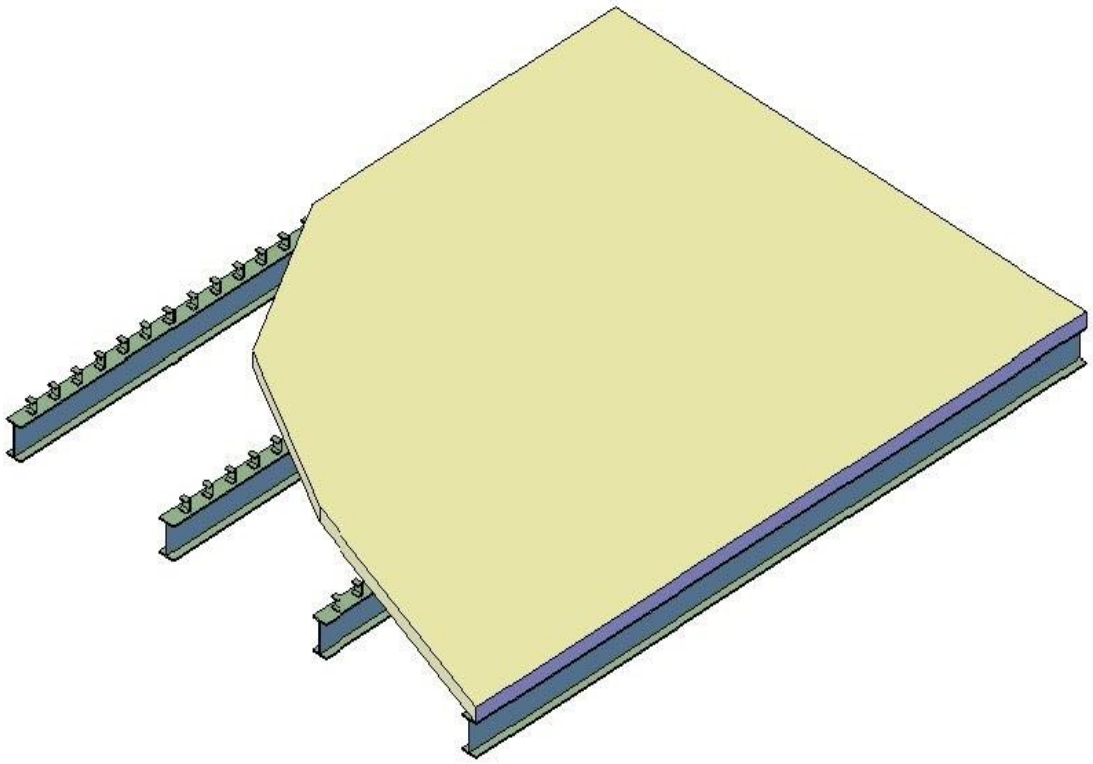
باز نشر با ذکر منبع مجاز می باشد. Strain.blog.ir

# فصل نهم : سقف مرکب

## 9-1- مقدمه

هنگامی که دال بتنی سقف توسط تیر های فولادی تحمل شود و هیچگونه اتصالی برای انتقال برش بین دال بتنی و تیر فولادی وجود نداشته باشد، در این صورت دال بتنی و تیر فولادی به صورت غیر مرکب رفتار می نمایند در عملکرد غیر مرکب دال بتنی و تیر فولادی هر یک به صورت جداگانه سهمی در تحمل بار های خارجی بر عهده خواهند داشت[1].

در سال های اخیر استفاده از تیر های مرکب که در آنها تیر فولادی و دال بتنی با وسایل و تمهیدات مناسب بیکدیگر متصل می شوند رواج زیادی یافته است. تیر هایی که عملکرد دال بتن آرمه با تیر فولادی به صورت توامان است دارای ظرفیت باربری بیش از 30 درصد تیر های مشابه با عملکرد غیر مرکب است.



[1] طراحی سازه های فولادی جلد دوم - ازهری و میرقادری

باز نشر با ذکر منبع مجاز می باشد. Strain.blog.ir

## 9- 2- نمونه طراحی سقف مرکب

در این سازه سقف مرکب در یک تیپ طراحی شده است که جزئیات آن بدین شرح است.

مشخصات تیر فولادی :

$IPE\ 18\ ,\ h = 18\ cm,\quad b = 8.2\ cm\ ,\ Z = 166\ cm^3\quad S = 146.3\ cm^3\ \ h = 18\ ,\quad t_w = 0.53$

مشخصات بتن دال :

$t_c = 8\ \text{cm}\ ,\quad f_c = 250\ {}^{kg}/_{cm^3}$

مشخصات فولاد و الکترود مصرفی :

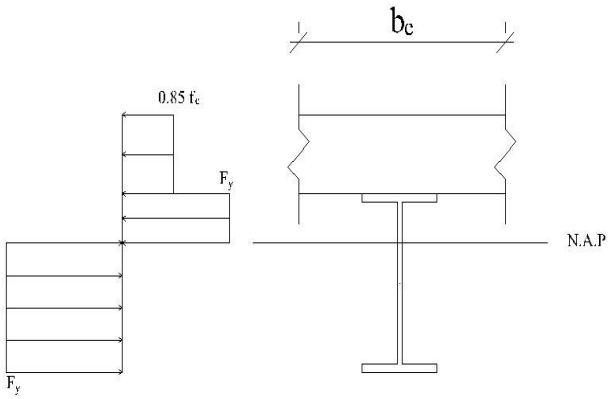
$f_y = 2400\ {}^{kg}/_{cm^2}\ , f_u = 3700\ {}^{kg}/_{cm^2}\ ,$ الکترود $E60\ F_{ue} = 4200\ {}^{kg}/_{cm^2}$

### 9- 2- 1- نیرو های طراحی

مقاومت خمشی طراحی مساوی $\emptyset_b M_n$ می باشد. که در آن $\emptyset_b$ ضریب کاهش مقاومت برابر 0.9 و $M_n$ مقاومت خمشی مثبت اسمی می باشد. که باید بر اساس حالت حدی تسلیم به شرح زیر تعیین شود[1].

1- در صورتی که $\frac{h}{t_w} \le 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ باشد $M_n$ باید بر اساس توزیع پلاستیک تنش بر روی مقطع مختلط تعیین شود.

$$\frac{h}{t_w} = 33.9 < 3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}\ ok.$$




[1] بند 10- 2- 8- 3- 3 مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

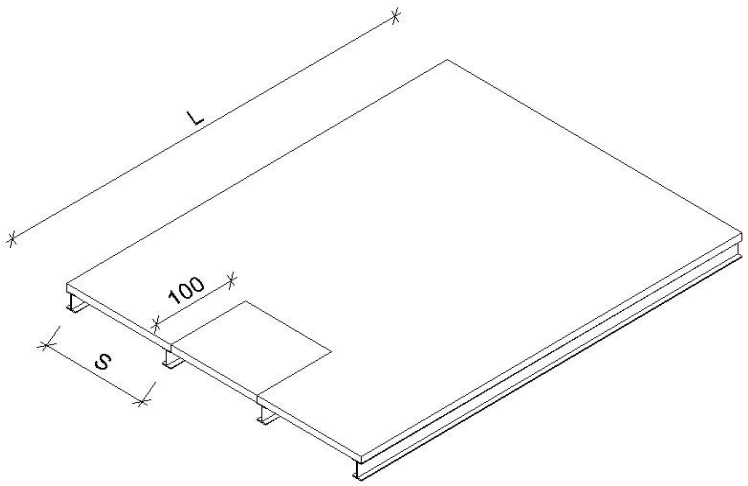
باز نشر با ذکر منبع مجاز می باشد. Strain.blog.ir

عرض موثر دال بتنی که در هر طرف تیر با آن به صورت مختلط عمل می کند، نباید از کوچکترین مقادیر زیر بزرگتر در نظر گرفته شود.

1- یک هشتم دهانه تیر ( مرکز تا مرکز تکیه گاه تیر )

2- نصف فاصله محور تا محور تیر مجاور

3- فاصله محور تیر تا لبه دال




$$b_e = \text{Min}\left(\frac{L}{8}, \frac{S}{2}, \dots\right) = 50\ cm, \qquad L = 5.25\ m, \qquad S = 100cm$$

بار مرده سقف برابر 450 کیلوکرم بر متر مربع می باشد و با زنده سقف برابر 200 کیلوگرم بر متر مربع می باشد ( بار مرده بر اساس وحدت رویه نظام مهندسی استان کرمان و بار زنده بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان.

## 9- 2- 2- کنترل ترک خوردگی بتن دال در ناحیه بین دو تیر فولادی

بتن دال در حد فاصل دو تیر فولادی باید بتواند به مثابه یک تیر یک طرفه که روی دو تکیه گاه ساده قرار دارد بار مرده و زنده ضریب دار را بگونه ای که دچار ترک نشود تحمل کند. بدین منظور عرض یک متر از دال بتنی را تحت بار های مرده و زنده مذکور کنترل می کنیم.

تنش ترک خوردگی $= f_r = 0.6\sqrt{f_c} = 3\ {}^{N}/_{mm^2}$

$$\rightarrow M_{cr} = \frac{f_r I_g}{h - x}, \qquad x = \frac{h}{2} = \frac{80}{2} = 40\ mm, \qquad I_g = \frac{1500 \times 80^3}{12} = 384000000\ mm^3$$

لنگر ترک خوردگی $= M_{cr} = \dfrac{3 \times 384000000}{80 - 40} = 288\ kg.m$

$$M_u = \frac{(1.25 \times 450 + 1.5 \times 300) \times 1.5 \times 0.08^2}{8} = 1.12\ kg.m < M_{cr}\ o.k$$

بازنشر با ذکر منبع مجاز می باشد. Strain.blog.ir

ضخامت 8 سانتی متری بتن و فاصله یک متری جوابگوی بار وارده خواهد بود.

## 9- 2- 3- کنترل کفایت مقاومت خمشی مقطع مرکب

با فرض تار خنثی در روی بال فشاری تیر فولادی خواهیم داشت :

$$0.85 \times 25 \times 80 \times 250 + b_f(t_f - x)F_y = xb_fF_y + (2390 - 728)F_y$$

$$\rightarrow b_f = 9.1\,cm, \qquad t_f = 0.8, \qquad t_w = 0.53$$

$$\rightarrow x = 4.59\,mm$$ فرض درست بوده است

لنگر نیرو های تعادل حول محور خنثی $M_n$ را بدست می دهد.

$$0.85 \times 25 \times 80 \times 250 \times (80 + 3.41) + b_f\frac{(t_f - x)^2}{2}F_y \times + xb_fF_y\frac{x}{2} + ht_wF_y\left(\frac{h}{2} + 4.53\right)$$
$$+ t_fb_fF_y(h + t_f + 4.53) = 8.47 \ \ T.m \ \ \emptyset_bM_n = 7.6\ T.m$$

$$w = (1.25 \times 450 + 1.5 \times 300) = 1012.5\ {}^{kg}/_{m^2} \rightarrow M_u = \frac{W \times 1.5 \times 5.25^2}{8} = 5.23\,T.m < 7.6$$

## 9- 2- 4- طراحی برش گیر

برای عملکرد مختلط کامل، برش افقی مورد نیاز باید به شرح زیر برابر کوچکترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت های حدی خرد شدگی و تسلیم کششی مقطع فولادی در نظر گرفته شود[1].

خرد شدگی بتن :

$$V_{hu} = 0.85f_cA_c, \qquad A_c = b_et_c \ V_{hu} = 0.85 \times 250 \times 50 \times 8 = 85000\ kg$$

تسلیم کششی مقطع فولادی:

$$V_{hu} = F_yA_s = 2400 \times 23.9 = 57360\ kg,$$ $A_s$ سطح مقطع تیر

$$V_{hu} = Min\,(85000, 57360) = 57360\,kg$$

مقاومت برشی اسمی برشگیر ها از نوع ناودانی

$$Q_n = 0.3(t_f + 0.5t_w)L_a\sqrt{F_cE_c}, \qquad use\ U60 \ \ t_f = 0.6\ cm, t_w = 0.6\ cm, L_a = 5\ cm$$

$$Q_n = 9.5\,T, \qquad N = \frac{57360}{9500} = 6$$

از مرکز تیر تا روی تکیه گاه 6 عدد ناودانی 60با طول 5 سانتی متر استفاده می کنیم. در نتیجه در هر تیر باید 12 عدد نودانی با مشخصات مذکور استفاده شود.. هم چنین ناودانی با بعد جوش 6 میلیمتر به صورت دور تا دور به بال ستون جوش شود.

$$f = \frac{Q_n}{2 \times 3 + 2 \times 5} = 592\frac{kg}{cm} \ f = \varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}a_w \rightarrow a_w = \frac{f}{\varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}} = 6\,mm$$

[1] بند ۱۰-۲- ۸- ۷- ۲