

# طراحی دال زیرخاکی دهانه ۳ متری راه آهن یک خطه با خاکریز ۳ متر ۱ ۱

## داده های ورودی :

N	1	تعداد دهانه
L <sub>net</sub>	3 m	طول دهانه مفید
L1	0.4 m	طول نشیمنگاه
b <sub>dek</sub>	5.6 m	عرض کل پل
ts	0.45 m	ضخامت دال
f <sub>y</sub>	4000 kg/cm <sup>2</sup>	مقاومت مشخصه فولاد
f <sub>c</sub>	250 kg/cm <sup>2</sup>	مقاومت مشخصه بتن در دال
γ <sub>conc</sub>	2.5 ton/m <sup>3</sup>	وزن مخصوص بتن
γ <sub>blst</sub>	1.9 ton/m <sup>3</sup>	وزن مخصوص بالاست
t <sub>blst</sub>	0.35 m	ضخامت بالاست زیر تراورس
Hs	3 m	ارتفاع خاکریز روی دال

## ۲ طراحی دال بتن مسلح :

### ۱ ۲ طول دهانه محاسباتی:

مطابق بند (۱۵-۲-۲) نشریه ۳۸۹، برابر حداقل دو مقدار زیر در نظر گرفته می شود:

L <sub>cal</sub> =	3.45	• طول دهانه آزاد+ ضخامت دال :
L <sub>cal</sub> =	3.4	• فاصله محور تا محور تکیه گاه:
L <sub>min</sub> =	3.4 m	طول دهانه محاسباتی:

## ۲ ۲ تعیین عرض توزیع بار زنده:

مطابق بند (۳-۲-۲) آیین نامه AREMA بار زنده به صورت زیر پخش می گردد:

- در امتداد محور طولی راه آهن، بار هر محور در طولی برابر با ۹۰ سانتیمتر بعلاوه ضخامت بالاست زیر تراورس، بعلاوه ۲ برابر ارتفاع موثر دال بتنی توزیع می گردد. که البته طول فوق به فاصله بین محورها محدود می شود (۱.۶ متر).
- در امتداد عرضی خط، بار محوری در عرضی برابر با طول تراورس (۲.۶ متر) بعلاوه ضخامت بالاست زیر تراورس (و یا ضخامت خاکریز) بصورت یکنواخت توزیع می گردد.

ضخامت بالاست زیر تراورس ۳۵ سانتیمتر در نظر گرفته می شود.

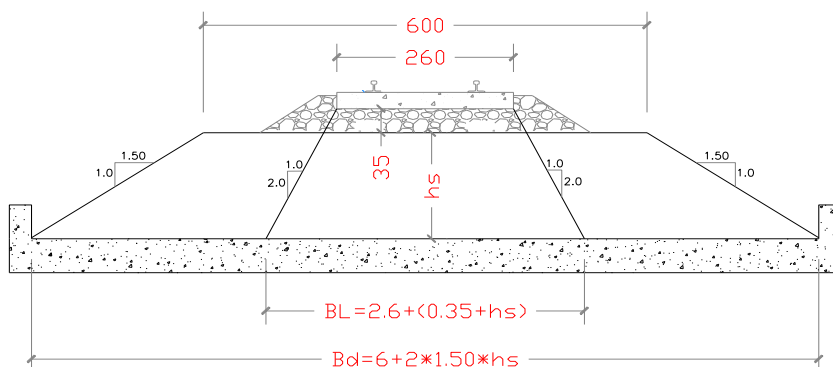
$$L=0.9+(hs+0.35)+2*0.375= 5 > 1.6 m \longrightarrow L=1.6$$

توزیع طولی بار محور:

$$BL=2.6+(hs+0.35)= 5.95$$

توزیع عرضی بار محور:





$$h_s = 3 \quad \text{m}$$

$$B_d = 15 \quad \text{m}$$

$$B_L = 5.95 \quad \text{m}$$

بارگذاری : ۲ ۲

بار مرده روسازی راه آهن : ۱ ۳ ۲

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.

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

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

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

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

$$P_{pav} = 5.475 \quad \text{ton}$$

بار مرده خاکریز:

$$W_s = 2 \times h_s = 6 \quad \text{ton/m}$$

$$W_{pav} = P_{pav} / B_d = 0.365 \quad \text{ton/m}$$

$$W_{con.} = 2.5 \times t_s = 1.125 \quad \text{ton/m}$$

$$W_{total} = 7.49 \quad \text{ton/m}$$

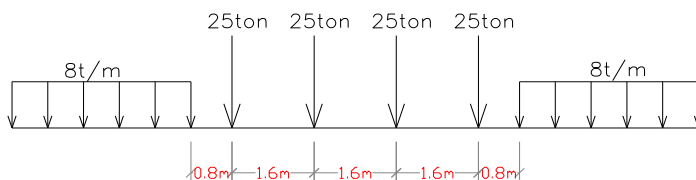
بار گسترده روسازی:

بار مرده بتن دال:

جمع بار مرده گسترده :

بار زنده : ۲ ۳ ۲

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



$$25 / (1.6 \times 5.95) = 2.63 \quad \text{t/m}^2$$

شدت بار زنده گسترده روی دال برابر است با:

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

$$2.63 \times 1.2 = 3.15 \quad \text{t/m}^2$$



## ترکیب بارهای طراحی دال بتن مسلح:

۴ ۲

ترکیب بارگذاری بر اساس ترکیبات بارگذاری جدول ۱۰-۵-۳ نشریه ۳۸۹ و ضرایب بار به شرح زیر می باشد :

$$1.25(DL+1.30(LL+I)) \quad (\text{الف})$$

DEAD LOAD	DL	بار مرده
LIVE LOAD	LL	بار زنده

برای محاسبه تلاشهای برشی و خمشی بار زنده در ضرایب ضربه ضرب می شود.

مطابق بند (۲-۳)، و با در نظر گرفتن شرایط نگهداری غیر دقیق، مقادیر ضریب ضربه خمشی و برشی برای دهانه کمتر از ۳.۶ متر به شرح زیر می باشد:

$$\delta_3 = 1.80$$

ضریب ضربه لنگر خمشی:

$$\delta_2 = 1.47$$

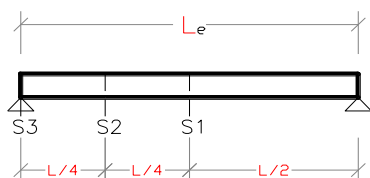
ضریب ضربه برش:

## نتایج تحلیل و طراحی دال

۳

با مدلسازی دال در نرم افزار sap2000 با استفاده از المان shell و اعمال بار گسترده مطابق بند (۲-۲-۲) فوق در عرض ۲.۹۵ متر، مقادیر حداکثر نیروهای داخلی به ازاء هر متر عرض دال به شرح زیر می باشد:

Sec.	Moment (t.m/m)		Shear (ton/m)	
	DL	LL+I	DL	LL+I
S1	10.82	8.2		
S3			12.73	7.87



## طراحی خمشی دال:

۱

$t_s =$	45	cm	ضخامت دال:
$d =$	37.5	cm	ارتفاع موثر دال
$b =$	100	cm	عرض واحد طراحی:
$M_U =$	26.84	t.m	

۳



$$A_s = \frac{0.85f_{cd}bd}{f_{yd}} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0.85f_{cd}bd^2}} \right]$$

محاسبه آرماتور خمش اصلی:

$$A_{s(req)} = 22.9 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{min} = 0.14 \left( \frac{h}{d} \right)^2 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

کنترل آرماتور حداقل خمشی :

مطابق بند (۱۱-۵-۲) نشریه ۳۸۹:

$$A_s(min) = 9.45 \text{ cm}^2/m < A_s(req) \quad \text{ok.}$$

$$\text{TAKE :} \quad \Phi 20 \quad @ \quad 12.5 \quad A_s = 25.1 \text{ cm}^2/m$$

آرماتور افت و حرارت :

$$b = 380 \text{ cm}$$

$$h = 45 \text{ cm}$$

$$\text{آرماتور افت و حرارت} = 0.0018 \times b \times h = 30.8 \text{ cm}^2/m \longrightarrow A_s = 15.39 \text{ cm}^2/m$$

نصف مقدار فوق برای سفره بالا و پایین در هر دو جهت در نظر گرفته می شود.

$$\text{TAKE :} \quad \Phi 12 \quad @ \quad 25 \quad A_s = 17.2 \text{ cm}^2/m$$

## طراحی برشی دال:

۲ ۳

نیروی برشی در فاصله d از بر تکیه گاه محاسبه می شود:

$$V_U = 1.25 V_D + 1.625 V_L = 20.4 \text{ ton}$$

$$v_c = 0.2 \times \Phi_c \times \sqrt{f'_c} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$v_c = 5.98 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_C = 1.25 v_c \times A_v = 28.0 \text{ ton}$$

$$V_s = V_U - V_C = 0.0 \text{ ton}$$

از آرماتورهای اودکا (خم ۴۵ درجه) آرماتورهای کششی بصورت یک در میان بعنوان آرماتور برشی استفاده می کنیم.

مقدار نیروی برشی میلگردهای مایل مطابق بند (۱۲-۴-۳) آیین نامه آبا از رابطه زیر بدست می آید. که مقدار آن نباید بیشتر از

مقدار  $1.50 v_c b_w d$  در نظر گرفته شود.

$$V_s = \phi_s \cdot A_v \cdot f_y \cdot \sin \theta$$

$$\theta = 45 \text{ deg}$$

$$V_s = 22.6 \text{ ton} > 0.70 \text{ ton} \quad \text{ok.}$$

$$1.50 v_c b_w d = 15.13 \text{ ton}$$



کنترل ضوابط بهره برداری : ۴  
کنترل خیز : ۱ ۴

$$E = 5000\sqrt{f_c} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$E_c = 246658 \text{ kg / cm}^2$$

$$E_s = 2000000 \text{ kg / cm}^2$$

$$n = 8.11$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

$$f_r = 0.6\sqrt{f_c}$$

$$f_r = 30.0 \text{ kg / cm}^2$$

$$\xi = 2.0$$

مقدار خیز بدست آمده از تحلیل کامپیوتری ( با  $I_g$  ) برای بارهای بدون ضریب برابر است با :

$$\Delta_{0D} = 0.70 \text{ mm}$$

$$\Delta_{0L} = 0.30 \text{ mm}$$

مقدار لنگر بدون ضریب در محل خیز حداکثر برابر است با :

$$M_D = 10.82$$

$$M_L = 8.2$$

$$M_a = 19.0$$

آرماتورهای استفاده شده :

$$d = 37.5 \text{ cm}$$

$$A'_s = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A''_s = 25.1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

آرماتور در وجه بالایی دال

آرماتور در وجه پایینی دال

محاسبه مشخصات مقاطع :

مشخصات مربوط به مقطع دال :

$$(I_g) = 7.59E+05 \text{ cm}^4$$

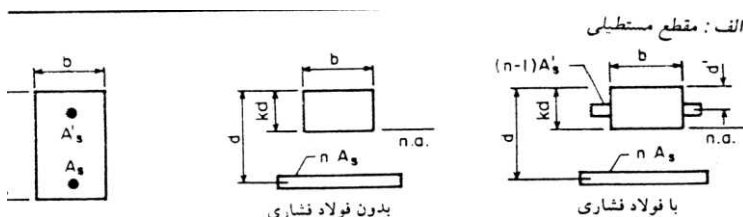
$$(y_t) = 22.5 \text{ cm}$$



$$(M_{cr}) = 10.1 \quad t.m$$

لنگر ترک خوردگی مقطع:

ممان اینرسی مقطع ترک خورده:



$$B = b/(nA_s) \quad r = (n-1)A_s''/(nA_s) \quad I_g = bh^3/12$$

$$kd = (\sqrt{2dB + 1} - 1)/B$$

بدون فولاد فشاری

$$I_{ct} = bk^3d^3/3 + nA_s(d - kd)^2$$

$$kd = [\sqrt{2dB(1 + rd'/d) + (1 + r)^2} - (1 + r)]/B$$

با فولاد فشاری

$$I_{ct} = bk^3d^3/3 + nA_s(d - kd)^2 + (n-1)A_s''(kd - d')^2$$

$$B = 0.49$$

$$kd = 1.05E+01$$

$$I_{ct} = 1.87E+05 \quad cm^4$$

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \times \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \leq I_g$$

محاسبه ممان اینرسی موثر:

$$(I_e) = 2.73E+05 \quad cm^4$$

مقدار خیز آنی بار مرده بر مبنای ممان موثر به صورت زیر تصحیح می شود:

$$\Delta_D = \Delta_{0D} \times (I_g/I_e) = 1.9 \quad mm$$

خیز دراز مدت ناشی از بار مرده:

مقدار خیز اضافی ایجاد شده در طول زمان را که در اصطلاح اضافه افتادگی دراز مدت نامیده می شود، می توان از حاصلضرب افتادگی آنی ناشی از بار مرده در ضریب  $\lambda$  بدست آورد. مقدار  $\lambda$  از رابطه زیر بدست می آید:

$$\lambda = \xi / (1 + 50 \times \rho')$$

$$\rho' = A_s' / b \times d = 0.0046$$

$$\lambda = 1.63$$

مقدار  $\lambda$  برای تیر دو سر مفصل در جهت اطمینان ۲ در نظر گرفته شده است.

خیز دراز مدت ناشی از بار مرده:

$$\Delta'D = 2 \times \Delta_D = 3.9 \quad mm$$

خیز آنی ناشی از بار زنده:

$$\Delta_L = \Delta_{0L} \times (I_g/I_e) = 0.8 \quad mm < 1/1000 + 5 = 8.4 \quad mm$$

O.K

خیز منفی با توجه به خیز دراز مدت ناشی از بار مرده انتخاب می شود که نحوه اعمال آن به صورت سهمی خواهد بود:

$$\Delta = 4 \quad mm$$

لیکن با توجه به مقدار اندک خیز دراز مدت اعمال آن در قالب بندی ضروری نیست.



کنترل عرض ترک:

۲ ۴

فاصله آرماتورها:

$$\begin{aligned}s &= 125 \text{ mm} \\d_c &= 50 \text{ mm} \\A &= 2.s.d_c \\A &= 12500.0 \text{ mm}^2 \\f_s &= 240.0 \text{ N / mm}^2 \\w &= 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c A} \\w &= 0.27 \text{ mm} < w_{all} = 0.3\end{aligned}$$

