

مثال ۵-۶- طرح کامل یک تیر ساده

تیری به دهانه ۷/۸ متر تحت بارهای نهایی (ضریبدار) مطابق شکل ۵-۲۶-الف مفروض است. نمودار نیروی برشی و لنگر خمشی و مقطع تیر مطابق اشکال ۵-۲۶-ب، پ و ت می‌باشد. تیر را به طور کامل برای لنگر خمشی و نیروی برشی طراحی نمایید و قسمتی از میلگردهای لنگر خمشی را طبق دستورات آیین‌نامه قطع نمایید.

$$f_c = 30, \quad f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\phi_c = 0.65, \quad \phi_s = 0.85, \quad \alpha_1 = 0.8, \quad \beta_1 = 0.9$$

حل:

۱- تعیین عرض مؤثر بال:

$$\frac{2}{5}L = \frac{2}{5} \times 7.8 = 3.12 \text{ m}$$

$$16h_f + b_w = 16 \times 0.125 + 0.3 = 2.3 \text{ m}$$

$$\text{فاصلهٔ محور به محور تیرها} = 2.4 \text{ m}$$

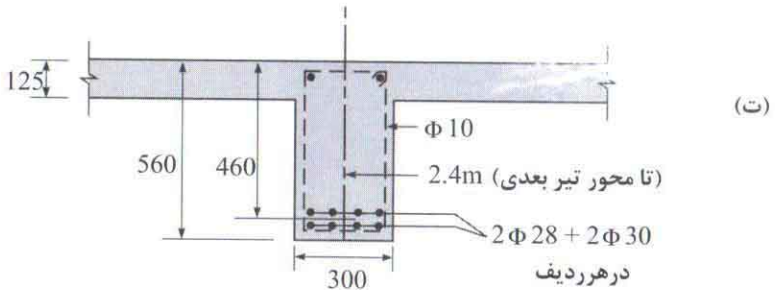
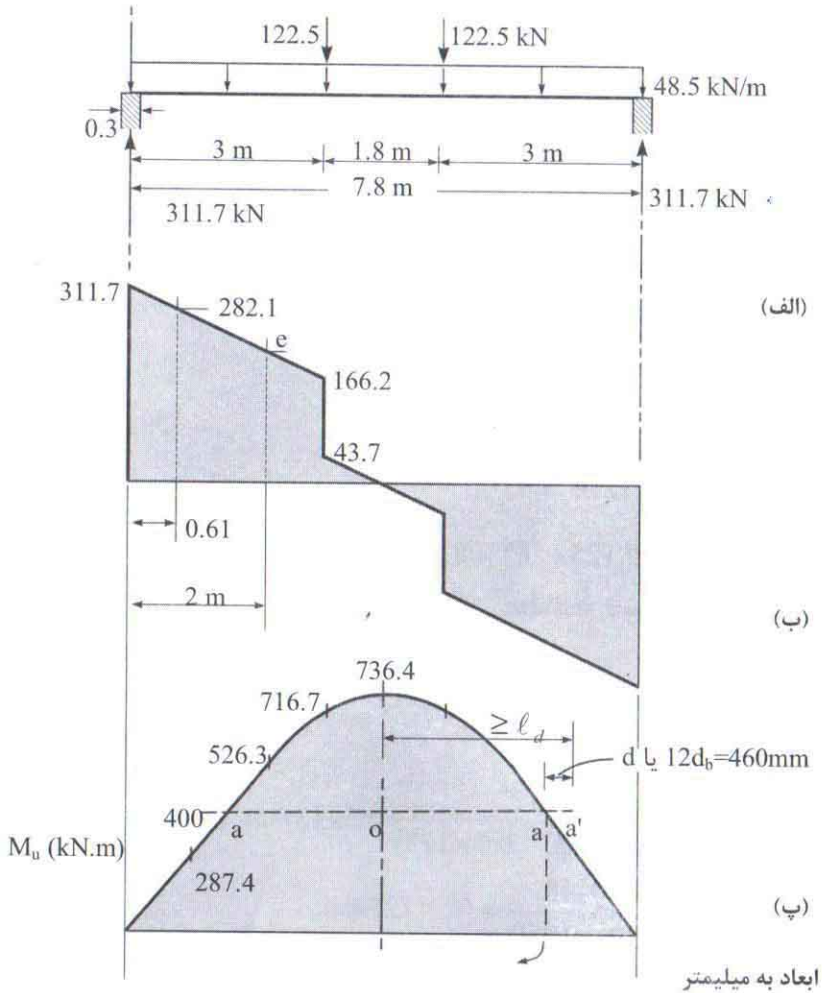
پس عرض مؤثر بال مساوی ۲/۳ متر در نظر گرفته می‌شود.

۲- طراحی برای خمش در وسط دهانه:

$$M_u = 736.4 \text{ kN.m}$$

$$\text{اولیه } A_s = \frac{736.4 \times 10^6}{0.85 \times 400 (460 - 0.5 \times 125)} = 5448 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{0.85 \times 400 \times 5448}{0.8 \times (0.65 \times 30) \times 1950} = 61 < 125 \text{ mm}$$



شکل ۵-۲۶

مقطع به صورت مستطیلی با پهناى ۲۳۰۰ میلیمتر عمل می‌کند.

$$A_s \text{ دقیق} = \frac{736.4 \times 10^6}{0.85 \times 400 (460 - 31)} = 5048 \text{ mm}^2$$

از دو ردیف میلگرد و در هر ردیف از $2\Phi 28 + 2\Phi 30$ استفاده می‌نماییم.

$$A_s = 2(2 \times 616 + 2 \times 707) = 5292 \text{ mm}^2$$

کنترل حداکثر فولاد

$$\rho = \frac{5292}{2300 \times 460} = 0.005 < \rho_{\max}$$

(جدول ۲-۳)

کنترل فولاد حداقل

$$A_s = \frac{1.4}{f_y} b_w d = \frac{1.4}{400} \times 300 \times 460 = 483 < 5048 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} \times 300 \times 460 = 472 \text{ mm}^2$$

۳- قطع میلگردها

طبق دستورالعمل آیین‌نامه حداقل ۳۳ درصد میلگردهای مثبت دهانه باید تا تکیه‌گاه ادامه یابد. در این مثال تصمیم می‌گیریم که ۵۰ درصد میلگردهای کششی را که شامل میلگردهای ردیف پایین می‌باشد، تا تکیه‌گاه ادامه دهیم و چهار میلگرد فوقانی را قطع نماییم. محاسبه ظرفیت خمشی ۴ میلگرد تحتانی که تا تکیه‌گاه ادامه دارند:

$$A_s = 2 \times 707 + 2 \times 616 = 2646 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{2646 \times (0.85 \times 400)}{0.8 \times (0.65 \times 30) \times 1950} = 30 \text{ mm}$$

$$M_r = 2646 (0.85 \times 400) (460 - 15) \times 10^{-6} = 400 \text{ KN.m}$$

مقدار فوق را روی شکل ۲۳-ب می‌بریم تا نمودار M_u را در a قطع کند. ۴ میلگرد فوقانی را می‌توانیم در a' قطع نماییم که به فاصله d یا $12d_b$ جلوتر از a قرار دارد. همچنین طول oa' نیز باید مساوی ℓ_d باشد.

$$d = 460 \text{ mm (حاکم است)}$$

$$12d_b = 12 \times 30 = 360 \text{ mm}$$

$$\ell_{db} = \frac{f_y}{1.1\sqrt{f_c}} d_b = \frac{400}{1.1\sqrt{30}} d_b = 66.4 d_b$$

$$\ell_d = \frac{1 \times 1 \times 1}{1.5} \times 66.4 d_b = 44.2 d_b = 1328 \text{ mm}$$

(فاصله خالص میلگردها از هم ۴۰ میلیمتر است که کوچکتر از d_b می‌باشد و در نتیجه

$$\frac{c + k_{tr}}{d_b} = 1.5 \text{ می‌شود.}$$

با اعمال محدودیت‌های فوق در شکل ۵-۲۶-پ، طول میلگرد میانی مساوی ۶ متر به دست

می‌آید. همچنین میلگردهای ادامه یافته باید به اندازه ۱۵۰ میلیمتر از بر داخلی تکیه‌گاه وارد تکیه‌گاه شوند و رابطه ۵-۲۱ در مورد آنها باید کنترل شود.

$$\ell_d \leq 1.3 \frac{M_r}{V_u} + \ell_a$$

با فرض $\ell_a = 0$ (درجهت اطمینان)

$$1.3 \frac{M_r}{V_u} = 1.3 \times \frac{400 \times 10^3}{311.7} = 1668 > 1328 \text{ mm}$$

با این وجود تصمیم می‌گیریم که انتهای چهار میلگرد تحتانی در تکیه‌گاه را به صورت قلاب ۹۰ درجه درآوریم (این عمل همیشه توصیه می‌شود).

۴- طراحی خاموتها

$$V_u = 282.1 \text{ kN} < 0.25 \times 0.65 \times 30 \times 300 \times 460 \times 10^{-3} = 673 \text{ kN}$$

$$< 0.125 \times 0.65 \times 30 \times 300 \times 460 \times 10^{-3} = 336 \text{ kN}$$

پس فاصله حداکثر خاموتها مساوی $d/2 = 230$ میلیمتر می‌باشد.

$$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d = 0.2 \times 0.65 \sqrt{30} \times 300 \times 460 \times 10^{-3} = 98.3 \text{ kN}$$

$$V_s = 282.1 - 98.3 = 183.8 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sv}}{s} = \frac{V_s}{(\phi_s f_{yv}) d} = \frac{183.8 \times 10^3}{(0.85 \times 400) 460} = 1.175$$

اگر از خاموت $\Phi 10$ به صورت U استفاده نماییم داریم:

$$A_v = 2 \times \pi \times \frac{1^2}{4} = 157$$

$$s = \frac{157}{1.175} = 134 \text{ mm} \quad (s = 100 \text{ mm} \text{ بگوییم})$$

از بر داخلی تکیه‌گاه تا فاصله d از آن باید خاموت ۱۰ میلی‌متر در فاصله فوق قرار داده شود. از فاصله d تا وسط دهانه فاصله فوق می‌تواند افزایش یابد. با برداشتن مقدار V_u در هر نقطه (شکل ۵-۲۶-ب)، می‌توانیم فاصله خاموت ۱۰ را محاسبه نماییم. لیکن تنوع زیاد در فاصله خاموت‌ها لازم نیست. غالباً انتخاب^۱ دو فاصله متفاوت در طول دهانه کفایت می‌کند.

$$V_s = \frac{A_{sv}}{s} (\phi_s f_{yv}) d = \frac{157}{200} (0.85 \times 400) 460 \times 10^{-3} = 123 \text{ kN}$$

$$V_u = 123 + 98.3 = 221 \text{ kN}$$

مقدار فوق را روی نمودار نیروی برشی (شکل ۵-۲۶-ب) می‌بریم تا آن را در e قطع کند. پس از لبه تکیه‌گاه تا نقطه e فاصله خاموت ۱۰ را ۱۰۰ میلی‌متر و در باقی طول فاصله را ۲۰۰ میلی‌متر انتخاب می‌کنیم. فاصله، نقطه e با مقیاس از شکل ۵-۲۶-ب مساوی ۲ متر به دست می‌آید:

فاصله اولین خاموت از لبه تکیه‌گاه	50 mm
۲۰ خاموت در ۱۰۰ میلی‌متر (بدون در نظر گرفتن خاموت اول)	2000
۸ خاموت در ۲۰۰ میلی‌متر	<u>1600</u>
	3650 mm

نصف فاصله آزاد دهانه مساوی ۳۷۵۰ میلی‌متر می‌باشد. بنابراین فاصله دو خاموت میانی در دو طرف محور تقارن مساوی ۲۰۰ میلی‌متر به دست می‌آید.
۵- خاموت‌های اضافی در نقطه قطع میلگرد

در محل قطع میلگردها لازم است خاموت‌های اضافه در فاصله $\frac{3}{4}d$ قرار داده شوند. مقدار این خاموت‌ها از رابطه ۵-۲۰ به دست می‌آید:

$$\frac{A_{sv}}{s} = \frac{0.42b_w}{f_y} = \frac{0.42 \times 300}{400} = 0.315$$

با استفاده از خاموت ۱۰ داریم:

$$s = \frac{157}{0.315} = 500 \text{ mm}$$

فاصله حداکثر این میلگردها برابر است با:

۱- در دهانه‌های بزرگ ممکن است ۳ تا ۴ فاصله متفاوت نیز انتخاب شود.

$$s = \frac{d}{8\beta_b} \quad \text{و} \quad \beta_b = \frac{1}{2}$$

$$s = \frac{460}{8 \times 0.5} = 115 \text{ mm}$$

فاصله‌ای که خاموت‌های اضافی لازم است قرار گیرد، مساوی $\frac{3}{4}d$ می‌باشد.

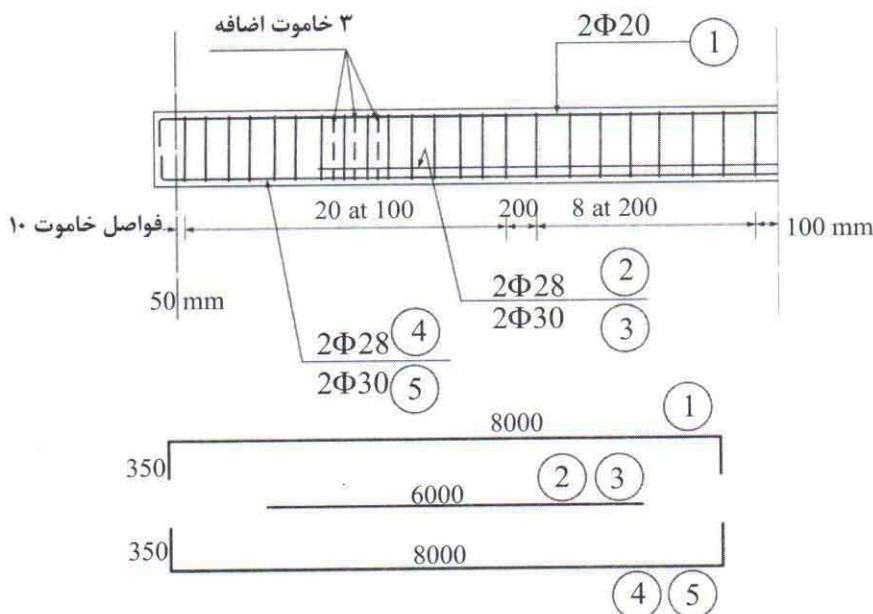
$$\frac{3}{4}d = 0.75 \times 460 = 345 \text{ mm}$$

بنابراین در این فاصله سه خاموت به آرایش قبلی خاموت‌ها اضافه می‌کنیم. آرماتوربندی نهایی تیر در شکل ۲۷-۵ نشان داده شده است.

۵-۲۴- ضوابط مهار شبکه‌های جوش شده

طول گیرایی شبکه جوش شده از مفتول آجدار در کشش

طول گیرایی شبکه‌های آجدار در کشش برابر با طول گیرایی یک مفتول آجدار مطابق ضوابط بخش ۵-۷ است. در این شبکه‌ها چنانچه در محدوده طول گیرایی حداقل یک سیم متقاطع با سیم موردنظر و



شکل ۵-۲۷