجام محاسبات نشانه خدمت در ابتدای عمر روسازی با توجه به اینکه راه اصلی بوده و با توجه به کتاب روسازی راه طباطبایی (Pi) را برابر 4/2 و نشانه خدمت روسازی در پایان عمر مفید آن (Pt) را برابر 2/5 در نظر می گیریم. همچنین عدد ضخامت روسازی (SN) که نشانه ای از مقدار ضخامت و جنس لایه های آن است را برابر با 5 در نظر می گیریم.

اطلاعات را در جدولی مطابق صفحه بعد وارد می کنیم. در این جدول تعداد محور وسایل نقلیه را با توجه به صفحات 338 و وزن محورها به " تن" و نوع محور (ساده Single، مرکب Tandem، سه محوره Triple) را با توجه به جدول 8-1 صفحه 340 کتاب روسازی راه طباطبایی می یابیم.

MOHSEN TEIMOORY

همچنین ضرایب بار هم ارز اشتو برای SN= 5 را از جداول آشتو استخراج می کنیم. در این جداول وزن محورها بر حسب Kips آمده است که می بایست وزن محورها از " تن" به Kips تبدیل شود. برای تبدیل آن کافیست وزن محور به تن را در ضریب 2/195 ضرب کنیم. همانطور که مشاهده می شود این ضریب بین اعداد درج شده در جدول بوده و می بایست درون یابی شوند.

قابل ذکر است که جداول آشتو برای تعیین ضرایب بار هم ارز و نیز برحسب Pt های 2 و 2/5 و3 و نیز SN و نوع محور (ساده Single، مرکب Tandem، سه محوره Triple) در صفحات 363 تا 371 از آیین نامه (AASHTO GDPS 1993) در انتهای فصل پیوست گردیده است.

به طور مثال برای وزن محور 1 تن داریم: $1\times(2.195)=2.195 Kips$

برای Axle Load (Kips) = 2/195 و Pt برابر 2/5 و نوع محور ساده و SN= 5 داریم:

Axle Load (Kips)	ضریب بار هم ارز SN=5	ΔAxle Load	اختلاف ضریب بار هم ارز
2	0/0002	2	0/0028
4	0/003		

همانطور که مشاهده می شود به ازای افزایش 2 Kips ضریب بار هم ارز 0/0028 افزایش می یابد، به ازای افزایش بار 0.195 Kips از یک تناسب ساده افزایش ضریب بار را یافته و به مقدار ضریب بار 2 Kips می افزاییم تا ضریب بار هم ارز آشتور برای وزن محور 1 " تن" بدست آید.

حال برای بدست آوردن مقدار محور معادل ضرایب بار هم ارز آشتو را در تعداد محور ضرب می کنیم.

جدول 7-3 تعداد محور معادل

وسایل نقلیه سبک	سواری	آمار مربوط به سال 1391	تعداد محور وسایل نقلیه	وزن محور	تعداد محور	ضرایب بار هم ارز اشتو با فرض $SN=5$	محور معادل
		1404	2	1 1	2808	0/000375	1/053

Mohsen.teimoory@gmail.com

	مینی بوس	30	2	4	60	0/055	3/3
				4			
	کامیونت	410	2	5	410	0/137	56/17
				7	410	0/5394	221/154
	مجموع	1844	تعداد محورهای ساده 8/2 تنی هم ارز در سال اول				281/677
وسایل نقلیه سنگین	اتوبوس	261	2	2	261	0/0035	0/9135
				4	261	0/055	14/355
	کامیون دو محوره	531	2	6	531	0/289	153/459
				13	531	5/8214	3091/163
	کامیون سه محوره	354	3	6	354	0/289	102/306
				*9	354	0/11561	40/926
	کامیون چهار محوره	333	4	6	333	0/289	96/237
				8	333	0/917	305/361
				*8	333	0/0704	23/443
	مجموع	1479	تعداد محورهای ساده 8/2 تنی هم ارز در سال اول				3828/1635

*محور از نوع مرکب

معادل محورهای 8/2 تنی $EAL_0^L = 281.677$

$$EAL_{17}^L = 365 \times EAL_0^L \times \text{ضریب رشد وسایل نقلیه سبک} = 365 \times 281.677 \times 24.168 = 2484762.95$$

$$EAL_0^H = 3828.163$$

$$EAL_{17}^H = 365 \times EAL_0^H \times \text{ضریب رشد وسایل نقلیه سنگین} = 365 \times 3828.163 \times 18.522 = 25880410.81$$

$$EAL_{17}^T = EAL_{17}^L + EAL_{17}^H = 2484762.95 + 25880410.81 = 28365173.76$$

ضریب توزیع خطی (D_I) برای راه هایی که یک خط در هر جهت دارند؛ 100٪ می باشد. همچنین ضریب توزیع جهتی (D_D) را مطابق فصل مطالعات ترافیکی 0/75 در نظر می گیریم. بنابراین تعداد محورهای مبنای طرح (W) در یک خط طرح به صورت ذیل محاسبه می شود.

$$W = EAL_{17}^T \times D_L \times D_D = 28365173.76 \times 0.75 \times 1 = 21273880.32$$

MOHSEN TEIMOORY

محاسبه ضخامت روسازی با توجه به آشتو :

$$Log(W) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times Log(SN+1) - 0.2 + \frac{Log(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5})}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times Log(M_R) - 8.07$$

در این رابطه:

S_0 : انحراف معیار کلی است که معمولا" بین 0/4 تا 0/5 انتخاب می گردد؛ در این پروژه برابر 0/45 می گیریم

Z_R : انحراف معیار نرمال است. این پارامتر بدین طریق تعیین می گردد:

با توجه به نوع راه و محل راه (در این پروژه راه اصلی برون شهری) می توان ضریب اطمینان را از جدول 2-2 آشتو بدست آورد.

Table 2.2. Suggested levels of reliability for various functional classifications.

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and other freeways	85 - 99.9	80 - 99.9
Principal Arterials	80 - 99	75 - 95
Collectors	80 - 95	75 - 95
Local	50 - 80	50 - 80

Note: Results based on a survey of the AASHTO Pavement Design Task

با توجه به جدول روبر داریم:

75< R<95

که مقدار 85 برای R انتخاب گردیده است. با استفاده از این ضریب اطمینان از جدول 1-4 آشتو، مقدار Z_R را می یابیم.

Table 4.1. Standard Normal Deviate (Z_R) Values Corresponding to Selected Levels of Reliability

Reliability, R (percent)	Standard Normal Deviate, Z_R
50	−0 000
60	−0 253
70	−0 524
75	−0 674
80	−0 841
85	−1 037
90	−1 282
91	−1 340
92	−1 405
93	−1 476
94	−1 555
95	−1 645
96	−1 751
97	−1 881
98	−2 054
99	−2 327
99 9	−3 090
99 99	−3 750

با توجه به این جدول برای R= 85 ، مقدار Z_R برابر است با :

Z_R = -1.037

پارامتر ΔPSI بیانگر کاهش عدد خدمت روسازی راه به واسطه رسیدن به عدد خدمت نهایی 2/5 و با در نظر گرفتن تورم و یخ زدگی خاک است.

این پارامتر به صورت زیر بیان می گردد:

$$\Delta PSI = P_i - P_t - \Delta PSI_{sw,fh} = P_i - P_t - (\Delta PSI_{sw} + \Delta PSI_{fh})$$

Mohsen.teimoory@gmail.com

با در نظر گرفتن نشانه خدمت اولیه برابر $P_i=4.2$ و نشانه خدمت نهایی $P_t=2.5$ و با ذکر این نکته که خاک در معرض یخ بندان قرار ندارد، ($\Delta PSI_{fh}=0$) میزان ΔPSI با توجه به شکل 2-2 آشتو که مقدار ΔPSI_{sw} را برای عمر 17 ساله راه 0/34 تعیین می نماید. $\Delta PSI_{sw}=0.34$ از رابطه بالا با قرار دادن مقادیر فوق بدست می آید:

$$\Delta PSI = 4.2-2.5-(0.34+0)=1.36$$

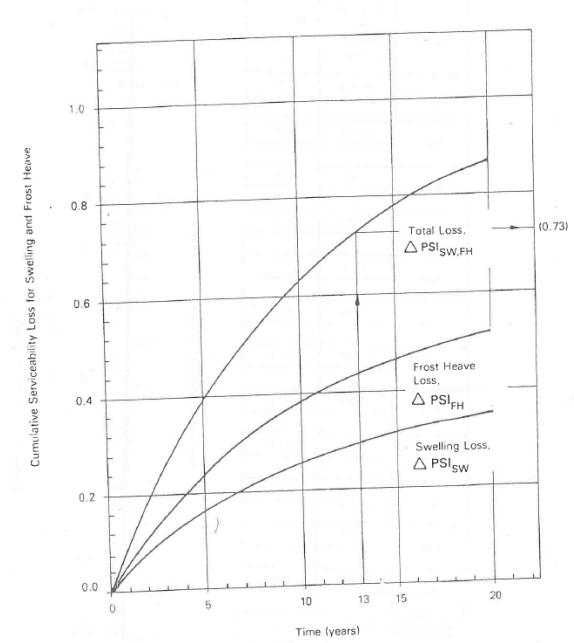


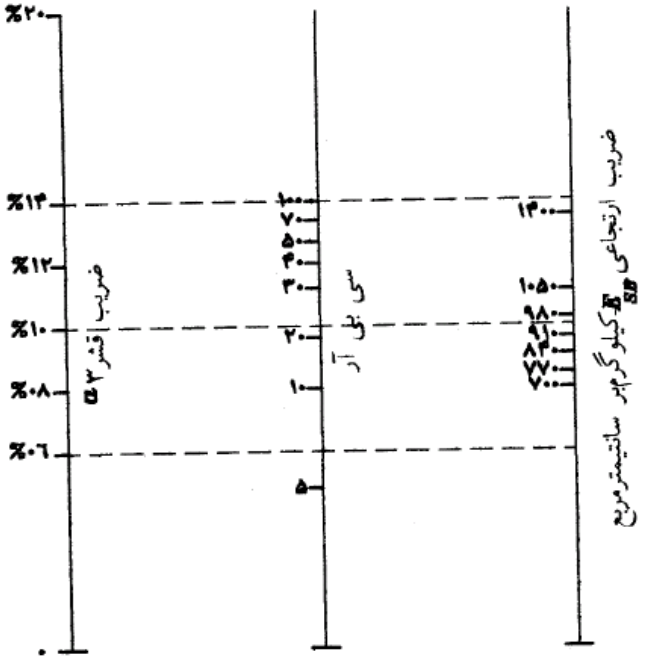
Figure 2.2. A conceptual example of the environmental serviceability loss versus time graph that may be developed for a specific location.

M_R : ضریب برجهندگی خاک بستر است که مطابق جدول 11-3 آیین نامه روسازی راه های آسفالتی ایران (نشریه 234) می توان CBR خاک بستر را به ضریب برجهندگی تبدیل نمود.

جدول 11-3 – تبدیل CBR خاک بستر روسازی به ضریب برجهندگی

ردیف	درصد CBR طرح خاک بستر روسازی	ضریب برجهندگی خاک بستر(Kg/Cm^2)
1	$CBR \le 5$	$105\times(CBR)$
2	$5 \le CBR \le 10$	$525+35\times(CBR-5)$
3	$10 \le CBR \le 15$	$700+21\times(CBR-10)$
4	$15 \le CBR \le 25$	$805+14\times(CBR-15)$
5	$25 \le CBR$	به شکل 11-2 مراجعه شود

MOHSEN TEIMOORY



شکل ۱۱-۲ نمودار تعیین ضریب لایه زیر اساس (a۳) برحسب سی بی آر و ضریب ارتجاعی

با توجه به اینکه در صورت پروژه CBR خاک برابر 21 تعیین گردیده است؛ از ردیف 4 جدول 11-3 آیین نامه رو سازی آسفالتی راه مقدار M_R را می یابیم.

$$M_R = 805 + 14 \times (CBR - 15) = 805 + 14 \times (21 - 15) = 889 Kg / Cm^2$$

برای اینکه در فرمول آشتو قابل استفاده باشد می بایست به Psi تبدیل شود که داریم:

$$\frac{Kg}{Cm^2} \times 2.195 \times \frac{lb}{Kg} \times 2.54^2 \times \frac{Cm^2}{in^2} = \frac{lb}{in^2} \Leftrightarrow 14.2 \times \frac{Kg}{Cm^2} = \frac{lb}{in^2}$$

$$\Rightarrow M_R = 889 \times 14.2 = 12623.8 Psi$$

با داشتن کلیه موارد فوق می توان SN را از طریق آزمون و خطا محاسبه نمود.

با انجام روند آزمون و خطا SN برابر 4 بدست آمد.

MOHSEN

جدول 7-3 تعداد محور معادل		آمار مربوط به سال 1391	تعداد محور وسایل نقلیه	وزن محور	تعداد محور	ضرایب بار هم ارز اشتو با فرض $SN=4$	محور معادل
وسایل نقلیه سبک	سواری	1404	2	1	2808	0/000473	1/33
				1			
	مینی بوس	30	2	4	60	0/0648	3/9
				4			
	کامیونت	410	2	5	410	0/1561	64
				7	410	0/5634	231
	مجموع	1844	تعداد محورهای ساده 8/2 تنی هم ارز در سال اول				300/23
وسایل نقلیه سنگین	اتوبوس	261	2	2	261	0/00495	1/3
				4	261	0/0648	16/9
	کامیون دو محوره	531	2	6	531	0/31537	167/46
				13	531	5/6353	2992/34
	کامیون سه محوره	354	3	6	354	0/31537	111/64
				*9	354	0/135	47/8
	کامیون چهار محوره	333	4	6	333	0/31537	105
				8	333	0/9291	309/4
				*8	333	0/0843	28/1
	مجموع	1479	تعداد محورهای ساده 8/2 تنی هم ارز در سال اول				3779/94

ملاحظه می گردد که SN بدست آمده با SN اولیه یک واحد تفاوت دارد و آن را نمی پذیریم و محاسبات را با SN فرضی برابر 4 دوباره انجام می دهیم.

روند محاسبات مانند قبل می باشد با این تفاوت که فقط تعداد محورهای مبنای طرح (W) تغییر می کند.

بنابراین از قبل داریم:

$$M_R = 12623.8 Psi$$
$$S_0 = 0.45$$
$$Z_R = -1.037$$
$$\Delta PSI = 1.36$$

MOHSEN TEIMOORY

*محور از نوع مرکب

معادل محورهای 8/2 تنی $EAL_0^L = 300.23$

$EAL_{17}^L = 365 \times EAL_0^L \times$ ضریب رشد وسایل نقلیه سبک $= 365 \times 300.23 \times 24.168 = 2648425$

$EAL_0^H = 3779.94$

$EAL_{17}^H = 365 \times EAL_0^H \times$ ضریب رشد وسایل نقلیه سنگین $= 365 \times 3779.94 \times 18.522 = 25554397.8$

$EAL_{17}^T = EAL_{17}^L + EAL_{17}^H = 2648425 + 25554397.8 = 28202823$

$D_l = 1$

$D_D = 0.75$

$W = EAL_{17}^T \times D_L \times D_T = 28365173.76 \times 0.75 \times 1 = 21273880.32$

حال با توجه به فرمول ضخامت روسازی و انجام آزمون و خطا SN را 4/7 بدست می آوریم که می پذیریم.

تعیین ضخامت لایه های مختلف روسازی:

پس از به دست آوردن عدد ضخامت (SN) با استفاده از رابطه ذیل می توان ضخامت لایه های مختلف روسازی را به دست آورد:

$$SN = \frac{1}{2.5}(a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3)$$

که در این رابطه D_1 و D_2 و D_3 به ترتیب ضخامت لایه های اول و دوم و سوم است و a_1 و a_2 و a_3 به ترتیب ضرایب قشر لایه های اول و دوم و سوم هستند.

m_2 و m_3 ضرایب تاثیر کیفیت زهکشی هستند که با معلوم بودن کیفیت زهکشی اساس و زیر اساس و همچنین زمانی که روسازی در معرض رطوبت نزدیک به اشباع قرار دارد، از جدول 4-2 آشتو بدست می آید.

مطابق صورت پروژه برای مصالح زیراساس شن و ماسه ای $CBR = 25$، برای مصالح اساس تثبیت نشده سنگ شکسته $CBR = 90$ و برای رویه بتن آسفالتی گرم استقامت مارشال برابر با 980 کیلو گرم در نظر می گیریم.

MOHSEN TEIMOORY

با استفاده از نموگرام های صفحات 417 و 418 کتاب روسازی راه دکتر طباطبایی ضرایب قشر لایه ها را به ترتیب زیر می یابیم.

$CBR = 25 \Rightarrow a_3 = 0.1$ از نموگرام 5 و با استفاده از CBR زیر اساس

$CBR = 90 \Rightarrow a_2 = 0.138$ از نموگرام 4 و با استفاده از CBR اساس

$Marshall\ \ Stability = 980 \Rightarrow a_1 = 0.46$ از نموگرام 1 و با استفاده از مقاومت مارشال رویه آسفالتی

همچنین برای به دست آوردن ضرایب m_2 و m_3 از جدول 4-2 آشتو داریم:

جدول 4-2 آشتو

m_i	کیفیت زهکشی	زمانی که روسازی در معرض رطوبت نزدیک به اشباع است*	لایه
1 □ 1.15	خوب (24 ساعته)	(5 – 25)%	اساس (m_2)
0.8 □ 1	متوسط (1 هفته)	(5 – 25)%	زیراساس (m_3)

*پروژه در منطقه معتدل اجرا می گردد.

با توجه به جدول فوق ضرایب m_2 و m_3 را به صورت مقابل در نظر می گیریم:

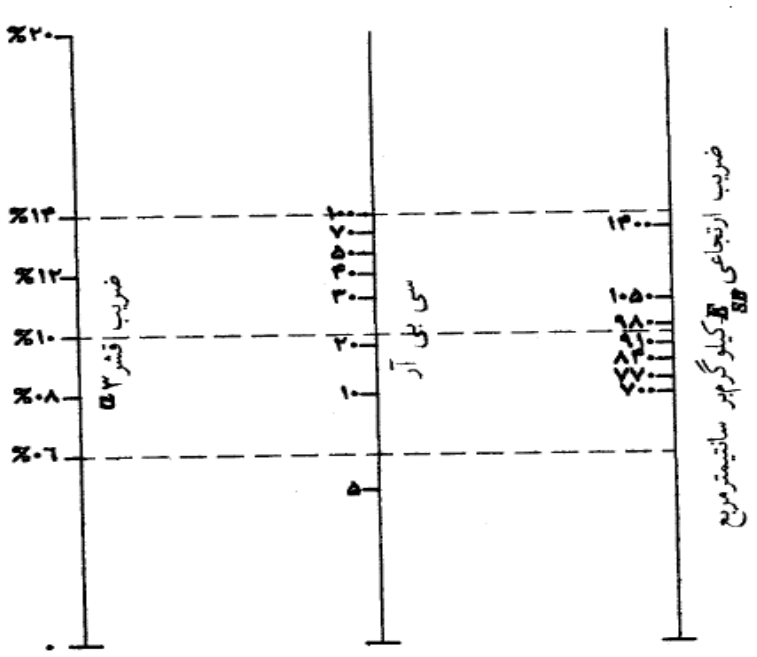
$m_2 = 1.2$
$m_3 = 0.9$

در نتیجه فرمول محاسبه ضخامت لایه های روسازی به شکل زیر نوشته می شود.

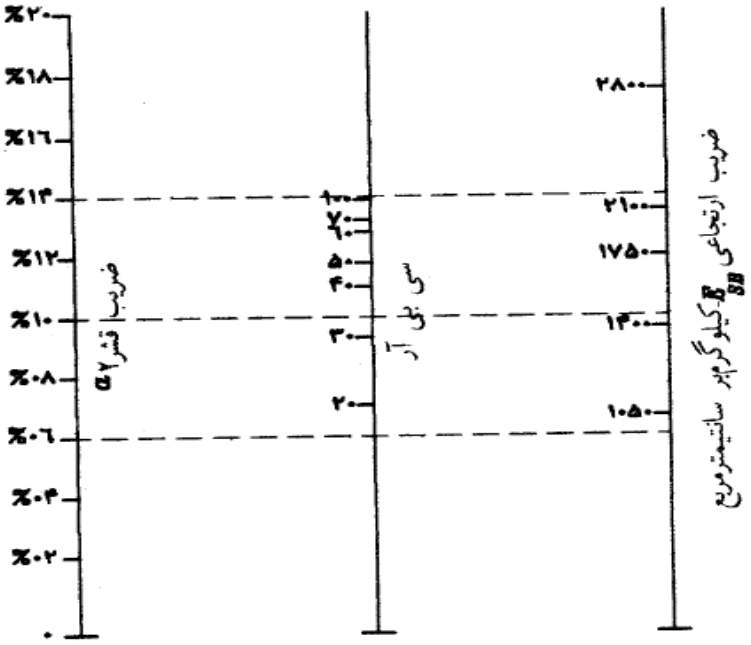
$$SN = \frac{1}{2.5}(0.46D_1 + 0.138 \times 1.2D_2 + 0.1 \times 0.9D_3)$$

با داشتن مقادیر CBR خاک بستر و لایه های اساس و زیر اساس می توان ضرایب برجهندگی هر کدام از این لایه ها را با توجه به اشکال 2-11 و 3-11 از آیین نامه روسازی راههای آسفالتی ایران به دست آورد؛ و ازآنجا با قرار دادن در فرمول محاسبه ضخامت، SN_i را برای تعیین ضخامت حداقل هر کدام از لایه ها به روش سعی و خطا محاسبه نمود. این نمودار ها در صفحه بعد آورده شده است.

MOHSEN TEIMOORY



شکل ۱۱-۲ نمودار تعیین ضریب لایه زیر اساس (α۲) برحسب سی بی آر و ضریب ارتجاعی



شکل ۱۱-۳ نمودار تعیین ضریب لایه اساس (α۲) برحسب سی بی آر و ضریب ارتجاعی

۵-۱۱

محاسبه SN_i با استفاده از فرمول زیر که قبلا هم بیان شده بود؛ صورت می گیرد. با این تفاوت که مقادیر ضریب برجهندگی آن با تغییر CBR لایه ها تغییر کرده است.

$$Log(W) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times Log(SN+1) - 0.2 + \frac{Log(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5})}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times Log(M_R) - 8.07$$

در جدول زیر مقادیر SN_i با توجه به مطالب فوق و با استفاده از آزمون و خطا محاسبه و جمع آوری شده است.

لایه	CBR	ضریب برجهندگی (Kg/Cm^2)	ضریب برجهندگی (Psi)	SN_i
بستر	21	889	12623/8	4/7
زیراساس	25	980	13916	4/59
اساس	90	2150	30530	3/36

تعیین مقادیر حداقل ضخامت لایه ها:

ابتدا مقادیر حداقل ضخامت لایه ها را از فرمول های زیر پیدا می کنیم و در انتها فرمول کلی را کنترل می کنیم.

$$(D_1) \geq \frac{2.5SN_1}{a_1} = \frac{2.5 \times 3.36}{0.46} = 18.26cm \quad \Rightarrow \quad Select: D_1 = 20Cm$$

$$SN_1^* = \frac{a_1 D_1}{2.5} = \frac{0.46 \times 20}{2.5} = 3.68$$

$$(D_2) \geq \frac{2.5(SN_2 - SN_1^*)}{a_2 \times m_2} = \frac{2.5 \times (4.59 - 3.68)}{0.138 \times 1.2} = 13.74cm \quad \Rightarrow \quad Select: D_2 = 15Cm$$

$$SN_2^* = \frac{a_2 m_2 D_2}{2.5} = \frac{0.138 \times 1.2 \times 25}{2.5} = 0.9936$$

$$(D_3) \geq \frac{2.5(SN_3 - SN_1^* - SN_2^*)}{a_3} = \frac{2.5 \times (4.7 - 3.68 - 0.9936)}{0.1 \times 0.9} = 0.73cm \quad \Rightarrow \quad Select: D_3 = 10Cm$$

همانطور که ملاحظه می شود چون مقادیر حداقل ضخامت لایه ها کمتر از ضخامت های انتخابی هستند؛ لذا طرح قابل قبول است.

MOHSEN TEIMOORY

کنترل مقادیر ضخامت لایه ها:

حال می بایست SN محاسباتی از SN بدست آمده با سعی و خطا بیشتر باشد.

$$SN = \frac{1}{2.5}(a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3)$$

$$SN = \frac{1}{2.5}(0.46\times 20 + 0.138\times 1.2\times 15 + 0.1\times 0.9\times 10) = 5.03 \geq 4.7 \quad Ok$$

MOHSEN TEIMOORY

باتشکر از...

در انتهای پروژه از استاد محترم جناب آقای مهندس عبدالله زاده که با راهنمایی های ارزشمند خود یاریمان نمودند و در این مدت با صبر و

حوصله فراوان پاسخگوی سوالات بودند، تقدیر و تشکر نموده.

MOHSEN TEIMOORY