۹-۳-۵- مثال ۲

مقطع تیر مختلط میانی از پلان سقف زیر را از IPE و در حالت تنش مجاز و حالت حدی، در صورتی که هنگام ساخت از پایه‌های موقت استفاده نشود، طراحی کنید.

ضخامت دال بتنی 10 سانتی متر است و بارهای وارده شامل بار سقف کاذب و نیز گچ خاک و سفیدکاری مجموعاً $80\ kg/m^2$، پوشش روی دال بتنی از ملات موزاییک با ضخامت 5 سانتی متر به میزان $100\ kg/m^2$، بار معادل تیغه‌بندی برابر $100\ kg/m^2$ و بار زندهٔ سقف $500\ kg/m^2$ است. وزن قالب‌بندی را $40\ kg/m^2$ در نظر بگیرید.

$E_s = 2.1\times10^6\ kg/cm^2$ ، $F_y = 2400\ kg/cm^2$ ، $f'_c = 200\ kg/cm^2$ ، $\gamma_c = 2350\ kg/m^3$

اطلاعات مثال برای ورودی سقف کامپوزیت معمولی

DL = 520 Kg/m2 بار مرده وارده برسقف

LL = 500 Kg/m2 بارزنده وارده برسقف

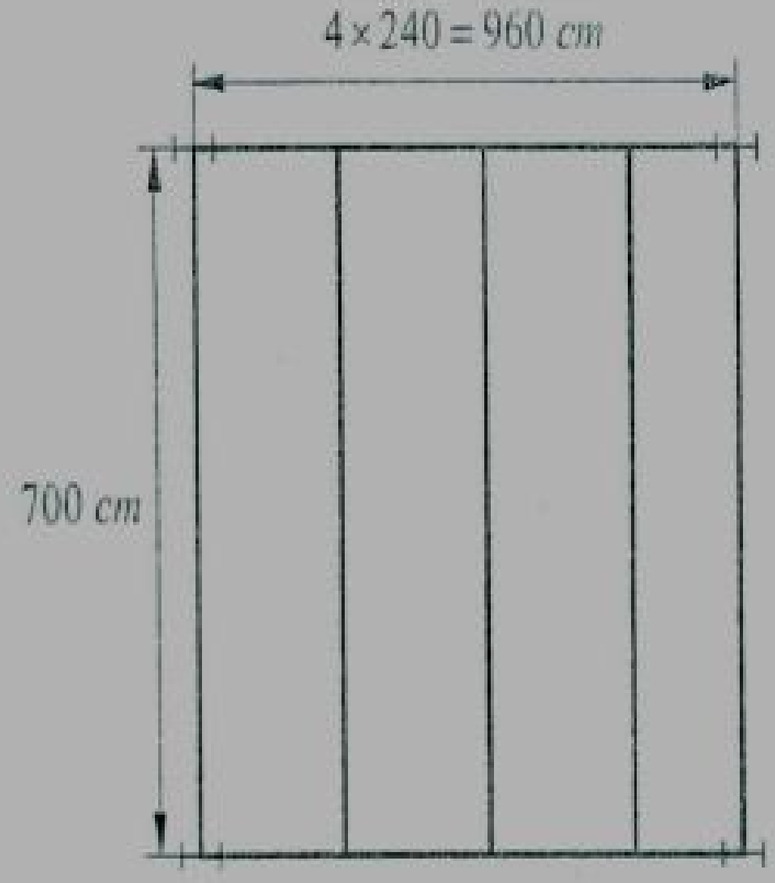
fc = 200 Kg/cm2 مقاوت فشاری بتن سقف

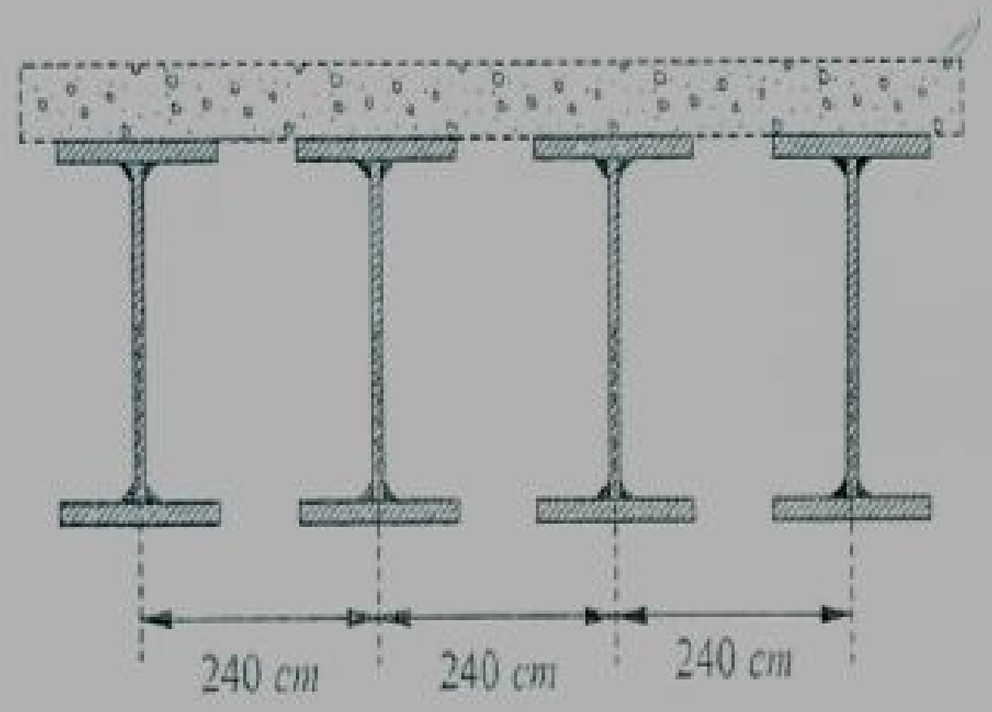
Le = 7 m طول دهانه تیرفرعی

a = 240 cm فاصله تیرهای فرعی نسبت به هم

tc = 10 cm ضخامت دال بتنی سقف

Please Enter Design Data لطفا اطلاعات طراحی را وارد کنید			
DL (kgf/m۲) بار مرده وارده بر سقف			520
LL (kgf/m2) بار زنده وارده برسقف	0	P (kgf) بار متمرکز وارده برسقف	500
Fy (kgf/cm۲) تنش تسلیم فلز مورد استفاده در تیر فرعی			2400
F'c (kgf/cm۲) مقاومت نمونه ۲۸ روزه بتن - استوانه استاندارد			200
L (m) طول دهانه تیر فرعی			7
a (cm) فاصله محور تا محور تیرهای فرعی			240
tc (cm) ضخامت دال بتنی بزرگتر از ۸ سانتیمتر			10
مشخصات پروژه		تاریخ	تذکر مهم





ابتدا بارهای وارده بر تیر مرکب میانی را در واحد طول تیر تعیین می‌کنیم (سطح بارگیر تیرهای میانی 2.4 متر است).

وزن دال بتنی $= (0.1\ m) \times (2350\ kg/m^3) \times (2.4\ m) = 564\ kg/m$

وزن قالب بندی $= (40\ kg/m^2) \times (2.4\ m) = 96\ kg/m$

وزن سقف کاذب و گچ‌کاری $= (80\ kg/m^2) \times (2.4\ m) = 192\ kg/m$

وزن موزاییک و ملات $= (100\ kg/m^2) \times (2.4\ m) = 240\ kg/m$

وزن تیغه‌بندی $= (100\ kg/m^2) \times (2.4\ m) = 240\ kg/m$

بار زنده $= (500\ kg/m^2) \times (2.4\ m) = 1200\ kg/m$

الف- تنش مجاز:

گام ۱- تعیین بار مرده و زنده:

چنانچه وزن واحد طول تیر فولادی را $50\ kg/m$ فرض کنیم، W_D مجموع بارهای مردهٔ وارد بر تیر مختلط قبل از سفت شدن بتن و W_L مجموع بارهایی که بعد از سفت شدن بتن به تیر مرکب وارد می‌شود (در روش تنش مجاز بارها بدون ضریب وارد می‌شوند).

$$W_D = 564 + 96 + 50 = 710\ kg/m$$

$$W_L = 192 + 240 + 240 + 1200 = 1872\ kg/m$$

گام ۲- حدس اولیهٔ نیمرخ IPE:

برای حدس اولیه می‌توان از کنترل تنش در اثر لنگر خمشی ناشی از بارهایی که پس از سفت شدن بتن به تیر فولادی می‌شود، استفاده کرد؛ چرا که مقدار آن از دو برابر W_D نیز بیشتر است (تیرهای مرکب معمولاً دو سر ساده گرفته می‌شوند تا از ایجاد لنگر منفی در طول تیر جلوگیری شود).

$$M_L = \frac{W_L L^2}{8} = \frac{1872 \times 7^2}{8} \times 10^{-3} = 11.466\ ton.m$$

با فرض اولیهٔ تنش مجاز خمشی $F_b = 0.6F_y = 1440\ kg/cm^2$ در تیر فولادی، حداقل اساس مقطع مورد نیاز تیر تعیین می‌شود:

$$S_x = \frac{1146600}{1440} = 796\ cm^3$$

بنابراین از IPE400 با مشخصات زیر استفاده می‌کنیم:

$$\begin{cases} d = 40\ cm\ ,\ b_f = 18\ cm\ ,\ t_f = 1.35\ cm\ ,\ t_w = 0.86\ cm \\ A = 84.5\ cm^2\ ,\ I_x = 23130\ cm^4\ ,\ S_x = 1160\ cm^3 \end{cases}$$

گام ۳- تعیین عرض مؤثر بتن روی بال تیر:

از آنجا که در صورت مثال تیر مختلط میانی گفته شده؛ بنابراین برای تعیین عرض مؤثر بتن روی بال تیر داریم:

$$b_e = b_{e1} + b_{e2} \qquad b_{e2} = b_{e1} \le \min\left\{\frac{L_1}{8}, \frac{L_2}{2}\right\} =$$

$$\min\left\{\frac{700}{8} = 87.5cm\ , \frac{240}{2} = 120cm\right\} = 87.5cm$$

$$b_e = 87.5 + 87.5 = 175cm$$

گام ٤- تعیین خصوصیات هندسی مقطع مرکب:

$$n = \frac{E_s}{E_c}\ ,\ E_c \approx 15000\sqrt{f_c'} \rightarrow n = \frac{2.1\times10^6}{15000\sqrt{200}} = 9.8 \approx 10$$

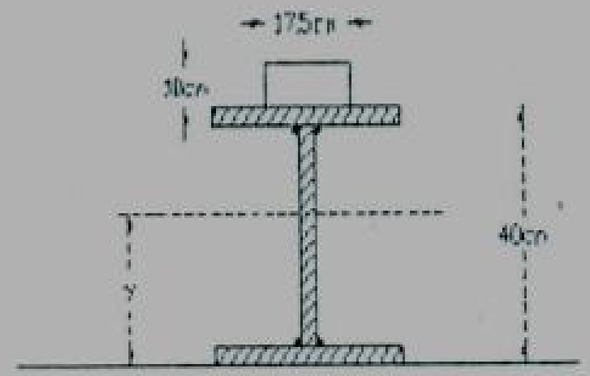
عرض مؤثر را بر n تقسیم کرده و مشخصات هندسی مقطع تبدیل یافته را به دست می‌آوریم:

$$b_c = \frac{b_e}{n} = \frac{175}{10} = 17.5\ cm$$

$$\overline{y} = \frac{\sum A\overline{y}}{\sum A} = \frac{(17.5\times10)\times45 + 84.5\times20}{175+84.5} = 36.86\ cm$$

$$I_{tr} = 23130 + 84.5(36.86-20)^2 + \frac{1}{12}\times17.5\times10^3 + 17.5\times10(45-36.86)^2 = 60203.7\ cm^4$$

$$(S_w)_b = \frac{60203.7}{36.86} = 1633\ cm^3\ ,\ (S_w)_t = \frac{60203.7}{13.14} = 4581\ cm^3$$



گام ۵- تعیین تنش‌ها در حالت بدون استفاده از شمع‌بندی:

۵- الف- قبل از سفت شدن بتن:

در این حالت حداکثر تنش‌های فشاری و کششی در فولاد با وجود بار مرده، عبارت است از:

$$f_s = \frac{M_D}{S_S} \le F_b, F_t$$

$$M_D = \frac{W_D L^2}{8} = \frac{710 \times 7^2}{8} \times 10^{-3} = 4.34\ ton.m$$

از آنجا که IPE400 فشرده است، مقدار تنش مجاز فشاری و کششی این تیر را می‌توان $F_b, F_t = 0.66F_y = 1584\ kg/cm^2$ در نظر گرفت.

بنابراین داریم:

$$f_s = \frac{M_D}{S_x} = \frac{434000}{1160} = 374.13\ kg/cm^2 \le 1584\ kg/cm^2 \quad \text{O.K.}$$

۰.۶fy	kgf/cm۲	تنش مجاز	۳۳۳.۸۲	kg/cm۲	تنش موجود در فولاد قبل از اینکه بتن سفت شود	ok

مقدار محاسبه شده توسط نرم افزار سازه سقف

۵- ب- پس از سفت شدن بتن.

در این حالت تنش‌های فشاری و کششی به ترتیب در بتن و فولاد برابر خواهند بود با:

$$J_c = \frac{}{n(S_{tr})_1} \cong J_c - 0.45 J_c$$

$$f_c = \frac{(434000+1146600)}{10\times4581} = 34.5\ kg/cm^2 \le 0.45\times200 = 90\ kg/cm^2 \quad \text{O.K}$$

$$f_s = \frac{M_D}{(S_x)_b} + \frac{M_L}{(S_{tr})_b} \le F_t = 0.9F_y = 2160\ kg/cm^2$$

$$f_s = \frac{434000}{1160} + \frac{1146600}{1633} = 374.13 + 702.14 = 1076\ kg/cm^2 \le 2160\ kg/cm^2 \quad \text{O.K.}$$

۰.۹Fy	kgf/cm۲	تنش مجاز	۱۰۳۳.۶۱	kg/cm۲	تنش موجود در فولاد بعد از اینکه بتن سفت شد	ok

مقدار محاسبه شده توسط نرم افزار سازه سقف

IPE400 با انتخاب این پروفیل مقادیر تنشها را با مقدار مورد محاسبه در کتاب مقایسه میکنیم و خواهیم دید طراحی انجام شده در مثال غیر اقتصادی بوده منتها بدلیل وقت گیر و پر زحمت بودن روند طراحی حتی نویسنده هم حاضر به تغییر مقطع نشده است لازم به یادآوری است اگر با نرم افزار پروفیلهای کوچکتر را انتخاب نماییم پروفیل IPE 300 در اصل نتیجه نهایی طراحی میبایستی باشد واین همان دلیلی است که ادعا میشود طراحی مطمئن و اقتصادی توسط نرم افزار سازه سقف

Design of Composite Steel-Concrete Beams

طراحی کامل سقف کامپوزیت معمولی
Design of Composite Steel-Concrete Beams

Arshia Iranian Software
(A I S G)

طراحی تیرفرعی
طراحی برشگیر
طراحی اتصالات
چاپ/محاسبه و متره
جزییات کامپوزیت
توضیحات
درباره برنامه

درصورتی که تیر فرعی تیر ورق باشد اطلاعات زیر را وارد کنید

bf-t (cm) عرض بال بالایی تیر ورق	6
tf-t (mm) ضخامت بال بالایی تیر ورق	6
hw (cm) ارتفاع جان تیرورق	6
tw (mm) ضخامت جان تیر ورق	6
bf-b (cm) عرض بال پایینی تیر ورق	6
tf-b (cm) ضخامت بال پایینی تیر ورق	6

لطفا اطلاعات ورق تقویتی بال پایین تیر را وارد کنید

b PL.(cm) : عرض ورق تقویتی	0
t PL.(mm) : ضخامت ورق تقویتی	0

لطفا تیر فرعی را انتخاب نمایید
1IPE240
1IPE270
1IPE300

لطفا اطلاعات طراحی را وارد کنید Please Enter Design Data

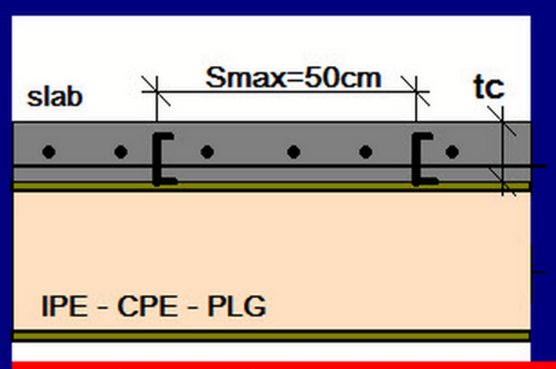
DL (kgf/m۲) بار مرده وارده بر سقف	520
LL (kgf/m2) بار زنده وارده برسقف / P (kgf) بار متمرکز وارده برسقف: 0	500
Fy (kgf/cm۲) تنش تسلیم فلز مورد استفاده در تیر فرعی	2400
F'c (kgf/cm۲) مقاومت نمونه ۲۸ روزه بتن - استوانه استاندارد	200
L (m) طول دهانه تیر فرعی	7
a (cm) فاصله محور تا محور تیرهای فرعی	240
tc (cm) ضخامت دال بتنی بزرگتر از ۸ سانتیمتر	10

مشخصات پروژه | تاریخ | تذکر مهم

*** مقطع قابل قبول طراحی شده برای تیر فرعی سقف کامپوزیت معمولی ***
1IPE300

جمع کل آهن مورد نیاز یک عدد تیر فرعی 295.4 kg

۲.۹۲ cm	خیزمجاز	۲.۳۲ cm	خیز موجود المان انتخابی براثر بار مرده و زنده	ok	
۱.۹٤ cm	خیزمجاز	۱.۲۱ cm	خیز موجود المان انتخابی براثر بار زنده	ok	
۹۰ kgf/cm۲	تنش مجاز	۵۷.۱۸ kgf/ cm۲	تنش موجود در بتن سقف	ok	
۰.۹Fy kgf/cm۲	تنش مجاز	۱۹۸۳ kg/cm۲	تنش موجود در فولاد بعد از اینکه بتن سفت شد	ok	
۰.٦fy kgf/cm۲	تنش مجاز	٦٦٦.۲ kg/cm۲	تنش موجود در فولاد قبل از اینکه بتن سفت شود	ok	
۵ hz	فرکانس مجاز ----------	۹.٤۵ hz	فرکانس موجود در المان انتخابی	ok	



نوع میلگرد All : دریک سفره وسط دال بتنی سقف قرار داده شوند ۲xT۱٦ @ ۲۰cm

bf = ۱۵ cm عرض بال تیر فرعی ---------- ٦٤۵٦۰ kg نیروی برشی افقی برای طراحی برشگیر

طراح گرامی طبق بند ٦-۵-۳ مبحث ٦ مقررات ملی ، سقف بایستی طبق جداول ٦-۵-۱ برای بار زنده متمرکز نیز کنترل شوند ، لطفا بار گسترده زنده راصفر و بارمتمرکز زنده را از جدول وارد کنید