

# طراحی تیر پیش ساخته بتنی دهانه 3 متر همسطح راه

داده های ورودی :

|                      |                         |                           |
|----------------------|-------------------------|---------------------------|
| N                    | 1                       | تعداد دهانه               |
| L <sub>net</sub>     | 3 m                     | طول دهانه مفید            |
| L1                   | 0.3 m                   | طول نشیمنگاه              |
| b <sub>dck</sub>     | 9 m                     | عرض کل پل                 |
| ts                   | 0.3 m                   | ضخامت تیر                 |
| b                    | 0.5 m                   | عرض تیر                   |
| tb                   | 0.06 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   |
| f <sub>cg</sub>      | 250 kg/cm <sup>2</sup>  | مقاومت مشخصه بتن در تیرها |
| γ <sub>conc</sub>    | 2.5 ton/m <sup>3</sup>  | وزن مخصوص بتن             |
| γ <sub>asphalt</sub> | 2.2 ton/m <sup>3</sup>  | وزن مخصوص آسفالت          |

## طراحی دال بتن مسلح :

طول دهانه محاسباتی:

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

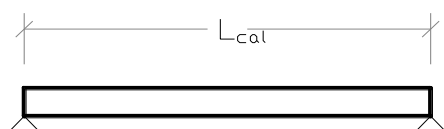
|                    |      |                                |
|--------------------|------|--------------------------------|
| L <sub>cal</sub> = | 3.36 | • طول دهانه آزاد+ ضخامت دال :  |
| L <sub>cal</sub> = | 3.3  | • فاصله محور تا محور تکیه گاه: |
| L <sub>min</sub> = | 3.3  | طول دهانه محاسباتی:            |

## تعیین عرض موثر دال (توزیع بار زنده بین تیرها):

برای تحلیل دال تحت اثر بار مرده و بار زنده از مدل تیر و دال دو سر مفصل استفاده می شود.

تحلیل بار زنده:

تیرهای بهم چسبیده به همراه دال بتنی بضخامت ۶ سانتی متر در نرم افزار ۲۰۰۰ مدلسازی شده و با تعریف خطوط عبور، بارهای زنده بصورت بارهای متحرک معرفی شده و ماکزیمم لنگر خمشی و نیروی برشی تولید شده در هر تیر محاسبه می گردد.



بارگذاری : ۳ ۲  
بار مرده : ۱ ۳ ۲

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

بار مرده روسازی اعمالی روی دال:

مطابق آشتو: در پلهای همسطح چنانچه ارتفاع خاکریزی و روسازی انعطاف پذیر روی دال پل تا ۶۰ سانتیمتر باشد، توزیع بار زنده روی دال مشابه توزیع بار متمرکز روی دال بوده و پخش بار متمرکز چرخ صورت نمی گیرد. لذا در پل همسطح بار روسازی شامل :

آسفالت به ضخامت ۱۲ سانت و ضخامت لایه های زیر آسفالت در مجموع ۴۸ سانتیمتر در نظر گرفته می شود.

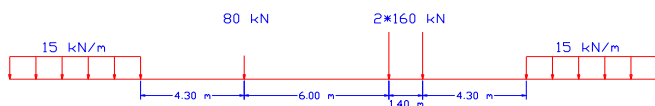
$$\begin{aligned} \text{وزن مخصوص مصالح خاکریز} &= 2 \text{ ton/m}^3 \\ \text{بار مرده ۴۸ سانت مصالح} &= \gamma \times 0.48 = 0.96 \text{ ton/m}^2 \\ \text{وزن مخصوص آسفالت} &= 2.2 \text{ ton/m}^3 \\ \text{بار مرده آسفالت ۱۲ سانت} &= \gamma \times 0.12 = 0.264 \text{ ton/m}^2 \\ \text{بار مرده روی دال در عرض یکمتر} &= 1.224 \text{ ton/m}^2 \\ \text{بار مرده روی اعمالی به هرتیر} &= 0.612 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

بار زنده : ۲ ۳ ۲

بارگذاری زنده، شامل سه نوع بار زنده به شرح زیر میباشد.

بار نوع اول : Mov1 ۱ ۲ ۳ ۲

این بارگذاری که بارگذاری کامیون ۴۰ تن عادی نامیده میشود، به شرح زیر میباشد.



بار نوع دوم : Mov2 ۲ ۲ ۳ ۲

این بار معادل ۸۰ کیلو نیوتن است که سطح اثر آن مربعی به ابعاد ۳۰ سانتی متر فرض می شود.

بار نوع سوم : ۳ ۲ ۳ ۲

این نوع بار شامل بار تانک و بار تریلی تانک بر میشود.

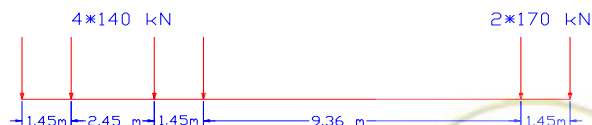
بار تانک : Mov3

این بار به میزان ۷۰۰ کیلو نیوتن روی دو زنجیر به ابعاد ۱ متر در ۳/۵ متر می باشد. با توجه به طول دهانه، یک

تانک در طول پل قرار داده می شود.

بار تریلی تانک بر : Mov4

در طول پل حداکثر دو دستگاه تریلی تانک بر با حداقل فاصله بین چرخ های متوالی ۱۲ متر قرار داده می شود.



## ۲ ترکیب بارهای طراحی دال بتن مسلح:

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

$$(الف) \quad 1.25(DL+1.30(LL+I))$$

|           |    |          |
|-----------|----|----------|
| DEAD LOAD | DL | بار مرده |
| LIVE LOAD | LL | بار زنده |

برای محاسبه تلاشهای برشی و خمشی بار زنده در ضریب زیر ضرب می شود.

$$ضریب ضربه = 1.3 - 0.005L - 0.15h = 1.284$$

این ضریب برای محاسبه نیروهای دال در بار زنده نوع اول در نظر گرفته می شود.

## ۳ نتایج تحلیل و طراحی اجزای سازه ای:

مطابق نتایج تحلیل □ □ □:

$$M_{max} = 11.9 \quad t.m$$

حداکثر لنگر در وسط دهانه:

$$V_{max} = 16.8 \quad t$$

برش در فاصله □ از بر تکیه گاه:



### ۱ ۳ طراحی خمشی تیرچه های پیش ساخته :

$$\begin{aligned} t_s &= 30 \text{ cm} && \text{ضخامت تیر:} \\ d &= 26 \text{ cm} && \text{ارتفاع موثر تیر:} \\ b &= 50 \text{ cm} && \text{عرض تیر:} \\ M_u &= 11.90 \text{ t.m} \end{aligned}$$

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

$$A_{s(\text{req})} = 16.1 \text{ cm}^2 \quad \text{محاسبه آرماتور خمشی اصلی:}$$

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

کنترل آرماتور حداقل خمشی :  
مطابق بند (۱۱-۵-۲) نشریه ۳۸۹:

$$A_s(\text{min}) = 3.03 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \square \square \square (\square \square \square) \quad \square \square.$$

$$\text{TAKE :} \quad 5 \quad \Phi 22 \quad A_s = 19.0 \text{ cm}^2 \quad (\text{BOT.})$$

آرماتور افت و حرارت :

$$\begin{aligned} b &= 50 \text{ cm} \\ h &= 30 \text{ cm} \\ \text{آرماتور افت و حرارت} &= 0.0018 \times b \times h = 2.7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

نصف مقدار فوق برای سفره بالای تیرچه در نظر گرفته می شود.

$$\begin{aligned} A_s &= 1.35 \text{ cm}^2 \\ \text{TAKE :} \quad 2 \quad \Phi 10 \quad A_s &= 1.6 \text{ cm}^2 \quad (\text{TOP.}) \end{aligned}$$

### ۲ ۳ طراحی برشی تیرچه های پیش ساخته:

$$V_{\max} = 16.8 \text{ ton}$$

مطابق بند ۱۰-۷-۵-آبا در تیرچه ها مقاومت برشی تیرچه ۱۰ درصد بیشتر در نظر گرفته می شود.

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

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

$$V_c = 1.10 v_c \times A_v = 8.5 \text{ ton}$$

$$V_s = V_u - V_c = 8.3 \text{ ton}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d}$$

$$A_v / \square = 0.09$$

$$\text{TAKE:} \quad \Phi 10 \quad \longrightarrow \quad A_v = 1.57 \text{ cm}^2 \quad \longrightarrow \quad S = 16.8 \text{ cm}$$

حداکثر فاصله خاموتها برابر  $\square/2$  در نظر گرفته می شود.

$$\text{USE:} \quad \Phi 10 \quad @ \quad 12.5$$

مطابق بند ۱۲-۶-۳-۲-ب آبا نیازی به کنترل آرماتور برشی حداقل نمی باشد.



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  $\xi$  ) برای بارهای بدون ضریب برابر است با :

$$\Delta_{0D} = 0.60 \text{ mm}$$

$$\Delta_{0L} = 2.70 \text{ mm}$$

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

$$M_D = 1.40$$

$$M_L = 6.2$$

$$M_a = 7.6$$

آرماتورهای استفاده شده :

$$d = 26.0 \text{ cm}$$

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

$$A''_s = 19.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

آرماتور در وجه بالایی دال

آرماتور در وجه پایینی دال

محاسبه مشخصات مقاطع :

مشخصات مربوط به مقطع دال :

$$(I_g) = 1.13E+05 \text{ cm}^4$$

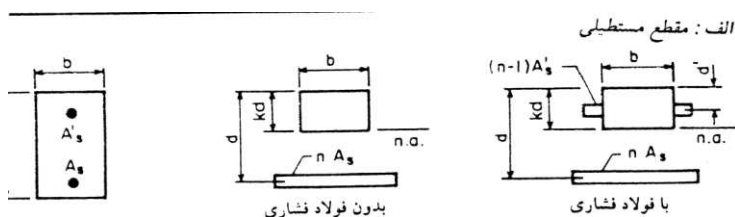
$$(y_t) = 15.0 \text{ cm}$$



$$(M_{cr}) = 2.3 \quad t.m$$

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

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

$$B = 0.32$$

$$kd = 9.95E+00$$

$$I_{ct} = 5.61E+04 \quad cm^4$$

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

محاسبه ممان اینرسی موثر:

$$(I_e) = 5.75E+04 \quad cm^4$$

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

$$\Delta_D = \Delta_{0D} \times (I_g/I_e) = 1.2 \quad mm$$

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:

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

$$\rho' = A_s' / b \times d = 0.0012$$

$$\lambda = 1.89$$

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

خیز دراز مدت ناشی از بار مرده:

$$\Delta'D = 2 \times \Delta_D = 2.3 \quad mm$$

خیز آتی ناشی از بار زنده:

$$\Delta_L = \Delta_{0L} \times (I_g/I_e) = 5.3 \quad mm < 1/1000 + 5 = 8.3 \quad mm$$

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:

$$\Delta = 2 \quad mm$$

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



کنترل عرض ترک :

۲ ۴

$$\begin{aligned} s &= 100 \text{ mm} && \text{فاصله آرماتورها :} \\ d_c &= 50 \text{ mm} \\ A &= 2.s.d_c \\ A &= 10000.0 \text{ mm}^2 \\ f_s &= 240.0 \text{ N / mm}^2 \\ w &= 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c A} \\ w &= 0.25 \text{ mm} &< w_{all} = 0.3 \end{aligned}$$

