

## مدلسازی و آنالیز زیرسازه آبرو ۳ دهانه ۸ متری همسطح راه آهن

5

داده های ورودی :

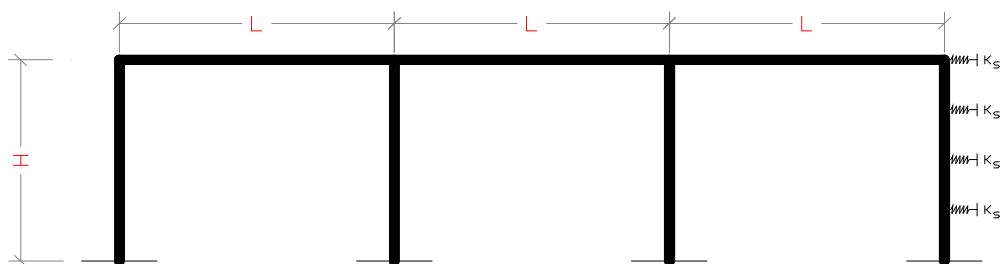
N	3	تعداد دهانه
$L_{net}$	8 m	طول دهانه مفید
L1	0.6 m	طول نشیمنگاه
$L_{cal}$	8.75 m	طول دهانه محاسباتی
$b_{deck}$	5.6 m	عرض پل
$t_s$	0.75 m	ضخامت دال
$f_y$	4000 $kg/cm^2$	مقاومت مشخصه فولاد
$f_c$	160 $kg/cm^2$	مقاومت مشخصه استوانه ای بتن غیر مسلح
$\gamma_{conc}$	2.4 $ton/m^3$	وزن مخصوص بتن غیر مسلح

## شرح مدل کامپیوتری :

1 5

شکل مدل کامپیوتری برای تحلیل زیرسازه در زیر آورده شده است.  
برای تحلیل کامپیوتری، سازه پل با استفاده از نرم افزار *SAP2000* به صورت سه بعدی مدل می شود. در این مدل از المان های *frame* برای اعضاء استفاده شده است. فرضیات مدل:

- با توجه به عدم اتصال گیردار دیوار روی پی، ابعاد پی در کنترل پایداری لحاظ نشده است. و ارتفاع پایه ها از روی پی منظور شده است.
- در پشت کوله در یک سمت خاک بوسیله فنرهایی مدل شده است. و نیروهای جانبی خاک در کوله سمت مقابل اعمال می شود.
- سختی فنرهای پشت کوله با روش باولز برای تعیین سختی جانبی خاک محاسبه شده است. (مطابق محاسبات صفحه بعد).



$$L = 9.2 \quad m$$

$$H = 4.8 \quad m$$



محاسبه  $K_s$  برای خاک پشت کوله:

2 5

مطابق روش باولز:

$K_s = A_s + B_s \cdot Z^n$		Z	$A_s$	$B_s \cdot Z^n$	$F_s$	$K_s \text{ (t/m)}$
$\phi$	30	0	604	0	1	604
c	0	1.2	604	1,612	1	2,216
$\gamma$	2	2.4	604	2,280	1	2,884
B	1	3.6	604	2,793	1	3,397
n	0.5	4.8	604	3,225	1	3,829
$C_m$	1					
C	40					
$F_w1$	1					
$F_w2$	1					
$N_c$	30.13					
$N_\gamma$	15.1					
$N_q$	18.4					

$$A_s = C_m \cdot C \cdot (c N_c + 0.5 \gamma B \cdot N_\gamma)$$

$$B_s \cdot Z^n = C_m \cdot C \cdot (\gamma \cdot N_q \cdot Z^n)$$

محاسبه فشار جانبی خاک پشت کوله :

3 5

برای محاسبه فشار جانبی خاک در پشت کوله از تئوری فشار رانکین استفاده می شود.  
در حالت بهره برداری فشار خاک پشت کوله، فشار حالت سکون در نظر گرفته می شود. و برای حالت زلزله فشار اکتیو خاک به همراه اضافه فشار خاک حین زلزله با روش مونیونوبه- اوکابه اعمال می شود.

$$\begin{aligned} H &= 4.8 \quad \text{m} \\ C &= 0 \\ \phi &= 30 \quad \text{deg.} \\ \gamma &= 2 \quad \text{t/m}^3 \\ K_o &= 1 - \sin 30 = 0.5 \\ K_a &= (1 - \sin 30) / (1 + \sin 30) = 0.33 \\ P_0 &= \gamma \times H \times K_o = 4.8 \\ P_a &= \gamma \times H \times K_a = 3.2 \end{aligned}$$

$$P_{sur} = 3.2 \quad \text{t/m}^2$$

فشار سربار زنده پشت کوله مطابق نشریه ۱۳۹:

$$P_{sur} \times K_o = 1.6 \quad \text{t/m}^2$$

مفروضات محاسبه اضافه فشار خاک در حین زلزله (مطابق با نشریه ۴۶۳):

$$K_h = 0.5 A$$

$$A = 0.35g$$

$$K_{ae} = 0.43$$

$$\Delta k_{ae} = K_{ae} - K_a = 0.10$$

$$P_{ae} = \gamma \times H \times \Delta k_{ae} = 0.96 \quad \text{t/m}^2$$

شتاب مینای طرح :

ضریب فشار جانبی خاک حین زلزله:

ضریب اضافه فشار جانبی خاک حین زلزله:

بارگذاری :	4	5
بار مرده :	1	4

برای بارگذاری مرده دال بتنی از گزینه Selfweight نرم افزار استفاده شده است.

بار مرده بالاست:

با توجه به پر شدن فاصله بین تراورسها با بالاست، فرض می شود که بالاست در مقطع مستطیلی بعرض ۴.۵ متر و ضخامت ۵۵ سانتیمتر خواهد بود.

$$1.9 \text{ ton/m}^3 = \text{وزن مخصوص مصالح بالاست}$$

$$4.7 \text{ ton/m} = \gamma \times 0.55 \times 4.50 = \text{بار مرده بالاست}$$

$$0.7 \text{ ton/m} = \text{بار مرده ریل و تراورس}$$

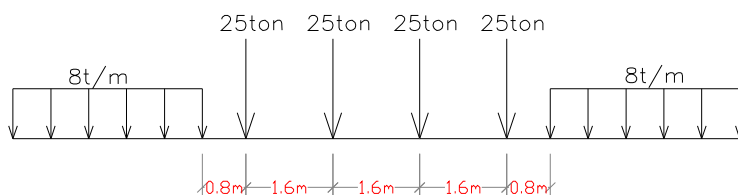
$$0.075 \text{ ton/m} = \text{بار مرده نرده پیاده رو}$$

$$5.48 \text{ ton/m} = \text{جمع کل بار مرده}$$

$$0.98 \text{ ton/m} = \text{بار مرده هر متر عرض پل}$$

بار زنده :	2	4	5
------------	---	---	---

بارگذاری زنده، شامل یک قطار در عرض پل می باشد که بار آن مطابق شکل زیر می باشد:



بدلیل امکان عبور بارهای سنگین مطابق بند ۳-۱-۲ آیین نامه ۱۳۹، بار فوق در ۱.۲ ضرب می گردد.

$$2.60 + 0.35 = 2.95 \text{ m}$$

توزیع بار در عرض خط:

$$1 \div 2.95 = 0.34$$

بارگذاری زلزله:	3	4	5
-----------------	---	---	---

مطابق توضیحات فصل ۴ گزارش شماره ۲، نیروی زلزله برای پلهای دالی همسطح به شرح زیر محاسبه شده است.

ضریب زلزله برای محاسبه نیروی افقی زلزله بدنه کوله ها و پایه ها و نیز وزن دال مطابق بند (ت) ماده ۲-۱۴ استاندارد ۲۸۰۰ به شرح زیر محاسبه می کنیم.

با لحاظ سازه بعنوان سازه صلب مقدار B/R برابر ۰.۵۰ در نظر گرفته می شود.

$$A = 0.35$$

$$I = 1.2$$

$$B/R = 0.5$$

$$C = A \cdot B / R = A \cdot 0.50 \cdot 1.20 = 0.60A = 0.21$$

ضریب ۰/۲۱ به عنوان ضریب زلزله به نرم افزار معرفی شده و بصورت خودکار به جرم سازه اعمال می گردد.



محاسبه نیروی ترمز و شتاب ناشی از بار قطار 4 4 5

مطابق آیین نامه بارگذاری پلها، نشریه ۱۳۹، نیروی افقی ترمز ناشی از بار قطار برابر ۱/۷ وزن بار زنده واقع روی پل اعمال می شود

$$Fbr(total) = (1 \div 7) WL = 385.14 \text{ KN} \rightarrow 38.51 \text{ ton}$$

$$L = 27.6 \text{ m}$$

با توجه به اینکه طول پل (یک خطه) برابر ۵.۶ متر لحاظ می شود. لذا نیروی ترمز وارده به هر متر طول برابر است با:

$$Fbr = Fbr(total) \div 5.6 = 6.88 \text{ ton/m}$$

برای پل راه آهن دوخطه عرض برابر ۱۰.۶ متر و نیروی ترمز برابر است با:

$$Fbr = 7.27 \text{ ton/m}$$

بنابراین در جهت اطمینان نیروی ترمز و شتاب در مسیر ۲ خطه در طراحی لحاظ می شود.

ترکیب بارهای طراحی زیرسازه: 5 5

مطابق جدول ترکیبات بارگذاری آشتو:

درصد افزایش تنش مجاز	شرح ترکیب بار	نامگذاری ترکیب بار
100	DL+E0	C1 گروه یک
100	DL+E0+LL+Psur	C21 گروه دو
125	DL+E0+LL+Psur+Fbr	C22 گروه دو
133	DL+Ea+E(ae)+EQb	C5 گروه پنج

بار مرده	DL	DEAD LOAD
بار زنده	LL	LIVE LOAD
فشار سربار زنده پشت کوله	Psur	Surcharge
نیروی ترمز	Fbr	Breake
فشار خاک در حالت اکتیو	Ea	Earth Pressure
فشار خاک در حالت سکون	E0	Earth Pressure
اضافه فشار خاک در حین زلزله	Eae	Earthquake
نیروی زلزله جرم بدنه	EQb	Earthquake
نیروی ناشی از تغییرات درجه حرارت	T	temprature

کنترل تنش در مقاطع کوله و پایه: 6 5

بعد از تحلیل مدل در نرم افزار SAP2000 مقادیر حداکثر نیروهای داخلی در جدول زیر خلاصه شده است (تن - متر)

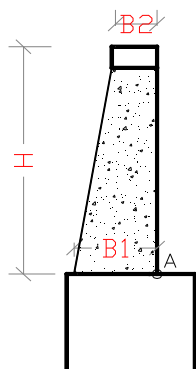
الف: خلاصه نیروهای داخلی با اعمال ضریب زلزله ۰/۲۱ واحد: ton-m

المان	ترکیب بار	عرض پای دیوار	نتایج از تحلیل مدل		وزن و لنگر مقاوم خاک پشت کوله		جمع نتایج			کنترل تنش (پایداری داخلی)			کنترل پایداری خارجی		
			P	M	P	M	P	M		f1	f2		e	B/4	B/3
کوله	C1	3.00	35.84	11.69	11.6	-11.0	47.42	0.72		15.3	16.3		0.02	0.75	
کوله	C21	3.00	68.24	21.67	11.6	-11.0	79.82	10.70		19.5	33.7		0.13	0.75	
کوله	C22	3.00	68.24	28.8	11.6	-11.0	79.82	17.83		14.7	38.5		0.22	0.75	
کوله	C5	3.00	35.84	49.61	11.6	-11.0	47.42	38.64		-10.0	41.6		0.82		1.00
پایه	C1	3.00	49.76	1.13			49.76	1.13		15.8	17.3		0.02	0.75	
پایه	C21	3.00	96.39	2.55			96.39	2.55		30.4	33.8		0.03	0.75	
پایه	C22	3.00	96.39	12.79			96.39	12.79		23.6	40.7		0.13	0.75	
پایه	C5	3.00	49.76	43.24			49.76	43.24		-12.2	45.4		0.87		1.00

7 5

### کنترل پایداری دیوار کوله برای زمان ساخت:

قبل از اجرای دال و تشکیل قاب، بایستی دیوار کوله به تنهایی در برابر بارهای وارده پایدار باشد. با توجه به اینکه برای دسترسی به دال و انجام بتن ریزی آن، عموماً پشت کوله را خاکریزی می کنند. لذا دیوار کوله بایستی در برابر واژگونی ناشی از فشار خاک پایدار باشد فرض می شود خاکریزی برای دسترسی به دال بدون شیب و در طول ۱۰۰٪ کوله صورت گیرد. کنترل واژگونی:



$$\begin{aligned} H &= 4.8 \text{ m} \\ B1 &= 3 \text{ m} \\ B2 &= 1 \text{ m} \\ B_{av} &= 2 \\ K_a &= (1 - \sin 30) / (1 + \sin 30) = 0.33 \\ p &= (g \cdot H \cdot K_a) = 3.2 \end{aligned}$$

محاسبه لنگر واژگونی حول نقطه A:

$$\begin{aligned} P_a &= 0.5 \cdot p \cdot H \cdot 1 = 7.6 \\ M_o &= 12.2 \text{ t.m/m} \end{aligned}$$

محاسبه لنگر مقاوم حول نقطه A:

$$\begin{aligned} d_r &= 1.08 \text{ m} \\ M_r &= 26.0 \text{ t.m/m} \\ F.S. &= M_r / M_o = 2.1 > 1.5 \text{ OK.} \end{aligned}$$

فاصله مرکز ثقل دیوار تا نقطه A:

کنترل لغزش دیوار روی پی:

زاویه اصطکاک دیوار بنایی روی پی بتنی برابر ۳۰ درجه فرض می شود.

ضریب اصطکاک:

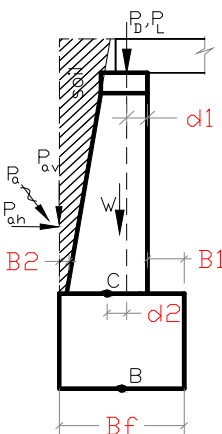
وزن دیوار:

$$\begin{aligned} \psi &= \tan(30) = 0.60 \\ W &= 24.0 \text{ ton} \\ W \cdot \psi \cdot A &= 14.4 > P_a = 7.6 \text{ O.K} \end{aligned}$$

8 5

### تعیین عرض و ضخامت پی کوله:

عرض فونداسیون مطابق بند (۵-۳) فصل سوم گزارش شماره (۲) به شرح زیر محاسبه می شود:



$$\begin{aligned} B1 &= 1.63 \text{ m} \\ Bf &= 4.63 \text{ m} \\ tf &= 1.80 \text{ m} \end{aligned}$$

بار اعمالی:  $P = 68.2 \text{ ton}$   
sum= 68.2 ton

کنترل تنش زیر پی:

تنش خاک:  $f = 14.7 \text{ ton/m}^2 \text{ ok}$

### کنترل ضخامت پی بتنی کوله:

مبنای طراحی ضخامت پی، کنترل تنش کششی و برشی ایجاد شده در کف پنجه پی می باشد.

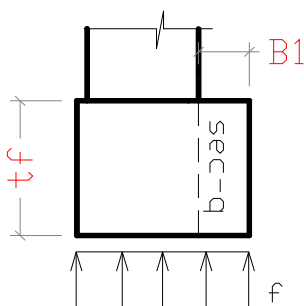
$$\begin{aligned} tf &= 1.80 \text{ m} \\ M_a &= f \cdot B1 \cdot B1 / 2 = 19.6 \text{ t.m} \\ \delta &= M_a \cdot 6 / (tf)^2 = 36.3 \text{ t/m}^2 \text{ ok} \\ V_a &= f \cdot B1 = 24.0 \text{ ton} \\ \delta &= V_a / (1 \cdot tf) = 13.3 \text{ t/m}^2 \text{ ok} \end{aligned}$$

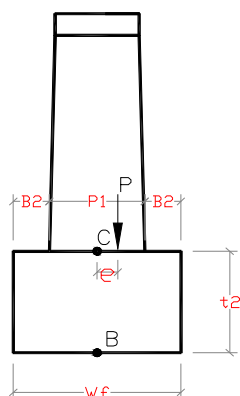
لنگر در مقطع پنجه:

تنش کششی پنجه:

برش در مقطع پنجه:

تنش برشی پنجه:





$$\begin{aligned} B2 &= 1.60 & \text{m} \\ Wf &= 6.20 & \text{m} \\ t2 &= 1.80 & \text{m} \end{aligned}$$

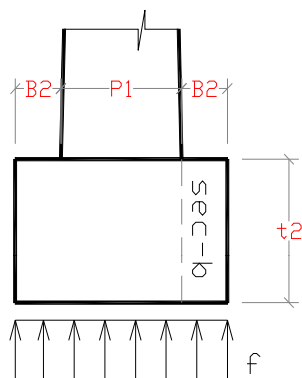
تعیین عرض و ضخامت پی پایه میانی:

9 5

کنترل تنش زیر پی:

بار اعمالی:  $P = 96.4$  ton  
sum= 96.4 ton

تنش خاک:  $f = 15.5$  ton/m<sup>2</sup> ok



کنترل ضخامت پی بتنی پایه:

مبنای طراحی ضخامت پی، کنترل تنش کششی و برشی ایجاد شده در کف پنجه پی می باشد.

$$t2 = 1.80 \quad \text{m}$$

$$Mb = f \cdot B2 \cdot B2 / 2 = 19.90 \quad \text{t.m}$$

لنگر در مقطع پنجه:

$$\delta = Mb \cdot 6 / (t \cdot f)^2 = 36.85 \quad \text{t/m}^2 \quad \text{ok}$$

تنش کششی پنجه:

$$Vb = f \cdot B2 = 24.87 \quad \text{ton}$$

برش در مقطع پنجه:

$$\delta = Vb / (1 \cdot t \cdot f) = 13.82 \quad \text{t/m}^2 \quad \text{ok}$$

تنش برشی پنجه:

