

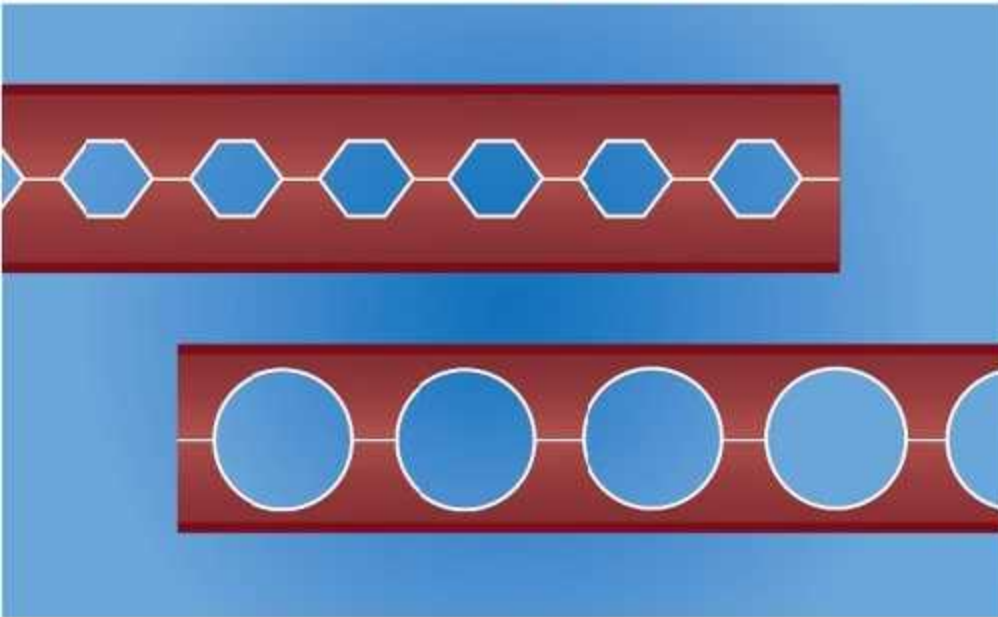
31

Steel Design Guide



Castellated and Cellular Beam Design

تیر لانه زنبوری کامپوزیت (۳)
حل یک مثال نمونه با توضیحات مترجم



مترجم: مهندس محمد جعفر گرمی
عضو انجمن AISC

تیرهای لانه زنبوری و سلولی 3

Castellated and Cellular Beam Design



انتشارات گرمیت پارس

۸۸۰۵۷۵۲۲-۲۴

تیرها لانه زنبوری و سلولی (۳)

حل یک مثال تیر لانه زنبوری کامپوزیت

مترجم:

مهندس محمد جعفر کرمی

Mohammad.j. Kormi

برگردانی از کتاب :

***Castellated and Cellular
Beam Design***

By:

***AMERICAN INSTITUTE OF
STEEL CONSTRUCTION
Steel Design Guide Series***

American Institute of Steel Construction

تیرهای لانه زنبوری و سلولی . ل یک مسئله نمونه [سامراس فارس .جان کولستون .
دیوید ینهارت]

مترجم محمد جعفر کرمی

تهران : گرمیت پارس ، ج: مصور(بخشی رنگی).جدول .نمودار

عنوان اصلی : Castellated and Cellular Beam Design

فهرست نویسی بر اساس فیپا -

چاپ اول: پائیز ۱۳۹۸

تیراژ: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

ویراستار: دفتر تحقیق و توسعه شرکت گرمیت پارس

حروف چینی و صفحه آرایی: انتشارات گرمیت پارس

انتشارت: گرمیت پارس

چاپ و صحافی: دیبا رنگ

مرکز پخش: تهران، خیابان ملاصدرا، خیابان شیراز جنوبی، خیابان سامان، شماره ۵۹

کدپستی: ۱۴۳۵۸۵۳۷۵۹ تلفن: ۴-۸۸۰۵۷۵۲۲

Email: kormitpars@gmail.com

پست الکترونیک:

www.kormitpars.com

سایت:



جلد سوم ترجمه کتاب تیرهای لانه زنبوری و سلولی که به حل مسئله ای در مورد تیر لانه زنبوری کامپوزیت پرداخته ، به همراه توضیحاتی که به نظر مترجم جهت درک بهتر موضوع لازم بود ، تقدیم دانشجویان و مهندسين و همکاران می گردد.

در راه بهبود موارد مورد سوال و اشکالات چاپی و برداشت ها از آئینامه AISC در اصل کتاب ، با دفتر پاسخگویی آن انجمن مورد تبادل نظر و بعضا پاسخگویی واقع شده است .

با تشکر

محمدجعفر کرمی

پاییز

داده شده:

یک تیر کف ۵۰ فوتی با تکیه گاه ساده، که در شکل ۴-۵ نشان داده شده است، به عنوان یک مقطع کامپوزیت لانه زنبوری که تحت بارگذاری یکنواخت قرار دارد، ارزیابی می شود.

دهانه تیر: ۵۰ فوت

فاصله تیرها از هم: ۸ فوت

تیر آزمونی با مقطع اولیه: W21x44 (بالا) + W21x57 (پایین) که نتیجه می شود:
CB30x44 / 57 (ارتفاع ۳۰ اینچ. وزن نیمه بالا از تیر با ۲۱ اینچ ارتفاع و وزن ۴۴ پوند بر فوت و وزن نیمه پائین از تیر با ۲۱ اینچ ارتفاع و وزن ۵۷ پوند بر فوت. م.)

بارگذاری: بار زنده = ۱۰۰ PSF

بار مرده = ۷۵ PSF (بدون وزن خود تیر). (به نظر می رسد وزن بتن و عرشه و سایر بارهای مرده بدون وزن تیر است. م.)

عرشه فلزی و وزن بتن = ۵۵ PSF (۵۰/۵ یا ۵۱ پوند بر فوت و فقط وزن تیر صحیح است. م.)

$$51\text{lb/ft} + 600\text{lb/ft} + 800\text{lb/ft} = 1450\text{lb/ft} \text{ مجموع بار}$$

محدودیت افت: L / 360 بار زنده و L / 240 کل بار

نگهداری: تیر به طور کامل توسط عرشه بتونی نگهداری شده و $L_b = 0$ است

فولاد: ASTM A992

عرشه فلزی: عمق ریب = 2 in.، عرض ریب = 6 in.، ریب ها عمود بر تیر.

گلمیخ ها: قطر = 3/4 in.، ارتفاع = 4 in. و $F_u = 65 \text{ ksi}$

بتن: $f'_c = 3000 \text{ psi}$ ، $W_c = 145 \text{ lb / ft}^3$ ، $t_c = 3 \text{ in.}$ (5 in. کل ضخامت عرشه و بتن)

اتصالات: فرض کنید که اتصالات در هر دو طرف وجود دارد تا نگهداری را در طول ساخت فراهم کنند (قبل از اینکه عرشه اتصال یابد) و اتصالات به اندازه سختی کافی برای جلوگیری از کمانش در اولین اتصال جان در هر انتها را داشته باشند. فرض کنید که تیر در مرحله قبل از گرفتن بتن برای تحمل وزن بتن مرطوب و بارهای ساختمانی مورد بررسی قرار گرفته است.

حل: از جدول شماره 2-4 در AISC مشخصات مواد به شرح زیر است:

ASTM A992

$$F_y = 50 \text{ ksi}$$

$$F_u = 65 \text{ ksi}$$

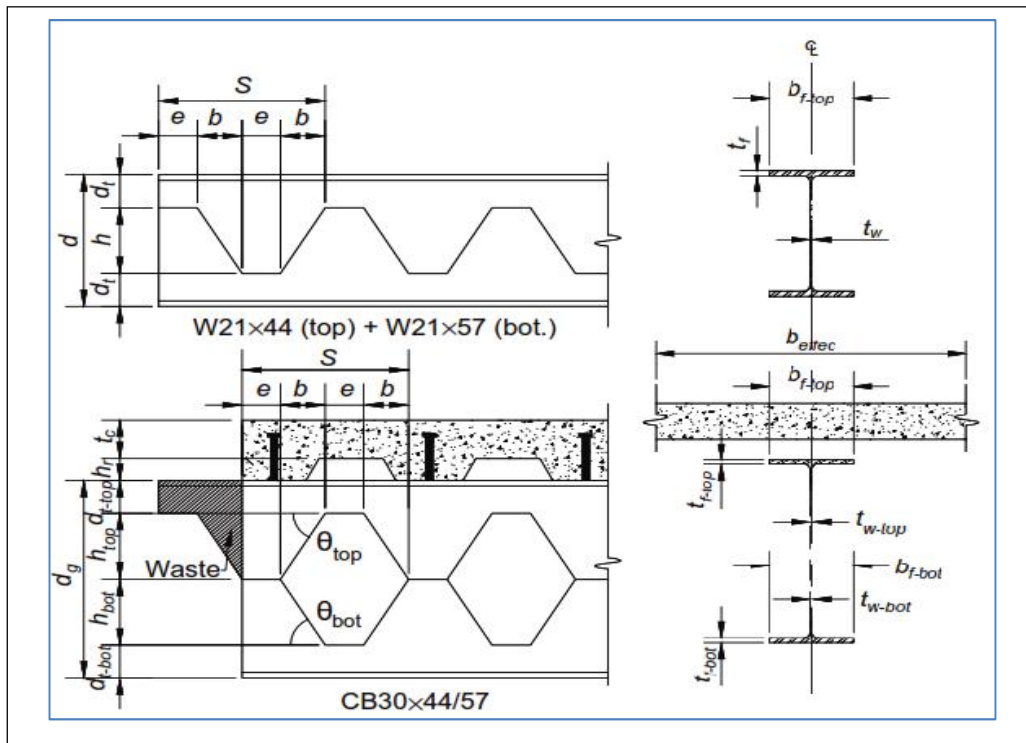
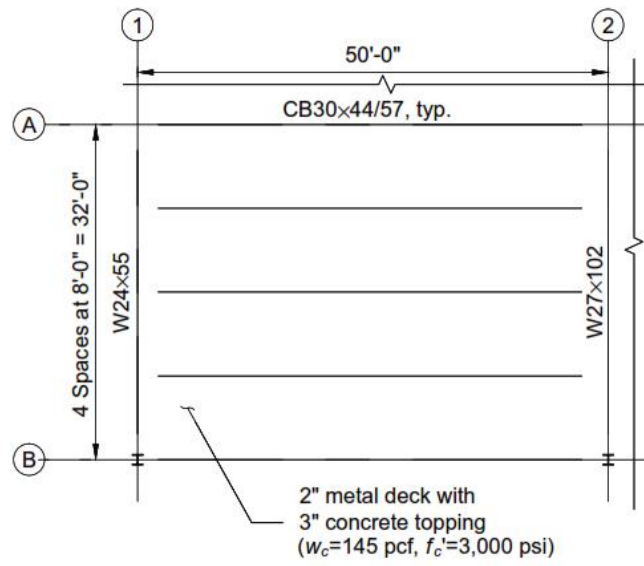
از جدول شماره 1-1 در AISC مشخصات هندسی مقاطع به شرح زیر است:

قسمت بالای تیر بر گرفته از تیر: W21 X 44

$$\begin{array}{llll} A = 13.0 \text{ in.}^2 & d_{top} = 20.7 \text{ in.} & t_w = 0.350 \text{ in.} & b_f = 6.50 \text{ in.} \\ S_x = 81.6 \text{ in.}^3 & Z_x = 95.4 \text{ in.}^3 & I_x = 843 \text{ in.}^4 & t_f = 0.450 \text{ in.} \end{array}$$

قسمت پایین تیر بر گرفته از تیر: W21 X 44

$$\begin{array}{llll} A = 16.7 \text{ in.}^2 & d_{bot} = 21.1 \text{ in.} & t_w = 0.405 \text{ in.} & b_f = 6.56 \text{ in.} \\ S_x = 111 \text{ in.}^3 & Z_x = 129 \text{ in.}^3 & I_x = 1,170 \text{ in.}^4 & t_f = 0.650 \text{ in.} \end{array}$$



شکل - قاب بندی و تیر کامپوزیت انتخاب شده برای مثال -

مشخصات مقطع حاصل از CB30x44 / 57 به شرح زیر تعیین می شود:

مقادیر e ، b و d_t بر اساس عمق بخش تیر ریشه و اندازه باز شدن مورد نظر تعیین می شود.

$$\begin{aligned}
 e &= 8.00 \text{ in.} \\
 b &= 5.50 \text{ in.} \\
 d_t &= 5.50 \text{ in.} \\
 h_{top} &= d_{top} - 2d_t && \text{(from Eq. 4-1)} \\
 &= 20.7 \text{ in.} - 2(5.50 \text{ in.}) \\
 &= 9.70 \text{ in.} \\
 h_{bot} &= d_{bot} - 2d_t && \text{(from Eq. 4-1)} \\
 &= 21.1 \text{ in.} - 2(5.50 \text{ in.}) \\
 &= 10.1 \text{ in.} \\
 h_o &= h_{top} + h_{bot} && \text{(from Eq. 4-2)} \\
 &= 9.70 \text{ in.} + 10.1 \text{ in.} \\
 &= 19.8 \text{ in.} \\
 d_g &= h_o + 2d_t && \text{(4-3)} \\
 &= 19.8 \text{ in.} + 2(5.50 \text{ in.}) \\
 &= 30.8 \text{ in.}
 \end{aligned}$$

20.7 in پشت تا پشت تیر
 ریشه بالائی و 21.1 پشت تا
 پشت تیر ریشه پائینی.
 h_o عمق کامل بازشو
 d_g پشت تا پشت تیر لانه
 زنبوری
 S طول بازشو در مرکز

$$\begin{aligned}
 \theta_{top} &= \tan^{-1} \left(\frac{h_{top}}{b} \right) && \text{(from Eq. 4-4)} \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{9.70 \text{ in.}}{5.50 \text{ in.}} \right) \\
 &= 60.4^\circ \\
 \theta_{bot} &= \tan^{-1} \left(\frac{h_{bot}}{b} \right) && \text{(from Eq. 4-4)} \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{10.1 \text{ in.}}{5.50 \text{ in.}} \right) \\
 &= 61.4^\circ \\
 S &= 2e + 2b && \text{(4-5)} \\
 &= 2(8.00 \text{ in.}) + 2(5.50 \text{ in.}) \\
 &= 27.0 \text{ in.}
 \end{aligned}$$

محاسبه مشخصات مقطع T بالا و پائین و تیر:

مقاطع مربوطه در شکل ۴-۶ ارائه شده است، و مشخصات مقطع برای T های بالا و پایین در جداول ۴-۱۴ و ۴-۱۵ به ترتیب گزارش شده است.

مشخصات مقطع تیر کامل بدون بتن:

$$A_{net} = A_{tee-top} + A_{tee-bot} \quad (3-7)$$

$$= 4.70 \text{ in.}^2 + 6.22 \text{ in.}^2$$

$$= 10.9 \text{ in.}^2$$

y_{bs} فاصله اکس خنثی تیر تنها از زیر بال تحتانی

$$\bar{y}_{bs} = \frac{A_{tee-top}(d_t + h_o + \bar{y}_{tee-top}) + A_{tee-bot}\bar{y}_{tee-bot}}{A_{net}} \quad (4-25)$$

$$= \frac{4.70 \text{ in.}^2(5.50 \text{ in.} + 19.8 \text{ in.} + 4.24 \text{ in.}) + (6.22 \text{ in.}^2)(1.19 \text{ in.})}{10.9 \text{ in.}^2}$$

$$= 13.4 \text{ in.}$$

جدول 4-14. مشخصات T فوقانی در مرکز بازشو			
$A_{tee-top} = 4.70 \text{ in.}^2$	$x = 5.14 \text{ in.}$	$r_x = 1.61 \text{ in.}$	$r_y = 1.48 \text{ in.}$
$\bar{y}_{tee-top} = 4.24 \text{ in.}$	$S_{x-top} = 9.63 \text{ in.}^3$	$S_{x-bot} = 2.86 \text{ in.}^3$	$Z_x = 5.07 \text{ in.}^3$
$I_{x-tee-top} = 12.1 \text{ in.}^4$	$I_y = 10.3 \text{ in.}^4$	$J = 0.266 \text{ in.}^4$	$y_o = 4.01 \text{ in.}$

توجه: از ماهیچه گوشه اتصال بال به جان درمحاسبات صرفه نظر شده

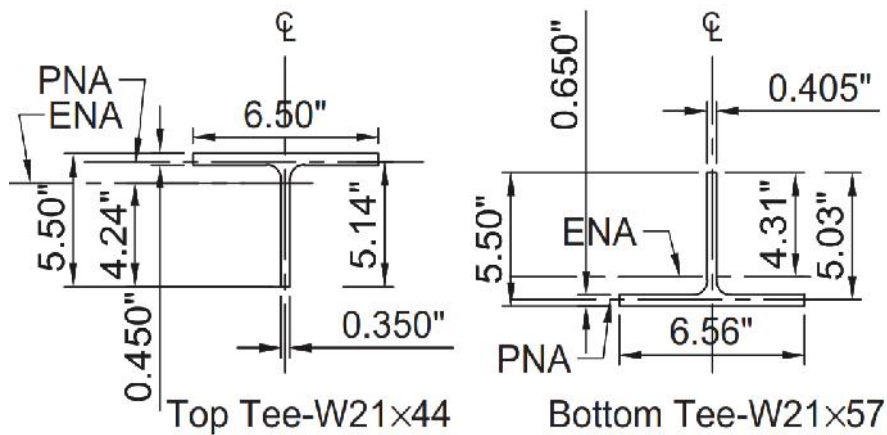
جدول 4-15. مشخصات T تحتانی در مرکز بازشو			
$A_{tee-bot} = 6.22 \text{ in.}^2$	$x = 0.475 \text{ in.}$	$r_x = 1.51 \text{ in.}$	$r_y = 1.57 \text{ in.}$
$\bar{y}_{tee-bot} = 1.19 \text{ in.}$	$S_{x-top} = 3.29 \text{ in.}^3$	$S_{x-bot} = 11.9 \text{ in.}^3$	$Z_x = 5.95 \text{ in.}^3$
$I_{x-tee-bot} = 14.2 \text{ in.}^4$	$I_y = 15.3 \text{ in.}^4$	$J = 0.685 \text{ in.}^4$	$y_o = 0.870 \text{ in.}$

توجه: از ماهیچه گوشه اتصال بال به جان درمحاسبات صرفه نظر شده

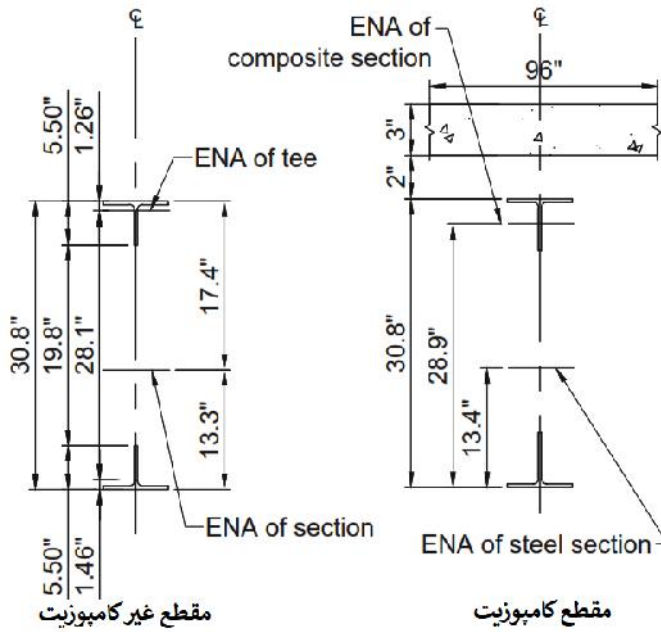
$$\begin{aligned}\bar{y}_{ts} &= d_g - \bar{y}_{bs} & (4-26) \\ &= 30.8 \text{ in.} - 13.4 \text{ in.} \\ &= 17.4 \text{ in.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{effec} &= d_g - [(d_t - \bar{y}_{tee-top}) + \bar{y}_{tee-bot}] & (4-27) \\ &= 30.8 \text{ in.} - [(5.50 \text{ in.} - 4.24 \text{ in.}) + 1.19 \text{ in.}] \\ &= 28.4 \text{ in.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_{x-net} &= I_{x-tee-top} + A_{tee-top} [\bar{y}_{ts} - (d_t - \bar{y}_{tee-top})]^2 + \\ &\quad I_{x-tee-bot} + A_{tee-bot} (\bar{y}_{bs} - \bar{y}_{tee-bot})^2 & (4-28) \\ &= 12.1 \text{ in.}^4 + (4.70 \text{ in.}^2) [17.4 \text{ in.} - (5.50 \text{ in.} - 4.24 \text{ in.})]^2 + \\ &\quad 14.2 \text{ in.}^4 + (6.22 \text{ in.}^2) (13.4 \text{ in.} - 1.19 \text{ in.})^2 = 2,180 \text{ in.}^4\end{aligned}$$

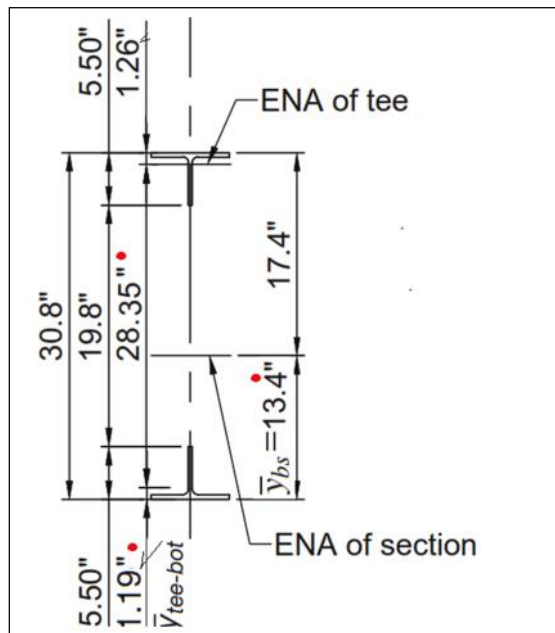


مقطع T بالا و بائین



شکل ۴-۶. مقاطع T و خالص (غیر کامپوزیت) و کامپوزیت برای تیر لانه زنبوری مثال ۴-۳

تصحیح بخشی از شکل ۴-۶ مقطع غیر کامپوزیت توسط مترجم:



$$\begin{aligned}
S_{x-net-top} &= \frac{I_{x-net}}{\bar{y}_{ts}} & (4-29) \\
&= \frac{2,180 \text{ in.}^4}{17.4 \text{ in.}} \\
&= 125 \text{ in.}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{x-net-bot} &= \frac{I_{x-net}}{\bar{y}_{bs}} & (4-30) \\
&= \frac{2,180 \text{ in.}^4}{13.4 \text{ in.}} \\
&= 163 \text{ in.}^3
\end{aligned}$$

مشخصات مقطع کامپوزیت بر اساس کتاب های مرجع مهندسی ساختمان

(Gaylord & Gaylord 1992)

$$\begin{aligned}
n &= \frac{E_s}{E_c} & (4-31) \\
&= \frac{29,000,000 \text{ psi}}{33(145 \text{ pcf})^{1.5} \sqrt{3,000 \text{ psi}}} = 9.19
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b_{effec} &= \min \{ \text{Span}/4, \text{Spacing} \} & (3-4) \\
&= \min \left\{ \frac{50 \text{ ft}}{4}, \frac{8 \text{ ft} + 8 \text{ ft}}{2} \right\} (12 \text{ in./ft}) \\
&= 96.0 \text{ in.}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_c &= b_{effec} t_c & (4-32) \\
&= (96.0 \text{ in.})(3.00 \text{ in.}) = 288 \text{ in.}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{ctr} &= \frac{A_c}{n} & (4-33) \\
&= \frac{288 \text{ in.}^2}{9.19} = 31.3 \text{ in.}^2
\end{aligned}$$

$$K_c = \frac{A_{ctr}}{A_{ctr} + A_{net}} \quad (4-34)$$

$$= \frac{31.3 \text{ in.}^2}{31.3 \text{ in.}^2 + 10.9 \text{ in.}^2}$$

$$= 0.741$$

h_r عمق چاله (ریب) عرشه
 t_c ضخامت بتن روی عرشه

$$e_c = h_r + \frac{t_c}{2} \quad (4-35)$$

$$= 2.00 \text{ in.} + \frac{3.00 \text{ in.}}{2}$$

$$= 3.50 \text{ in.}$$

با فرض اینکه تار خنثی درون بتن قرار گرفته:

$$y_{cc} = \left(\frac{A_{net} t_c}{A_{ctr}} \right) \left[\sqrt{1 + \frac{2A_{ctr}}{A_{net} t_c} \left(\bar{y}_{ts} + e_c + \frac{t_c}{2} \right)} - 1 \right] \quad (4-36)$$

$$= \left[\frac{(10.9 \text{ in.}^2)(3.00 \text{ in.})}{31.3 \text{ in.}^2} \right] \times$$

$$\left[\sqrt{1 + \frac{2(31.3 \text{ in.}^2)}{(10.9 \text{ in.}^2)(3.00 \text{ in.})} \left(17.4 \text{ in.} + 3.50 \text{ in.} + \frac{3.00 \text{ in.}}{2} \right)} - 1 \right]$$

$$= 5.87 \text{ in.}$$

$$t_c + h_r = 3.00 \text{ in.} + 2.00 \text{ in.}$$

$$= 5.00 \text{ in.} < 5.87 \text{ in.}$$

از آن جاییکه $t_c + h_r < y_c$ می باشد، تار خنثی در تیر فولادی قرار گرفته.

$$\bar{y}_c = (\bar{y}_{ts} + e_c) K_c \quad (4-37)$$

$$= (17.4 \text{ in.} + 3.50 \text{ in.}) 0.741$$

$$= 15.5 \text{ in.}$$

$$\begin{aligned}
I_{x-comp} &= (\bar{y}_{ts} + e_c) \bar{y}_c A_{net} + I_{x-net} + \frac{A_{ctr} t_c^2}{12} & (4-38) \\
&= (17.4 \text{ in.} + 3.50 \text{ in.})(15.5 \text{ in.})(10.9 \text{ in.}^2) + 2,180 \text{ in.}^4 + \\
&\quad \frac{(31.3 \text{ in.}^2)(3.50 \text{ in.})^2}{12} = 5,740 \text{ in.}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{x-comp-conc} &= \frac{I_{x-comp}}{\bar{y}_{ts} - \bar{y}_c + e_c + 0.5t_c} & (4-39) \\
&= \frac{5,740 \text{ in.}^4}{17.4 \text{ in.} - 15.5 \text{ in.} + 3.50 \text{ in.} + 0.5(3.00 \text{ in.})} \\
&= 832 \text{ in.}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_{x-comp-steel} &= \frac{I_{x-comp}}{\bar{y}_{bs} + \bar{y}_c} & (4-40) \\
&= \frac{5,740 \text{ in.}^4}{13.4 \text{ in.} + 15.5 \text{ in.}} \\
&= 199 \text{ in.}^3
\end{aligned}$$

برای اولین آزمون :

$$\begin{aligned}
d_{effec-comp} &= d_g - \bar{y}_{tee-bot} + h_r + 0.5t_c & (3-8) \\
&= 30.8 \text{ in.} - 1.19 \text{ in.} + 2.00 \text{ in.} + 0.5(3.00 \text{ in.}) \\
&= 33.1 \text{ in.}
\end{aligned}$$

کنترل ممان ورندهیل: با ترکیب بار تعیین کننده.

توجه: برای توضیحات روش یافتن اعداد داخل تمامی جداول، به راهنمای مترجم در آخر

کتاب مراجعه شود.

جدول 16-4. برش و ممان کلی در هر بازشو									
Opening No.	X_i , ft	Global Net Shear				Global Moment			
		D , kips	L , kips	V_{r-net} , kips		D , kips	L , kips	M_r , kip-ft	
				ASD	LRFD			ASD	LRFD
End	0.00	16.3	20.0	31.3	44.1	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.46	15.3	18.8	29.2	41.1	23.0	28.3	51.3	72.9
2	3.71	13.9	17.0	26.0	36.5	55.8	68.7	125	177
3	5.96	12.4	15.2	22.7	31.8	85.4	105	190	270
4	8.21	10.9	13.4	19.4	27.2	112	137	249	353
5	10.5	9.46	11.6	16.2	22.6	135	165	300	426
6	12.7	8.00	9.83	12.9	17.9	154	190	344	488
7	15.0	6.53	8.03	9.64	13.3	170	210	380	540
8	17.2	5.07	6.23	6.38	8.66	184	226	409	581
9	19.5	3.61	4.43	3.11	4.03	193	238	431	612
10	21.7	2.14	2.63	0.00	0.00	200	246	445	633
11	24.0	0.68	0.83	0.00	0.00	203	250	452	643
BmCL	25.0	0.00	0.00	0.00	0.00	203	250	453	644

برش نشان داده شده عبارتست از برش خالص روی تیر و برش تحمل شده توسط بتن از برش کلی آن کسر شده است

توجه: بر اساس دو بند زیر نظر مترجم بر آنستکه برش مقاوم بتن را در سقف های عرشه

فولادی نمی توان در مقابله با برش قائم کلی بکار برد.

AISC 14.2: The Available shear strength of composite beams with steel headed stud or steel channel anchors shall be determined based upon the properties of the steel section alone in accordance with Chapter G.

ANSI-SDI-C-2017 (pg 9): Diaphragm Shear Capacity: Diaphragm strength and stiffness shall be determined utilizing the bare steel deck capacity without concrete in accordance with AISI S310. USER NOTE: SDI-DDM contains diaphragm load tables that comply with AISI S310.

LRFD	ASD
Load case 1: $w = 1.4D$ $= 1.4(651 \text{ lb/ft})$ $= 911 \text{ lb/ft}$	$w = D + L$ $= 651 \text{ lb/ft} + 800 \text{ lb/ft}$ $= 1,450 \text{ lb/ft}$
Load case 2: $w = 1.2D + 1.6L$ $= 1.2(651 \text{ lb/ft}) + 1.6(800 \text{ lb/ft})$ $= 2,060 \text{ lb/ft}$ governs	

محاسبه مقاومت برشی در دسترس دال بتنی:

LRFD	
$V_c = \phi_{cv} V_{nc}$	(3-15a)
$V_{nc} = 4\sqrt{f'_c} (3)(h_r + t_c)t_c$	(3-14)
$= \frac{4\sqrt{3,000 \text{ psi}} (3)(2.00 \text{ in.} + 3.00 \text{ in.})(3.00 \text{ in.})}{1,000 \text{ lb/kip}}$	
$= 9.85 \text{ kips}$	
$V_c = 0.75(9.85 \text{ kips})$	
$= 7.39 \text{ kips}$	
ASD	
$V_c = \frac{V_{nc}}{\Omega_{cv}}$	(3-15b)
$V_{nc} = 4\sqrt{f'_c} (3)(h_r + t_c)t_c$	(3-14)
$= \frac{4\sqrt{3,000 \text{ psi}} (3)(2.00 \text{ in.} + 3.00 \text{ in.})(3.00 \text{ in.})}{1,000 \text{ lb/kip}}$	
$= 9.85 \text{ kips}$	
$V_c = \frac{9.85 \text{ kips}}{2.00}$	
$= 4.93 \text{ kips}$	

محاسبه برش و ممان کلی در هر بازشو با استفاده از نیروی داخلی موضعی (محوری و خمشی) در هر بازشو. این مقادیر در جدول ۴-۱۶ آمده است.

ASD جدول 17-4 . نیروی محوری موضعی در هر باز شو

شماره باز شو	X_i , ft	M_r , kip-ft	$T_{1(i)}$, kips	$X_{c(i+1)}$, in.	$T_{1(i+1)}$, kips	$T_{1(i)}/T_{1(i+1)}$	$X_{c(i+2)}$, in.	$T_{1(i+2)}$, kips	$T_{1(i+1)}/T_{1(i+2)}$
End	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	1.46	51.3	18.6	0.076	17.8	1.05	0.073	17.8	1.00
2	3.71	125	45.2	0.184	43.2	1.04	0.177	43.2	1.00
3	5.96	190	69.0	0.282	66.2	1.04	0.270	66.2	1.00
4	8.21	249	88.2	0.369	86.6	1.04	0.354	86.6	1.00
5	10.5	300	109	0.444	105	1.04	0.427	105	1.00
6	12.7	344	125	0.509	120	1.04	0.490	120	1.00
7	15.0	380	138	0.563	133	1.04	0.543	133	1.00
8	17.2	409	148	0.606	143	1.04	0.585	143	1.00
9	19.5	431	156	0.639	151	1.04	0.616	151	1.00
10	21.7	445	162	0.660	156	1.04	0.637	156	1.00
12	24.0	452	164	0.670	158	1.04	0.647	158	1.00
Bm.CL	25.0	453	164	0.672	159	1.04	0.649	159	1.00

LRFD جدول 17-4 نیروی محوری موضعی در هر باز شو-ادامه

شماره باز شو	X_i , ft	M_r , kip-ft	$T_{1(i)}$, kips	$X_{c(i+1)}$, in.	$T_{1(i+1)}$, kips	$T_{1(i)}/T_{1(i+1)}$	$X_{c(i+2)}$, in.	$T_{1(i+2)}$, kips	$T_{1(i+1)}/T_{1(i+2)}$
End	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
1	1.46	72.9	26.5	0.108	25.3	1.05	0.103	25.3	1.00
2	3.71	177	64.1	0.262	61.4	1.04	0.251	61.4	1.00
3	5.96	270	98.0	0.401	94.1	1.04	0.384	94.1	1.00
4	8.21	353	128	0.524	123	1.04	0.504	123	1.00
5	10.5	426	155	0.631	149	1.04	0.608	149	1.00
6	12.7	488	177	0.723	171	1.04	0.698	171	1.00
7	15.0	540	196	0.800	189	1.04	0.773	189	1.00
8	17.2	581	211	0.861	204	1.03	0.833	204	1.00
9	19.5	612	222	0.907	215	1.03	0.878	215	1.00
10	21.7	633	230	0.937	222	1.03	0.908	222	1.00
12	24.0	643	233	0.952	226	1.03	0.923	226	1.00
Bm.CL	25.0	644	234	0.954	226	1.03	0.925	226	1.00

محاسبه نیروی محوری موضعی در T بالا و پایین حاصل از ممان کلی را بدست می آوریم .
این مقادیر در جدول ۴-۱۷ نشان داده شده است.

در محاسبات تیر کامپوزیت، فرض کنید که بال بتنی تمام نیروی فشاری را متحمل می شود و T پایین تمام نیروی کششی را می گیرد. این یک فرض معتبر است، فرض کنید که گل میخ های کافی در باز شو مورد نظر برای پخش نیرو در بتن وجود داشته باشد. این فرض باید به عنوان بخشی از طراحی بررسی شود.

نیروی محوری موضعی:

برای اولین آزمون ابتدا مقدار $d_{effec-comp}$ را دوباره محاسبه می کنیم.

$$T_{1(i)} = \frac{M_{r(i)}}{d_{effec-comp}} \quad (3-9)$$

آزمون مجدد عمق بازوی موثر بتن:

محاسبه مجدد عمق بازوی موثر بتن

$$X_c = \frac{T_{1(i)}}{0.85 f'_c b_{effec}} \quad (3-10)$$

محاسبه مجدد $d_{effec-comp}$ از رابطه (Eq. 3-8)

$$d_{effec-comp} = d_g - \bar{y}_{tee-bot} + t_c + h_r - \frac{X_c}{2}$$

محاسبه مجدد تا رسیدن اختلاف تا کمتر از ۱٪

$$T_{1(i+1)} = \frac{M_{r(i+1)}}{d_{effec-comp}} \quad (3-9)$$

گام بعدی شمارش تعداد گلمیخ ها برای عمل کامل کامپوزیت و دانسیته گلمیخ ها برشی (تعداد گلمیخ در واحد طول.م) در طول تیر است. این برای محاسبه درصد عمل کامپوزیت در هر باز شو مورد استفاده قرار می گیرد. اگر گلمیخ های کافی برای مقاومت در برابر نیروی فشاری در بتن ($T_{1(i+2)}$ در جدول ۴-۱۷) وجود نداشته باشد، یک نیروی اضافی، T_0 ، توسط قسمت T بالایی مقطع باید برده شود.

از مشخصات AISC بخش 1.2d.1، شرایط حدی ترکیدن بتن و جاری شدن کششی بخش فولادی را برای تعیین تعداد گلمیخ هادر عمل کامپوزیت کامل توضیح داده شده است.

ترکیدن بتن :

$$\begin{aligned}
 V' &= 0.85 f_c' A_c && (\text{Spec. Eq. I3-1a}) \\
 &= 0.85 (3 \text{ ksi}) (288 \text{ in.}^2) \\
 &= 734 \text{ kips}
 \end{aligned}$$

جاری شدن مقطع فولادی در کشش

$$\begin{aligned}
 V' &= F_y A_{net} && (\text{from Spec. Eq. I3-1b}) \\
 &= (50 \text{ ksi}) (10.9 \text{ in.}^2) \\
 &= 545 \text{ kips} \quad \text{controls}
 \end{aligned}$$

از مشخصات AISC جدول 3-21 برای یک قطر گلمیخ 3/4-in.

$$Q_n = 21.0 \text{ kips/stud}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{V'}{Q} \\
 &= \frac{545 \text{ kips}}{21.0 \text{ kips/stud}} \\
 &= 26 \text{ studs}
 \end{aligned}$$

بین نقطه حداکثر ممان و انتهای تیر تعداد ۲۶ عدد گلمیخ باید استفاده شود. از آنجا که نقطه حداکثر ممان در مرکز تیر است، ۵۲ عدد گلمیخ در طول تیر مورد نیاز است. ریب های عرشه به فاصله ۱۲ اینچ مرکز به مرکز قرار دارند. بنابراین، یک گلمیخ اضافی در اولین ریب عرشه در هر انتهای قرار می دهیم. هنگامی که دو گلمیخ در هر ریب وجود دارد: $Q_n = 18.3 \text{ kips}$ در صورت ارائه یک گلمیخ اضافی در ریب اول، بررسی کنیم که مقاومت برشی کافی است یا خیر.

$$\begin{aligned} V_{provided} &= (1 \text{ stud})(2 \text{ studs/rib})Q_n + (24 \text{ studs})(1 \text{ stud/rib})Q_n \\ &= (1)(2)(18.3 \text{ kips}) + (24)(1)(21.0 \text{ kips}) \\ &= 541 \text{ kips} < 545 \text{ kips} \quad \mathbf{n.g.} \end{aligned}$$

و بیل کردن تعداد گلمیخ ها در ریب دوم از هر کنار:

$$\begin{aligned} V_{provided} &= (2 \text{ studs})(2 \text{ studs/rib})Q_n + (23 \text{ studs})(1 \text{ stud/rib})Q_n \\ &= (2)(2)(18.3 \text{ kips}) + (23)(1)(21.0 \text{ kips}) \\ &= 556 \text{ kips} > 545 \text{ kips} \quad \mathbf{o.k.} \end{aligned}$$

بنابراین، ۵۴ گلمیخ در سراسر طول تیر مورد نیاز است.

سپس، محاسبه تراکم گلمیخ به طور متوسط در طول تیر، q ، و استفاده از این مقدار برای تعیین مقدار بتنی است که در باز شو جان برای ممان ورنندیل مورد بررسی قرار گرفته است.

$$\begin{aligned} q &= \frac{(2)V_{provided}}{\text{Beam span}} \\ &= \frac{(2)(556 \text{ kips})}{50 \text{ ft}} \\ &= 22.2 \text{ kips/ft} \end{aligned}$$

گام بعدی محاسبه مقدار بتن بکار گرفته ای است که توسط گلمیخ ها بین انتهای تیر و باز شو تحت بررسی می باشد و سپس معین شود که مقاومت گلمیخ ها بزرگتر از نیروی $T_{1(i+2)}$ که در جدول ۴-۱۷ آمده است. اگر نیروی $T_{1(i+2)}$ کمتر از مقدار (نیروی م) بتن بکار رفته است، تیر به عنوان کامل در آن باز شو می باشد، یعنی بتن توانایی مقاومت در برابر نیروی درون بال $T_{1(i+2)}$ را دارد و فرض قبلی معتبر است. اگر این مورد برقرار نباشد، تفاوت بین $T_{1(i+2)}$ و NQ_n را به عنوان نیروی T_o ، در T بالائی مقطع لانه زنبوری قرار داده و مجددا محاسبه نیرو در T پائینی به عنوان T_{1-new} برای در نظر گرفتن این واقعیت که مقطع تیر به صورت کامپوزیت کامل عمل نمی کند، صورت گیرد.

نیروی فشاری که باید توسط T بالا در مرکز آن مقاومت شود:

$$T_o = M_r \left[\frac{1 - \frac{q(X_i)}{T_{1(i+2)}}}{d_{effec}} \right] \quad (3-12)$$

نیروی کششی جدید که بدست می آید و T پائینی در مرکز خود باید آن را ببرد:

$$T_{1-new} = qX_i + T_o \quad (3-13)$$

خواهد بود. (X_i فاصله از انتهای تیر به مرکز بازشوی تحت بررسی م). نیروهای محوری موضعی جدید در هر باز شو در جدول ۴-۱۸ آمده است. در این مورد، تمام باز شو های جان کامپوزیت کامل هستند، زیرا بتن کافی در هر باز شو به طور کامل به مقاومت در برابر ممان های کلی می پردازد. فرض این که بتن تمام فشار را تحمل می کند و T پائین تمام کشش را متحمل می شود معتبر است؛ بنابراین، از نیروهای $T_{1(i)}$ از جدول ۴-۱۷ استفاده کنید.

اگر کمتر از ۵۴ گلمیخ استفاده شود، نتایج می توانست متفاوت باشد. در مورد استفاده از ۳۰ گلمیخ، تراکم گلمیخ ها، q ، مقدار 12.6 kips/ft است.

$$30 \times 21 / 50 = 12.6$$

در این صورت لازم است که هفت سوراخ اول به عنوان کامپوزیت ناقص در نظر گرفته شود و نیروهای جدید برای T بالا و پایین محاسبه شود. این نتایج در جدول ۴-۱۹ نشان داده شده است اما در بقیه مثال استفاده نمی شود.

جدول ۴-۱۸ نیروی جدید موضعی محوری در هر بازشو						
LRFD						
شماره باز شو	X_i , ft	$T_1 =$ $T_{1(i+2)}$, kips	qX_i , kips	وضعیت کامپوزیت	T_o , kips	T_{1-new} , kips
End	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	N/A
1	1.46	25.3	32.4	Full	0.000	25.3
2	3.71	61.4	82.4	Full	0.000	61.4
3	5.96	94.1	132	Full	0.000	94.1
4	8.21	123	182	Full	0.000	123
5	10.5	149	233	Full	0.000	149
6	12.7	171	282	Full	0.000	171
7	15.0	189	333	Full	0.000	189
8	17.2	204	382	Full	0.000	204
9	19.5	215	433	Full	0.000	215
10	21.7	222	482	Full	0.000	222
11	24.0	226	533	Full	0.000	226
Bm.CL	25.0	226	555	Full	0.000	226

جدول ۴-۱۹ نیروی محوری موضعی در هر بازشو برای ۳۰ گلمیخ

LRFD

شماره باز شو	X_i , ft	T_1 , kips	qX_i , kips	وضعیت کامپوزیت	T_o , kips	T_{1-new} , kips
End	0.00	0.00	0.00	N/A	0.00	0.00
1	1.46	25.3	18.4	ناقص	8.43	26.8
2	3.71	61.4	46.7	ناقص	17.9	64.6
3	5.96	94.1	75.1	ناقص	23.1	98.2
4	8.21	123	103	ناقص	24.0	127
5	10.5	149	132	ناقص	20.7	152
6	12.7	171	160	ناقص	13.0	173
7	15.0	189	189	ناقص	0.885	189
8	17.2	204	217	Full	0.000	204
9	19.5	215	246	Full	0.000	215
10	21.7	222	273	Full	0.000	222
11	24.0	226	302	Full	0.000	226
Bm.CL	25.0	226	315	Full	0.000	226

لطفاً به راهنمای مترجم در انتهای این کتاب در مورد این جدول مراجعه شود

محاسبه ممان موضعی را در T بالا و پایین حاصل از نیروی برشی خالص که از بازشو جان عبور می کند ، صورت می گیرد. ممان موضعی در هر بازشو در جدول ۴-۲۰ ارائه شده است.

ممان موضعی ورنیدیل در T بالائی:

$$M_{vr-top} = V_{net} \frac{A_{tee-top}}{A_{net}} \left(\frac{e}{2} \right) \quad (\text{from Eq. 3-2})$$

ممان موضعی ورنیدیل در T پائینی:

$$M_{vr-bot} = V_{net} \frac{A_{tee-bot}}{A_{net}} \left(\frac{e}{2} \right) \quad (\text{from Eq. 3-2})$$

محاسبه مقاومت برشی و خمشی در T با لایی و پائینی

با استفاده از مشخصات AISC جدول B4.1b, مورد ۱۰:

$$\begin{aligned} \lambda_p &= 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 0.38 \sqrt{\frac{29,000 \text{ ksi}}{50 \text{ ksi}}} \\ &= 9.15 \end{aligned}$$

نسبت عرض به ضخامت برای بال فوقانی:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{b}{t} \\ &= \frac{b_f}{2t_f} \\ &= \frac{6.50 \text{ in.}}{2(0.450 \text{ in.})} \\ &= 7.22 < 9.15 \end{aligned}$$

جدول ۴-۲۰. ممان موضعی ورتدیل در هر بازشو							
شماره بازشو	X_i , ft	ASD			LRFD		
		V_a , kips	M_{va-top} , kip-in.	M_{va-bot} , kip-in.	V_u , kips	M_{vu-top} , kip-in.	M_{vu-bot} , kip-in.
End	0.00	31.3	54.0	71.4	44.1	76.1	101
1	1.46	29.2	50.3	66.6	41.1	70.7	93.7
2	3.71	26.0	44.6	59.2	36.5	62.7	83.2
3	5.96	22.7	39.0	51.7	31.8	54.8	72.6
4	8.21	19.4	33.4	44.3	27.2	46.8	62.0
5	10.5	16.2	27.8	36.9	22.6	38.8	51.5
6	12.7	12.9	22.2	29.4	17.9	30.8	40.9
7	15.0	9.64	16.6	22.0	13.3	22.9	30.3
8	17.2	6.38	11.0	14.5	8.66	14.9	19.7
9	19.5	3.11	5.35	7.10	4.03	6.92	9.18
10	21.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	24.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bm.CL	25.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

از آنجا که $\lambda < \lambda_p$ می باشد، بال های هر دو T بالا و پایین فشرده محسوب می شود؛ بنابراین در هنگام محاسبه مقاومت خمشی در دسترس، لازم نیست که کنترل موضعی بال مورد بررسی قرار گیرد.

نسبت عرض به ضخامت ساقه، λ_r از مشخصات AISC جدول B4.1a، مورد ۴:

$$\begin{aligned} \lambda_r &= 0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 0.75 \sqrt{\frac{29,000 \text{ ksi}}{50 \text{ ksi}}} \\ &= 18.1 \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{d_t}{t_w} \quad \text{نسبت عرض به ضخامت ساقه T فوقانی :}$$

$$= \frac{5.50 \text{ in.}}{0.350 \text{ in.}}$$

$$= 15.7 < 18.1$$

$$\lambda = \frac{d_t}{t_w} \quad \text{نسبت عرض به ضخامت ساقه T تحتانی :}$$

$$= \frac{5.50 \text{ in.}}{0.405 \text{ in.}}$$

$$= 13.6 < 18.1$$

از آنجا که $\lambda < \lambda_r$ می باشد، ساق های هر دو T بالا و پایین غیر لاغر محسوب می شود؛ بنابراین در هنگام محاسبه مقاومت فشاری در دسترس، لازم نیست که از مشخصات AISC بخش E7، مورد بررسی قرار گیرد.

محاسبه مقاومت فشاری در دسترس در T بالا یا پایین در این مثال لازم نیست صورت گیرد به این دلیل که تمام باز شو ها به طور کامپوزیت کامل هستند و بنابراین همه فشار توسط بال بتونی تحمل می شود. اگر فشار در T بالا یا پایین وجود داشت، مقاومت فشاری در دسترس، همانطور که در مثال ۱,۴ نشان داده شده، محاسبه می شود.

محاسبه مقاومت کششی در دسترس در T پایینی:

$$\begin{aligned} P_n &= F_y A_{tee-bot} && \text{(from Spec. Eq. D2-1)} \\ &= (50 \text{ ksi})(6.22 \text{ in.}^2) \\ &= 311 \text{ kips} \end{aligned}$$

محاسبه مقاومت خمشی در دسترس برای T:

جاری شدن:

برای ساقه T در فشار:

$$M_{p-top} = M_y \quad \text{(from Spec. Eq. F9-4)}$$

$$\begin{aligned} M_y &= F_y S_{x-bot} && \text{(from Spec. Eq. F9-3)} \\ &= (50 \text{ ksi})(2.86 \text{ in.}^3) \\ &= 143 \text{ kip-in.} \end{aligned}$$

$$M_{p-bot} = M_y \quad \text{(from Spec. Eq. F9-4)}$$

$$\begin{aligned} M_y &= F_y S_{x-top} && \text{(from Spec. Eq. F9-3)} \\ &= (50 \text{ ksi})(3.29 \text{ in.}^3) \\ &= 165 \text{ kip-in.} \end{aligned}$$

در هر دو مورد، با فرض در فشار بودن ساقه؛ این برای T تحتانی محافظه کارانه خواهد بود. این ممکن است مزایای برای محاسبه یک مقدار بالاتر برای مقاومت خمشی در دسترس در T پایین داشته باشیم، زیرا این ساقه در حال کشش است.

کمانش جانبی - پیچشی :

برای کمانش جانبی - پیچشی T فوقانی:

$$\begin{aligned}
 B_{top} &= -2.3 \left(\frac{d}{L_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}} && (\text{Spec. Eq. F9-12}) \\
 &= -2.3 \left(\frac{5.50 \text{ in.}}{8.00 \text{ in.}} \right) \sqrt{\frac{10.3 \text{ in.}^4}{0.266 \text{ in.}^4}} \\
 &= -9.84
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cr-top} &= \frac{1.95E}{L_b} \sqrt{I_y J} \left[B + \sqrt{1 + B^2} \right] && (\text{Spec. Eq. F9-10}) \\
 &= \frac{1.95(29,000 \text{ ksi})}{8.00 \text{ in.}} \sqrt{(10.3 \text{ in.}^4)(0.266 \text{ in.}^4)} \times \\
 &\quad \left[-9.84 + \sqrt{1 + (-9.84)^2} \right] = 596 \text{ kip-in.}
 \end{aligned}$$

برای کمانش جانبی - پیچشی T تحتانی :

$$\begin{aligned}
 B_{bot} &= -2.3 \left(\frac{d}{L_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}} && (\text{Spec. Eq. F9-12}) \\
 &= -2.3 \left(\frac{5.50 \text{ in.}}{8.00 \text{ in.}} \right) \sqrt{\frac{15.3 \text{ in.}^4}{0.685 \text{ in.}^4}} = -7.47 \\
 M_{cr-bot} &= \frac{1.95E}{L_b} \sqrt{I_y J} \left[B + \sqrt{1 + B^2} \right] && (\text{Spec. Eq. F9-10}) \\
 &= \frac{1.95(29,000 \text{ ksi})}{8.00 \text{ in.}} \sqrt{(15.3 \text{ in.}^4)(0.685 \text{ in.}^4)} \times \\
 &\quad \left[-7.47 + \sqrt{1 + (-7.47)^2} \right] = 1,550 \text{ kip-in.}
 \end{aligned}$$

کمانش موضعی بال:

در مشخصات AISC بخش (a) F9.3، شرایط حدی کمانش موضعی بال

اعمال نمی شود، زیرا بال ها (مقطع.م) فشرده هستند.

کمانش موضعی ساقه های T:

مقاومت خمشی اسمی برای کمانش موضعی ساقه در خمش فشاری، M_n ، با استفاده از

مشخصات AISC بخش F9.4 تعیین می شود:

$$M_n = F_{cr} S_x \quad (\text{Spec. Eq. F9-16})$$

از آن جاییکه $d/t_w < 0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ ، تنش بحرانی F_{cr} ، با استفاده از مشخصات

AISC رابطه F9-17 بدست می آید:

$$F_{cr} = F_y \quad (\text{Spec. Eq. F9-17})$$

برای T فوقانی:

$$\begin{aligned} M_{n-top} &= F_y S_{x-bot} \\ &= (50 \text{ ksi})(2.86 \text{ in.}^3) \\ &= 143 \text{ kip-in.} \end{aligned}$$

برای T تحتانی:

$$\begin{aligned} M_{n-bot} &= F_y S_{x-top} \\ &= (50 \text{ ksi})(3.29 \text{ in.}^3) \\ &= 165 \text{ kip-in.} \end{aligned}$$

مقاومت در دسترس کششی و خمشی برای T عبارتست از:

LRFD	ASD
مقاومت کششی در دسترس - T تحتانی $P_u = \phi_c P_n$ $= 0.90(311 \text{ kips})$ $= 280 \text{ kips}$	مقاومت کششی در دسترس - T تحتانی $P_a = \frac{P_n}{\Omega_c}$ $= \frac{311 \text{ kips}}{1.67}$ $= 186 \text{ kips}$
مقاومت خمشی در دسترس - T فوقانی $M_u = \phi_b M_{p-top}$ $= 0.90(143 \text{ kip-in.})$ $= 129 \text{ kip-in.}$	مقاومت خمشی در دسترس - T فوقانی $M_a = \frac{M_{p-top}}{\Omega_b}$ $= \frac{143 \text{ kip-in.}}{1.67}$ $= 85.6 \text{ kip-in.}$
مقاومت خمشی در دسترس - T تحتانی $M_u = \phi_b M_{p-bot}$ $= 0.90(165 \text{ kip-in.})$ $= 149 \text{ kip-in.}$	مقاومت خمشی در دسترس - T تحتانی $M_a = \frac{M_{p-bot}}{\Omega_b}$ $= \frac{165 \text{ kip-in.}}{1.67}$ $= 98.8 \text{ kip-in.}$

کنترل هردو T برای بارهای ترکیبی محوری و خمشی

مقادیر تداخلی برای هر باز شو در جدول ۴-۲۱ ارائه شده است. از جدول ۴-۲۱، خمش

ورندیل کامپوزیت به شرح زیر خلاصه می شود:

LRFD	ASD
T فوقانی $I_{max} = 0.549 < 1.0$ o.k.	T فوقانی $I_{max} = 0.586 < 1.0$ o.k.
T تحتانی $I_{max} = 0.858 < 1.0$ o.k.	T تحتانی $I_{max} = 0.911 < 1.0$ o.k.

جدول ۴-۲۱ مقادیر تداخلي در هر بازشو

LRFD										
شماره بازشو	X_i , ft	Top Tee			Bottom Tee					
		P_r , kips	M_{vr-top} , kip-in.	$\frac{M_{vr}}{M_c}$	P_r , kips	M_{vr-bot} , kip-in.	$\frac{P_r}{P_c}$	Spec. Eq. H1-1a	Spec. Eq. H1-1b	*تداخلي
End	0.00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	1.46	0.000	70.7	0.549	25.3	93.7	0.09	0.653	0.678	0.678
2	3.71	0.000	62.7	0.487	61.6	83.2	0.220	0.719	0.672	0.719
3	5.96	0.000	54.8	0.425	94.3	72.6	0.336	0.772	0.659	0.772
4	8.21	0.000	46.8	0.363	123	62.0	0.440	0.813	0.639	0.813
5	10.5	0.000	38.8	0.301	149	51.5	0.532	0.841	0.613	0.841
6	12.7	0.000	30.8	0.239	171	40.9	0.610	0.856	0.581	0.856
7	15.0	0.000	22.9	0.178	189	30.3	0.676	0.858	0.543	0.858
8	17.2	0.000	14.9	0.116	204	19.7	0.728	0.847	0.497	0.847
9	19.5	0.000	6.92	0.054	215	9.18	0.767	0.822	0.446	0.822
10	21.7	0.000	0.00	0.000	222	0.00	0.793	0.793	0.397	0.793
11	24.0	0.000	0.00	0.000	226	0.00	0.806	0.806	0.403	0.806
Bm.CL	25.0	0.000	0.00	0.000	226	0.00	0.807	0.807	0.404	0.807
I_{max} :		0.549				I_{max} : 0.858				

مقادير درست شده در جدول تعيين کننده هستند

جدول ۴-۲۱ مقادیر تداخلی در هر بازشو - ادامه											
ASD											
	Top Tee				Bottom Tee						
شماره بازشو	X_i , ft	P_r , kips	M_{vr-top} , kip-in.	$\frac{M_{vr}}{M_c}$	P_r , kips	M_{vr-bot} , kip-in.	$\frac{P_r}{P_c}$	Spec. Eq. H1-1a	Spec. Eq. H1-1b	*تداخلی	
End	0.00	N/A	N/A	NA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1	1.46	0.00	50.3	0.586	17.8	66.6	0.096	0.697	0.724	0.724	
2	3.71	0.00	44.6	0.521	43.3	59.2	0.232	0.766	0.717	0.766	
3	5.96	0.00	39.0	0.455	66.2	51.7	0.355	0.822	0.703	0.822	
4	8.21	0.00	33.4	0.390	86.7	44.3	0.465	0.865	0.682	0.865	
5	10.5	0.00	27.8	0.324	105	36.9	0.561	0.894	0.655	0.894	
6	12.7	0.00	22.2	0.259	120	29.4	0.644	0.909	0.621	0.909	
7	15.0	0.00	16.6	0.193	133	22.0	0.712	0.911	0.579	0.911	
8	17.2	0.00	11.0	0.128	143	14.5	0.767	0.899	0.531	0.899	
9	19.5	0.00	5.35	0.062	151	7.10	0.809	0.873	0.476	0.873	
10	21.7	0.00	0.00	0.000	156	0.00	0.836	0.836	0.418	0.836	
11	24.0	0.00	0.00	0.000	158	0.00	0.849	0.849	0.425	0.849	
Bm.CL	25.0	0.00	0.00	0.000	159	0.00	0.851	0.851	0.425	0.851	
I_{max} :				0.586	I_{max} :				0.911		

مقادیر درشت شده در جدول تعیین کننده می باشد.

کنترل کمانش اتصال جان (Web Post)

لازم است که هر دو اتصال جان بالا و پایین را برای کمانش کنترل شود. از آن جاییکه اتصال جان بالائی نازک تر است و به همین دلیل احتمال دارد که ابتدا کمانه کند، اما مقدار $2h/e$ برای اتصال جان بالا و پایین متفاوت است و بنابراین لازم است هر دو اتصال جان مورد بررسی قرار گیرد.

محاسبه برش عمودی و افقی و ممان حاصله در هر بخش ناخالص جان برای کنترل کردن کمانش اتصال جان.

جدول ۴-۲۲ نیروی برشی عمودی را در هر بازشو را نشان می دهد، و جدول ۴-۲۳ نیروی

برشی افقی را در هر اتصال جان را نشان می دهد. از بخش ۱a.۴.

برش افقی V_{rh} را با استفاده از معادله ۳-۱۹ محاسبه می شود:

$$V_{rh} = T_{r(i)} - T_{r(i+1)} \quad (3-19)$$

جدول ۴-۲۲ برش قائم در هر بازشو							
شماره اتصال	X_{ij} ft	ASD			LRFD		
		$V_{r(i-1)}$ kips	$V_{r(i+1)}$ kips	$V_{r(i)}$ kips	$V_{r(i-1)}$ kips	$V_{r(i+1)}$ kips	$V_{r(i)}$ kips
1	2.58	29.2	26.0	21.5	41.1	36.5	38.8
2	4.83	26.0	22.7	19.2	36.5	31.8	34.2
3	7.08	22.7	19.4	16.8	31.8	27.2	29.5
4	9.33	19.4	16.2	14.4	27.2	22.6	24.9
5	11.6	16.2	12.9	12.1	22.6	17.9	20.3
6	13.8	12.9	9.64	9.72	17.9	13.3	15.6
7	16.1	9.64	6.38	7.35	13.3	8.66	11.0
8	18.3	6.38	3.11	4.99	8.66	4.03	6.34
9	20.6	3.11	0.00	2.63	4.03	0.00	2.01
10	22.8	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00
11	24.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Max:29.2		Max:41.1		Max:38.8	

توجه: برای راهنمایی به توضیحات مترجم در آخر این کتاب مراجعه شود.

جدول ۴-۲۳. نیروی برش افقی در هر اتصال جان							
شماره بازشو	X_i , ft	ASD			LRFD		
		$T_{r(i)}$, kips	$T_{r(i+1)}$, kips	$V_{ah}=\Delta T_r$, kips	$T_{r(i)}$, kips	$T_{r(i+1)}$, kips	$V_{uh}=\Delta T_r$, kips
End	0.00	0.00					
1	1.46	17.8	43.3	25.5	25.3	61.6	36.3
2	3.71	43.3	66.2	22.9	61.6	94.3	32.7
3	5.96	66.2	86.7	20.5	94.3	123	28.7
4	8.21	86.7	105	18.3	123	149	26.0
5	10.5	105	120	15.0	149	171	22.0
6	12.7	120	133	13.0	171	189	18.0
7	15.0	133	143	10.0	189	204	15.0
8	17.2	143	151	8.00	204	215	11.0
9	19.5	151	156	5.00	215	222	7.00
10	21.7	156	158	2.00	222	226	4.00
11	24.0	158.4	158.7	0.300	225.9	226.3	0.40
Bm.CL	25.0	159			226		

محاسبه مقاومت کماتش خمشی اتصال جان:

LRFD	ASD
From Table 4-23, $V_{uh} = 36.3$ kips $M_{u-top} = V_{uh}h_{top}$ (from Eq. 3-20) $= (36.3 \text{ kips})(9.70 \text{ in.})$ $= 352 \text{ kip-in.}$	From Table 4-23, $V_{ah} = 25.5$ kips $M_{a-top} = V_{ah}h_{top}$ (from Eq. 3-20) $= (25.5 \text{ kips})(9.70 \text{ in.})$ $= 247 \text{ kip-in.}$
$M_{u-bot} = V_{uh}h_{bot}$ (from Eq. 3-21) $= (36.3 \text{ kips})(10.1 \text{ in.})$ $= 367 \text{ kip-in.}$	$M_{a-bot} = V_{ah}h_{bot}$ (from Eq. 3-21) $= (25.5 \text{ kips})(10.1 \text{ in.})$ $= 258 \text{ kip-in.}$

محاسبه مقاومت خمشی در دسترس اتصال جان:

قسمت بالای اتصال جان:

$$\begin{aligned}M_p &= 0.25t_w(e + 2b)^2 F_y & (3-22) \\ &= 0.25(0.350 \text{ in.})[8.00 \text{ in.} + 2(5.50 \text{ in.})]^2 (50 \text{ ksi}) \\ &= 1,580 \text{ kip-in.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{2h_{top}}{e} &= \frac{2(9.70 \text{ in.})}{8.00 \text{ in.}} \\ &= 2.43\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{e}{t_w} &= \frac{8.00 \text{ in.}}{0.350 \text{ in.}} \\ &= 22.9\end{aligned}$$

For $\theta = 60^\circ$

For $e/t_w = 10$

$$\begin{aligned}\frac{M_{ocr}}{M_p} &= 0.587(0.917)^{\frac{2h_{top}}{e}} & (3-26) \\ &= 0.587(0.917)^{2.43} \\ &= 0.476 < 0.493\end{aligned}$$

For $e/t_w = 20$

$$\begin{aligned}\frac{M_{ocr}}{M_p} &= 1.96(0.699)^{\frac{2h_{top}}{e}} & (3-27) \\ &= 1.96(0.699)^{2.43} \\ &= 0.821 > 0.493\end{aligned}$$

For $e/t_w = 30$

$$\begin{aligned}\frac{M_{ocr}}{M_p} &= 2.55(0.574)^{\frac{2h_{top}}{e}} & (3-28) \\ &= 2.55(0.574)^{2.43} \\ &= 0.662 > 0.493\end{aligned}$$

$e/t_w = 22.9$, برای:

$$\text{use } \frac{M_{ocr}}{M_p} = 0.476$$

قسمت پائین اتصال جان:

$$\begin{aligned}M_p &= 0.25t_w(e + 2b)^2F_y & (3-22) \\ &= 0.25(0.405 \text{ in.})[8.00 \text{ in.} + 2(5.50 \text{ in.})]^2(50 \text{ ksi}) \\ &= 1,830 \text{ kip-in.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{2h_{bot}}{e} &= \frac{2(10.1 \text{ in.})}{8.00 \text{ in.}} \\ &= 2.53\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{e}{t_w} &= \frac{8.00 \text{ in.}}{0.405 \text{ in.}} \\ &= 19.8\end{aligned}$$

For $e/t_w = 10$

$$\begin{aligned}\frac{M_{ocr}}{M_p} &= 0.587(0.917)^{\frac{2h_{top}}{e}} \quad (3-26) \\ &= 0.587(0.917)^{2.53} \\ &= 0.471 < 0.493\end{aligned}$$

For $e/t_w = 20$

$$\begin{aligned}\frac{M_{ocr}}{M_p} &= 1.96(0.699)^{\frac{2h_{top}}{e}} \quad (3-27) \\ &= 1.96(0.699)^{2.53} \\ &= 0.792 > 0.493\end{aligned}$$

For $e/t_w = 30$

$$\begin{aligned}\frac{M_{ocr}}{M_p} &= 2.55(0.574)^{\frac{2h_{top}}{e}} \quad (3-28) \\ &= 2.55(0.574)^{2.53} \\ &= 0.626 > 0.493\end{aligned}$$

For $e/t_w = 19.8$, use

$$\frac{M_{ocr}}{M_p} = 0.471$$

For $e/t_w = 30$

$$\begin{aligned}\frac{M_{ocr}}{M_p} &= 2.55(0.574)^{\frac{2h_{top}}{e}} \quad (3-28) \\ &= 2.55(0.574)^{2.53} \\ &= 0.626 > 0.493\end{aligned}$$

For $e/t_w = 19.8$, use

$$\frac{M_{ocr}}{M_p} = 0.471$$

از رابطه ۳-۲۹ا و ۳-۲۹ب ، مقاومت در دسترس خمشی عبارتست از:

LRFD
<i>Top web post</i>
$\phi_b \left(\frac{M_{ocr}}{M_p} \right) M_{p-top} = 0.90(0.476)(1,580 \text{ kip-in.})$
$= 677 \text{ kip-in.}$
$I_{max-top} = \frac{352 \text{ kip-in.}}{677 \text{ kip-in.}}$
$= 0.520 < 1.0 \quad \mathbf{o.k.}$
<i>Bottom web post</i>
$\phi_b \left(\frac{M_{ocr}}{M_p} \right) M_{p-bot} = 0.90(0.471)(1,830 \text{ kip-in.})$
$= 776 \text{ kip-in.}$
$I_{max-bot} = \frac{366 \text{ kip-in.}}{776 \text{ kip-in.}}$
$= 0.472 < 1.0 \quad \mathbf{o.k.}$

ASD

Top web post

$$\begin{aligned}\frac{1}{\Omega_b} \left(\frac{M_{ocr}}{M_p} \right) M_{p-top} &= \frac{1}{1.67} (0.476)(1,580 \text{ kip-in.}) \\ &= 450 \text{ kip-in.} \\ I_{max} &= \frac{247 \text{ kip-in.}}{450 \text{ kip-in.}} \\ &= 0.549 < 1.0 \quad \mathbf{o.k.}\end{aligned}$$

Bottom web post

$$\begin{aligned}\frac{1}{\Omega_b} \left(\frac{M_{ocr}}{M_p} \right) M_{p-bot} &= \frac{1}{1.67} (0.471)(1,830 \text{ kip-in.}) \\ &= 516 \text{ kip-in.} \\ I_{max} &= \frac{257 \text{ kip-in.}}{516 \text{ kip-in.}} \\ &= 0.498 < 1.0 \quad \mathbf{o.k.}\end{aligned}$$

کنترل برش افقی:

مقاومت در دسترس برش افقی با استفاده از مشخصات AISC بخش J4.2 بدست می آید. مشخص است که قسمت فوقانی کنترل کننده است چراکه جان آن نازکتر است.

LRFD	ASD
From Table 4-23, $V_u = 36.3$ kips From <i>Spec.</i> Eq. J4-3, $\phi_v V_{n-horiz} = \phi_v 0.6 F_y (et_w)$ $= 1.00 (0.6) (50 \text{ ksi}) \times [(8.00 \text{ in.}) (0.350 \text{ in.})]$ $= 84.0 \text{ kips} > 36.3 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$	From Table 4-23, $V_a = 25.5$ kips From <i>Spec.</i> Eq. J4-3, $\frac{V_{n-horiz}}{\Omega_v} = \frac{0.6 F_y (et_w)}{\Omega_v}$ $= \frac{0.6 (50 \text{ ksi}) [(8.00 \text{ in.}) (0.350 \text{ in.})]}{1.50}$ $= 56.0 \text{ kips} > 25.5 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$

کنترل برش قائم:

در هنگام کنترل برش قائم بخش خالص و ناخالصی مقطع، از مقاومت برشی بتن صرفه خواهد شد. مقاومت برشی بتن به نیروی برشی مقطع خالص افزوده خواهد شد.

کنترل برش قائم روی مقطع خالص :

LRFD	ASD
From Table 4-16,	From Table 4-16,
$V_{u-net} = 41.1 \text{ kips}$	$V_{a-net} = 29.2 \text{ kips}$
$V_{u-global} = V_{u-net} + \text{concrete shear strength}$ $= 41.1 \text{ kips} + 7.39 \text{ kips}$ $= 48.5 \text{ kips}$	$V_{a-global} = V_{a-net} + \text{concrete shear strength}$ $= 29.2 \text{ kips} + 4.93 \text{ kips}$ $= 34.1 \text{ kips}$

نیروی برشی بین T بالا و پائین به نسبت مساحت آن ها تقسیم می شود:

LRFD	ASD
$V_{u-top} = V_{u-global} \left(\frac{A_{tee-top}}{A_{net}} \right)$ $= (48.5 \text{ kips}) \left(\frac{4.70 \text{ in.}^2}{10.9 \text{ in.}^2} \right)$ $= 20.9 \text{ kips}$	$V_{a-top} = V_{a-global} \left(\frac{A_{tee-top}}{A_{net}} \right)$ $= (34.1 \text{ kips}) \left(\frac{4.70 \text{ in.}^2}{10.9 \text{ in.}^2} \right)$ $= 14.7 \text{ kips}$
$V_{u-bot} = V_{u-global} \left(\frac{A_{tee-bot}}{A_{net}} \right)$ $= (48.5 \text{ kips}) \left(\frac{6.22 \text{ in.}^2}{10.9 \text{ in.}^2} \right)$ $= 27.7 \text{ kips}$	$V_{a-bot} = V_{a-global} \left(\frac{A_{tee-bot}}{A_{net}} \right)$ $= (34.1 \text{ kips}) \left(\frac{6.22 \text{ in.}^2}{10.9 \text{ in.}^2} \right)$ $= 19.5 \text{ kips}$

کنترل برش قائم در T فوقانی و تحتانی:

با استفاده از مشخصات AISC بخش G3 :

T فوقانی:

$$\begin{aligned}\frac{h}{t_w} &= \frac{d_{t-top}}{t_{w-top}} \\ &= \frac{5.50 \text{ in.}}{0.350 \text{ in.}} \\ &= 15.7 < 1.10 \sqrt{\frac{1.2(29,000 \text{ ksi})}{50 \text{ ksi}}} = 29.0\end{aligned}$$

$$h/t_w < 1.10 \sqrt{k_v E/F_y}, \quad \text{از آن جائیکه:}$$

$$C_{v2} = 1.0 \quad (\text{Spec. Eq. G2-9})$$

$$V_{n-top} = 0.60 F_y (d_{t-top} t_{w-top}) C_{v2} \quad (\text{from Spec. Eq. G3-1})$$

$$= 0.60(50 \text{ ksi})(5.50 \text{ in.})(0.350 \text{ in.})(1.0)$$

$$= 57.8 \text{ kips}$$

T تحتانی:

$$\begin{aligned}\frac{h}{t_w} &= \frac{d_{t-bot}}{t_{w-bot}} \\ &= \frac{5.50 \text{ in.}}{0.405 \text{ in.}} \\ &= 13.6 < 1.10 \sqrt{\frac{1.2(29,000 \text{ ksi})}{50 \text{ ksi}}} = 29.0\end{aligned}$$

$$h/t_w < 1.10 \sqrt{k_v E/F_y}, \quad \text{از آن جائیکه:}$$

$$C_{v2} = 1.0 \quad (\text{Spec. Eq. G2-9})$$

$$V_{n-bot} = 0.60 F_y (d_{t-bot} t_{w-bot}) C_{v2} \quad (\text{from Spec. Eq. G3-1})$$

$$= 0.60(50 \text{ ksi})(5.50 \text{ in.})(0.405 \text{ in.})(1.0)$$

$$= 66.8 \text{ kips}$$

مقاومت برشی قائم در دسترس در T بالا و پائین:

LRFD	ASD
$\phi_v V_{n-top} = 1.00 (57.8 \text{ kips})$ $= 57.8 \text{ kips}$	$\frac{V_{n-top}}{\Omega_v} = \frac{57.8 \text{ kips}}{1.50}$ $= 38.5 \text{ kips}$
$\phi_v V_{n-bot} = 1.00 (66.8 \text{ kips})$ $= 66.8 \text{ kips}$	$\frac{V_{n-bot}}{\Omega_v} = \frac{66.8 \text{ kips}}{1.50}$ $= 44.5 \text{ kips}$

کنترل برش قائم در مقطع ناخالص تیر:

LRFD	ASD
$V_{u-net} = 44.1 \text{ kips (see Table 4-16)}$	$V_{a-net} = 31.3 \text{ kips (see Table 4-16)}$
$V_{u-global} = V_{u-net} + \text{concrete shear strength}$ $= 44.1 \text{ kips} + 7.39 \text{ kips}$ $= 51.5 \text{ kips}$	$V_{a-global} = V_{a-net} + \text{concrete shear strength}$ $= 31.3 \text{ kips} + 4.93 \text{ kips}$ $= 36.2 \text{ kips}$

از مشخصات AISC بخش (1) G2.1(b):

$$\frac{h}{t_{w-min}} = \frac{30.8 \text{ in.} - (0.950 \text{ in.} + 1.15 \text{ in.})}{0.350 \text{ in.}} = 82.0$$

$$C_{v1} = \frac{1.10\sqrt{k_v E/F_y}}{h/t_w} \quad (\text{Spec. Eq. G2-4})$$
$$= \frac{1.10\sqrt{5.34(29,000 \text{ ksi})/(50 \text{ ksi})}}{82.0}$$
$$= 0.747$$

$$V_{n-gross} = 0.60F_y(d_g t_{w-min})C_{v1} \quad (\text{from Spec. Eq. G2-1})$$
$$= 0.60(50 \text{ ksi})(30.8 \text{ in.})(0.350 \text{ in.})(0.747)$$
$$= 242 \text{ kips}$$

از مشخصات AISC بخش G1:

$$\frac{h}{t_w} = 82.0 > 2.24\sqrt{\frac{29,000 \text{ ksi}}{50 \text{ ksi}}} = 53.9$$

$$\phi_v = 0.90 \text{ and } \Omega_v = 1.67.$$

بنا بر این:

مقاومت برشی در دسترس در مقطع ناخالص:

LRFD	ASD
$\phi_v V_{n-gross} = 0.90(242 \text{ kips})$ $= 218 \text{ kips}$	$\frac{V_{n-gross}}{\Omega_v} = \frac{242 \text{ kips}}{1.67}$ $= 145 \text{ kips}$

در زیر خلاصه ای از مقاومت برشی تیر آمده است:

LRFD
<p><i>Horizontal shear</i></p> $\frac{V_u}{\phi_v V_{n-horiz}} = 36.3 \text{ kips}/84.0 \text{ kips}$ $= 0.432 \quad \mathbf{o.k.}$
<p><i>Vertical shear-top tee</i></p> $\frac{V_{u-top}}{\phi_v V_{n-top}} = 20.9 \text{ kips}/57.8 \text{ kips}$ $= 0.362 \quad \mathbf{o.k.}$
<p><i>Vertical shear-bottom tee</i></p> $\frac{V_{u-bot}}{\phi_v V_{n-bot}} = 27.7 \text{ kips}/66.8 \text{ kips}$ $= 0.415 \quad \mathbf{o.k.}$
<p><i>Vertical shear-gross section</i></p> $\frac{V_{u-global}}{\phi_v V_{n-gross}} = 51.5 \text{ kips}/218 \text{ kips}$ $= 0.236 \quad \mathbf{o.k.}$

ASD

Horizontal shear

$$\begin{aligned} V_a \Omega_v / V_{n\text{-horiz}} &= 25.5 \text{ kips} / 56.0 \text{ kips} \\ &= 0.455 \quad \mathbf{o.k.} \end{aligned}$$

Vertical shear–top tee

$$\begin{aligned} V_{a\text{-top}} \Omega_v / V_{n\text{-top}} &= 14.7 \text{ kips} / 38.5 \text{ kips} \\ &= 0.382 \quad \mathbf{o.k.} \end{aligned}$$

Vertical shear–bottom tee

$$\begin{aligned} V_{a\text{-bot}} \Omega_v / V_{n\text{-bot}} &= 19.5 \text{ kips} / 44.5 \text{ kips} \\ &= 0.438 \quad \mathbf{o.k.} \end{aligned}$$

Vertical shear–gross section

$$\begin{aligned} V_{a\text{-global}} \Omega_v / V_{n\text{-gross}} &= 36.2 \text{ kips} / 145 \text{ kips} \\ &= 0.250 \quad \mathbf{o.k.} \end{aligned}$$

کنترل افتادگی:

افتادگی تیر با استفاده از 90% ممان اینرسی آمده در بخش 7.3 خواهد بود:

افتادگی تیر در اثر بار مرده قبل از گرفتن بتن:

$$\begin{aligned}\Delta_{PDL} &= \frac{5wL^4}{384EI_{x-net}(0.90)} \\ &= \frac{5\left(\frac{0.44 \text{ kip/ft}}{12 \text{ in./ft}}\right) [(50 \text{ ft})(12 \text{ in./ft})]^4}{384(29,000 \text{ ksi})(2,180 \text{ in.}^4)(0.90)} \\ &= 1.09 \text{ in.}\end{aligned}$$

افتادگی در اثر بار زنده:

$$\begin{aligned}\Delta_{LL} &= \frac{5wL^4}{384EI_{x-comp}(0.90)} \\ &= \frac{5\left(\frac{0.8 \text{ kip/ft}}{12 \text{ in./ft}}\right) [(50 \text{ ft})(12 \text{ in./ft})]^4}{384(29,000 \text{ ksi})(5,740 \text{ in.}^4)(0.90)} \\ &= 0.749 \text{ in.} \\ &= \frac{L}{800}\end{aligned}$$

افتادگی در اثر بار مرده:

$$\begin{aligned}\Delta_{DL} &= \frac{5wL^4}{384EI_{x-comp}\phi} \\ &= \frac{5\left(\frac{0.16 \text{ kip/ft}}{12 \text{ in./ft}}\right) [(50 \text{ ft})(12 \text{ in./ft})]^4}{384(29,000 \text{ ksi})(5,740 \text{ in.}^4)(0.90)} \\ &= 0.150 \text{ in.} \\ &= \frac{L}{4,000}\end{aligned}$$

کل افتادگی:

$$\begin{aligned}\Delta_{TL} &= \Delta_{LL} + \Delta_{DL} \\ &= 0.749 \text{ in.} + 0.150 \text{ in.} \\ &= 0.899 \text{ in.} \\ &= \frac{L}{667}\end{aligned}$$

خلاصه ای بر افتادگی تیر:

$\Delta_{PDL} = 1.09 \text{ in.}$; therefore, camber 1 in.

$$\Delta_{LL} \leq \frac{L}{360} \quad \text{o.k.}$$

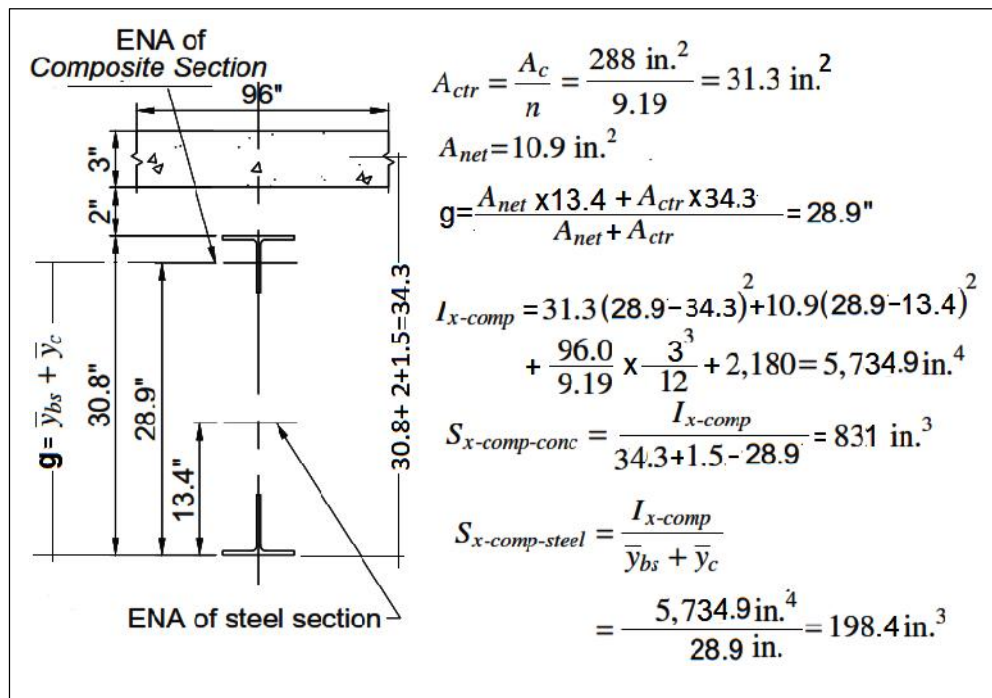
$$\Delta_{TL} \leq \frac{L}{240} \quad \text{o.k.}$$

راهنمای در بعضی نکات طراحی این بخش: توضیحات کلی:

- ساده سازی طراحی مشخصات مقطع ساده و کامپوزیت: صفحه ۷ تا ۹

محاسبه ممان اینرسی تیر از طریق روش های ارائه شده در کتب مقاومت مصالح با توجه به قانون اشتاینرمان اینرسی و مدول مقطع محاسبه گردد.

یافتن مشخصات مقطع کامپوزیت:



- چون تیرها بدون شمع بندی در حین اجرا است ، کنترل تنش در بال فوقانی، با در نظر گرفتن کلیه ضوابط ، الزامی است. در جلد دوم این ترجمه به آن توجه کافی شده.
- توجه بفرمائید که اگر در روی تیراز سیستم دال بتنی تنها (کامپوزیت سنتی) استفاده می شود علاوه بر کنترل های یادشده به کنترل کمانش جانبی - پیچشی نیز باید توجه کافی

مبذول شود. در حالیکه در سیستم عرشه فولادی و بعد از نصب گلمیخ ها ، بعلت سختی ورق عرشه کنترل کمانش جانبی پیچشی نیاز نیست.

- معمولاً تار خنثی تیر کامپوزیت ، در طراح های متعارف و با توجه به مساحات فولاد و بتن ، پائین تر و خارج از عمق بازوی موثر بتن، a ، قرار می گیرد. به نظر می رسد مولف با توجه به آن که بخش عمده بال T فوقانی بالای تار خنثی قرار می گیرد، کل آن را از محاسبات ممان مقاوم مقطع خارج کرده و بازوی ممان مقاوم را بین مرکز ثقل T تحتانی و مرکز نیروی فشاری دال بتنی بالای عرشه می گیرد و تنش درون بتن را بدست می آورد. این فرض در جهت ضریب اطمینان می باشد. (روابط 3-10 و 3-9)

جدول ۴-۱۶: برش و ممان کلی در هر بازشو:

ابتدا بارها: طبق آنچه در صفحه ۱۲ کتاب آمده:

بار در روش LRFD 2060 lb/ft بار در روش ASD 1450 lb/ft

مرکز بازشوی اول از تکیه گاه و پیروید آن ها : $e + b + \frac{e}{2} = 8 + 5.5 + 4$

$$= 17.5 \text{ in} . = 1.46 \text{ f} ,$$

$$s = 27 \text{ in} . = 2.25 \text{ f} \quad \text{شکل ۴-۵}$$

برش و ممان فقط برای روش ASD محاسبه و قابل تعمیم به روش LRFD می باشد.

$$x_1 = 1.46 \rightarrow V = 1450 \times \frac{5}{2} - 1.46 \times 1450 = 34133 \text{ ll}$$

کسر می شود برش مقابله شده با بتن روی عرشه به شرح محاسبه در نماد انتهای صفحه ۱۱ به مقدار 4.93 kips

محاسبه برش :

$$x_1 = 1.46 f \rightarrow V = 34133 - 4930 = 29203 ll \\ = 29.2 k$$

محاسبه ممان:

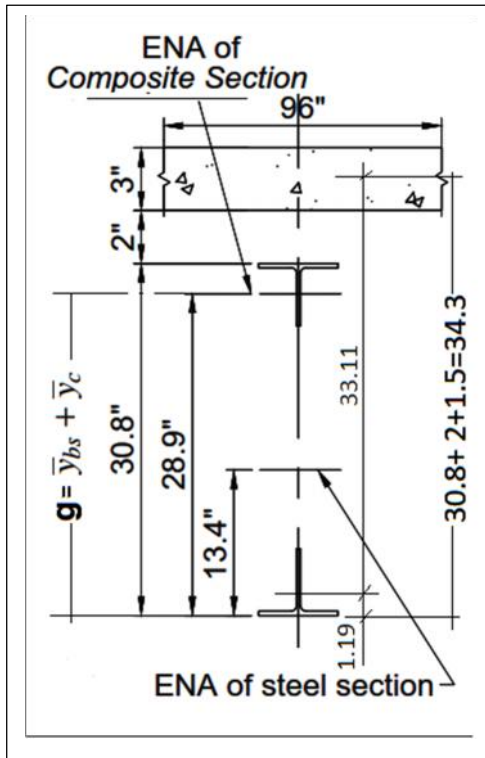
$$x_1 = 1.46 f \rightarrow V = 34133 - 4930 \\ = 29203 ll = 29.2 k$$

$$x_1 = 1.46 f \rightarrow M = 1450 \times \frac{50}{2} \times 1.46 - 1450 \times \frac{1.46^2}{2} \\ = 51379 ll - f = 51.3 k - f$$

به پانویس صفحه ۱۱ کتاب توجه شود.

جدول ۴-۱۷ نیروی محوری موضعی در هر

بازشو



با توجه به محل تار خنثی مشاهده می شود بال T فوقانی تقریباً از مدار کشش خارج شده . بنابراین مولف فرض را بر این پایه قرار داده که کل فشار را بتن و کل کشش را بال تحتانی تحمل می نماید. برای یافتن مقدار ارتفاع منشور فشاری بتن با روش آزمون و خطا عمل می نماید. برای اولین چرخه فرض می کند مکز منشور فشاری در وسط ارتفاع بتن روی عرشه قرار گرفته. بنا براین مطابق شکل بازوی

بین مرکز نیروی کششی و فشاری عدد $d_e = 33.11$ اینچ است.

$$d_e = 30.8 - 1.19 + 3 + 2 - \frac{3}{2} = 33.11 \text{ in} .$$

$$x_1 = 1.46 f \rightarrow M = 51.3 k \quad - f \rightarrow T_i = \frac{51.3 \times 12}{33.11} = 18.59 k \quad (3-9)$$

با استفاده از این نیروی فشاری بدست آمده ارتفاع منشور فشاری x_c ، را دوباره می یابیم:

$$x_c = \frac{T_1}{0.85 \times f_c \times b_e} = \frac{18.59 \times 1000}{0.85 \times 3000 \times 96} = 0.0759 \text{ in} . \quad (3-10)$$

$$\therefore d_e = 35.8 - 1.19 - \frac{x_c}{2} = 35.8 - \frac{0.0759}{2} = 34.57 \text{ in.}$$

$$T_{i+1} = \frac{51.3 \times 12}{34.57} = 17.80 \text{ k}$$

$$\frac{T_i}{T_{i+1}} = \frac{18.59}{17.80} = 1.05$$

$$x_c = \frac{T_{i+1}}{0.85 \times f_c \times b_e} = \frac{17.80 \times 1000}{0.85 \times 3000 \times 96} = 0.073 \text{ in.}$$

$$\therefore d_e = 35.8 - 1.19 - \frac{x_c}{2} = 35.8 - 1.19 - \frac{0.073}{2} = 34.57 \text{ in.}$$

$$T_{i+2} = \frac{5.3 \times 1}{3.5} = 17.80 \text{ k}$$

$$\frac{T_{i+1}}{T_{i+2}} = \frac{1.8}{1.8} = 1.0 \text{ o.k.}$$

جدول ۴-۱۸ برشگیرها

از خروجی های جدول ۴-۱۷ نیروی فشاری درون بتن ، مقدار نهائی T ، بدست می آید که این نیرو باید بوسیله برشگیرها به پائین منتقل شود. چون در کتاب جداول ASD وجود ندارد ما نیز به جداول ارائه شده LRFD می پردازیم. اگرچه تشکیل جداول ASD نیز ساده است.

$$x_1 = 1.46 f \rightarrow T_1 = 25.3 \text{ k}$$

اکنون به مقدار نیروی قابل انتقال توسط گلمیخ ها می پردازیم. دانسیته این نیرو طبق رابطه

(3-11) بدست می آید که ساده شده آن عبارتست از :

$$q = \frac{2 V_p}{L} = \frac{\text{کل مقاومت برشگیرها در طول تیر}}{\text{طول کامل تیر}}$$

$$q = \frac{2 V_p}{L} = \frac{2 \times 556}{50} = 22.24 \text{ k /f}$$

$$\begin{aligned} x_1 = 1.46 \text{ f} \rightarrow T_R &= 22.24 \times 1.46 \\ &= 32.47 \text{ k} > 25.3 \text{ k} \quad O.K. \end{aligned}$$

جدول ۴-۱۹

این جدول به صورت ادامه جدول ۴-۱۸ می باشد که برای مثال آورده شده و نمایانگر عمل ناقص مقطع کامپوزیت می باشد. اعداد این جدول بعضا صحیح نبوده و توسط مترجم تهیه شده است. در ابتدای جدول روش های مختلف محاسبه T_0 آمده است:

$$T_0 = T_1 - qX_i \quad \text{با استفاده از روش مستقیم*}$$

$$= 25.3 - 18.4 = 6.90 \text{ kips}$$

$$T_0 = M_r \left[\frac{1 - \frac{q(X_i)}{T_1(\ell+2)}}{d_{effec}} \right] \quad \text{با استفاده از رابطه (12-3)**}$$

$$= (72.9 \times 12) \left[1 - \frac{\frac{18.4}{25.3}}{34.57} \right] = 6.90 \text{ kips}$$

$$T_{1-new} = qX_i + T_0 = 18.4 + 6.90 = 25.3 \text{ kips}$$

مندرج در جدول کتاب***

شماره بازشو	X_i (ft)	T_1	qX_i (kips)	Comp. Status	T_0^*	** T_0	T_{1-new}^{***} (kips)
End	0.00	0.00	0.00	N/A	0.00	0.00	0.00
1	1.46	25.3	18.4	Partial	6.90	6.90	26.8
2	3.71	61.4	46.7	Partial	14.65	14.65	64.6
3	5.96	94.1	75.1	Partial	19.00	19.00	98.2
4	8.21	123	103	Partial	19.55	19.55	127
5	10.5	149	132	Partial	16.70	16.70	152
6	12.7	171	160	Partial	10.98	10.98	173
7	15.0	189	189	Full	0.00	0.00	189
8	17.2	204	217	Full	0.00	0.00	201
9	19.5	215	246	Full	0.00	0.00	215
10	21.7	222	273	Full	0.00	0.00	222
11	24.0	226	302	Full	0.00	0.00	226

جدول ۴-۲۰ ممان موضعی ورنذیل در هر بازشو: ASD

$$e = 8 \text{ in.}, A_{t_i} = 4.7 \text{ in}^2, A_b = 6.22 \text{ in}^2, A_n = A_{t_i} + A_b = 10.9 \text{ in}^2$$

$$x_1 = 1.46 \text{ f} \rightarrow V_a = 31.3 \text{ k} \quad (T \quad 4 - 16)$$

$$M_{v-t_1} = V_a \times \frac{A_{t_1}}{A_n} \times \frac{e}{2} = 31.3 \times \frac{4.7}{10.9} \times \frac{8}{2} = 53.98 \text{ k_it} .$$

$$M_{v-b} = V_a \times \frac{A_b}{A_n} \times \frac{e}{2} = 31.3 \times \frac{6.22}{10.9} \times \frac{8}{2} = 71.44 \text{ k_it} .$$

توجه داشته باشید که برش قید شده بعد از کسر برش مقابله شده با بتن است که ممکن است صحیح نباشد. به توضیح مترجم ذیل جدول ۴-۱۶ مراجعه فرمائید.

جدول ۴-۲۱ تداخل کشش - خمش و فشار و خمش

روابط تداخلی (اندر کنش) کشش - خمش و فشار و خمش در بخش H مشخصات AISC آمده است. مختصری راجع به نکات آئیننامه AISC شاید لازم باشد.

فشار:

$$P_n = F_c \cdot A_e \quad (E7-1) \quad \text{بخش E7 آئین نامه: دراعضاء لاغرفشاری}$$

F_c عبارت است از پائین ترین مقادیر حدی تنش برای کمانش خمشی، کمانش پیچشی

، کمانش پیچشی در تداخل با بار محوری و A_e مجموعه مساحت موثر است.

کشش:

در بخش D-1 محدودیت لاغری برای عضو در نظر گرفته نمی شود. اگرچه پیشنهاد آئین

نامه ترجیحا استفاده از محدودیت ۳۰۰ است. البته به استثنای میله ها و آویزها.

در بخش D-2 کمترین مقدار P_n از دو رابطه زیر ملاک خواهد بود:

$$a) \quad P_n = F_y \cdot A_g \quad \phi = 0.9 \text{ و } \Omega = 1.67$$

$$b) \quad P_n = F_u \cdot A_e \quad \phi = 0.75 \text{ و } \Omega = 2.00$$

که در آن F_y حداقل تنش مشخصه جاری شدن و F_u حداقل تنش مشخصه نهائی (بالا ترین نقطه منحنی تنش-کرنش) و A_g مقطع ناخالص و A_e سطح مقطع موثر است. اکنون به جدول ۴-۲۱ در مورد LRFD می پردازیم. در مشخصات AISC داریم:

$$(a) \text{ For } \frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

(Spec. Eq. H1-1a)

$$(b) \text{ For } \frac{P_r}{P_c} < 0.2$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

(Spec. Eq. H1-1b)

آنچه با اندیس C مشخص شده مربوط به حداکثر مقاومت و یا مقاومت در دسترس و آنچه با اندیس r مشخص شده مربوط به مقدار موجود و یا وارده می باشد.

$$x_1 = 1.46 f \rightarrow$$

بال فشاری :

چون مقطع کامپوزیت کامل است و بتن تمامی فشار را تحمل می کند $P_{r-t_1} = 0$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{0}{P_c} = 0.00 < 0.2 \quad \text{بنا بر این:}$$

$$M_{v-t_1} = 70.7 \text{ k } _i\eta \quad \text{است. از جدول ۴-۲۰:}$$

$$M_c = M_u = 129 \text{ k } _i\eta \quad \text{از محاسبات مندرج در صفحه ۲۴:}$$

$$\frac{M_{v-t_1}}{M_c} = \frac{70.7}{129} = 0.548$$

با استفاده از رابطه (b) بالا:

$$0 + 0.548 = 0.548 < 1 \text{ o.k.,}$$

بال تحتانی:

$$P_{c-b} = F_y \cdot A_g \text{ k} = 50 \times 6.22 = 311 \text{ k}$$

آنجائیکه $A_e = A_g$ است و $F_u = 65$ می باشد طبعا مقدار فوق کوچکتر و تعیین کننده است و نیاز به کنترل نیست.

$$\begin{aligned} P_{u-b} &= P_{c-b} \times 0.9 = 311 \times 0.9 \\ &= 279.9 \text{ k} \quad S \quad 280 \text{ k} \end{aligned}$$

باتوجه به مقدار - $T_1(i+2) = P_r = 25.3 k$ از جدول ۱۸-۴ داریم:

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{25.3}{280} = 0.09$$

$$\frac{P_r}{P_{u-b}} = \frac{2.3}{2} = 0.09 < 0.2$$

از محاسبات صفحه ۲۴ داریم:

$$M_c = M_{v-b} = M_u = 149k \quad _i$$

$$M_r = M_{v-b} = 93,7k \quad _i \quad \text{از جدول شماره ۲۰-۴ داریم:}$$

$$\frac{1}{2} \times 0.09 + \left[\frac{9.7}{1} + \frac{0}{0} \right] = 0.674 \quad \text{با استفاده از رابطه (b) بالا:}$$

که در جدول ۲۱-۴ مقدار 0.678 قید شده.

جدول ۲۲-۴: برش قائم جان

این جدول براساس جدول ۱۶-۴ تنظیم شده. نقاط اعلام شده در جدول فواصل مراکز اتصال جان از تکیه گاه می باشد. چون این فاصله درست در وسط دو فاصله یاد شده در جدول ۴-۱۶ می باشد مقدار برش آن متوسط دو برش متوالی است.

$$L r f d \rightarrow x_1 = 2.58 f \rightarrow$$

$$\frac{V_{h,1.4} + V_{h,3.7}}{2} = \frac{41.1 + 36.5}{2} = 38.8 k$$

این جدول در بخش ASD مشکل در عملیات محاسباتی دارد که با استفاده از روش گفته شده کاملاً قابل محاسبه است. ضمناً باید یاد آور شد که به طور طبیعی در این تیر بار برشی در تکیه گاه بیشترین مقدار را دارد که برابر 44.1 kips بوده و نیازی به تشکیل جدول نمی باشد و البته اتصال جان در تکیه گاه بیشترین مقدار برش را دارد و در آن اتصال کنترل باید صورت گیرد. البته در صورت مسئله فرض شده که از کماتش اولین اتصال جان جلوگیری شده و این به علت پرکردن اولین بازشو در دو طرف معمولاً صورت می گیرد. همچنین به علت پربودیک بودن بازشو ها هرگز نمی توان محل تکیه گاه را مطابق آنچه در این مثال آورده شده در نظر گرفت و شاید به همین دلیل اولین بازشو در تکیه گاه بهتر است پر شود.

جدول ۴-۲۳: نیروی برش افقی در اتصال جان.

این جدول بر اساس نیروی محوری موضعی در هر باز شو، جدول ۴-۱۷، تنظیم شده.

$$V_{rh} = |T_r(i) - T_r(i+1)| \quad (3 - 19) \quad \text{طبق رابطه:}$$

داشت:

$$L r f d \rightarrow x_1 = 1.46 f \rightarrow$$

$$V_{rh} = |25.3 - 61.4| = 36.1 k$$

توضیح لازم در مورد روابط این بخش براساس توضیحات مندرج در کتاب چون زاویه حدود ۶۰ درج می باشد از روابط (3-26) تا (3-28) استفاده شده که از بین نتایج آنها کوچکترین

نماینه ها:

A	مساحت مقطع $(\text{mm}^2) \text{ in.}^2$
A_c	مساحت بتن در فشار $(\text{mm}^2) \text{ in.}^2$
A_{net}	مساحت مجموع T فوقانی و تحتانی $(\text{mm}^2) \text{ in.}^2$
A_{te}	مساحت مقطع T $(\text{mm}^2) \text{ in.}^2$
B	ضریب برای گماتش جانبی بیجشی در T
C_v	ضریب برشی در جان
C_1	نیروی محوری در بتن در مقطع کامپوزیت (N) kips
D_o	قطر یازشو $(\text{mm}) \text{ in.}$
E	مدول الاستیک فولاد 29,000ksi (200,000 MPa)
EN	تار خنثی الاستیک
G	مدول برشی الاستیک فولاد = 11,200ksi (77,200MPa)
F_{ct}	تنش بحرانی $(\text{MPa}) \text{ ksi}$
F_{ct}	تنش بحرانی حول محورضعیف $(\text{MPa}) \text{ ksi}$
F_{ct}	تنش بحرانی گماتش بیجشی $(\text{MPa}) \text{ ksi}$
F_e	تنش بحرانی گماتش الاستیک $(\text{MPa}) \text{ ksi}$
H	تابت خمشی
I_x	ممان اینرسی حول محور X-X $(\text{mm}^4) \text{ in.}^4$
I_y	ممان اینرسی حول محور Y-Y $(\text{mm}^4) \text{ in.}^4$
J	تابت بیجشی $(\text{mm}^4) \text{ in.}^4$

K_x	ضریب طول موثرنسبت به محور X
K_y	ضریب طول موثرنسبت به محور Y
L	طول عضو فشاری (mm) in
L_b	فاصله بین نگهدارنده های جانبی (mm) in
M_c	مقاومت مجاز خمشی (ASD) (N-mm) kips-in.
M_c	مقاومت خمشی طراحی (LRFD) (N-mm) kips-in.
M_{cr}	مقاومت خمشی اسمی بر اساس حد نهانی کمانش جانبی - پیچشی (N-mm) kips-in.
M_e	ممان خمشی الاستیک اتصال جان (N-mm) kips-in.
M_m	مقاومت خمشی اسمی بر اساس حد نهانی کمانش جانبی - پیچشی (N-mm) kips-in.
M_n	مقاومت خمشی (N-mm) kips-in.
M_{ocr}	ممان بحرانی برای کمانش جانبی (N-mm) kips-in.
M_p	ممان خمشی پلاستیک (N-mm) kips-in.
M_r	مقاومت خمشی لازم با استفاده از ترکیب بار (N-mm) kips-in.
M_{vr}	مقاومت خمشی لازم در T (N-mm) kips-in.
N	تعداد برشگیر ها بین نقطه حداکثر ممان و انتهای تیر
N_s	کل تعداد برشگیر در عرض تیر
P_c	مقاومت فشاری محوری مجاز (ASD) (N) kips
P_c	مقاومت محوری فشاری طراحی (LRFD) kips(N)
P_n	مقاومت محوری فشاری اسمی (LRFD) kips(N)

PNA	تار خنثی پلاستیک
P_r	T در استفاده از ترکیب بار (N) kips
Q_n	مقاومت اسمی یک پرشگیر (N) kips
R	شعاع یک بازشو سلولی (mm) in.
S	فاصله بین بازشوها (mm) in.
S_x	مدول مقطع الاستیک حول محور X $(mm^3) in.^3$
S_{x-tee}	مدول مقطع الاستیک T $(mm^3) in.^3$ X
T_i	نیروی محوری در خط مرکزی بازشو i (N) kips
T_{i+1}	نیروی محوری در خط مرکزی بازشو (+i) (N) kips
$T_{r(i)}$	نیروی محوری T i (N) kips
$T_{r(i+1)}$	نیروی محوری لازم در T (i+1) (N) kips
T_o	نیروی محوری در T فوقانی (N) kips
T_1	نیروی محوری در T تحتانی (N) kips
T_{1-new}	نیروی محوری در T تحتانی برای عمل نیمه کامپوزیت (N) kips
$T_{u(i)}$	نیروی محوری در T (N) kips (LRFD) i
$T_{u(i+1)}$	نیروی محوری در T (N) kips (LRFD) (i+1)
V	برش کلی (N) kips
V'	نیروی برش افقی کلی بین نقطه حداکثر ممان مثبت و نقطه ممان
	(N) kips

V_{allow}	(N) kips (ASD)	مقاومت برشی افقی مجاز
$V_{a-global}$	(N) kips (ASD)	نیروی برشی سرویس
$V_{a-global}$	(N) kips (ASD)	مقاومت برشی کلی مورد نیاز
V_{a-net}	(N) kips (ASD)	نیروی برشی سرویس خالص با تیر
V_c	(N) kips	مقاومت برشی عرشه بتنی
V_h	(N) kips	نیروی برش افقی در محور خنثی
V_{ha}	(N) kips (ASD)	نیروی افقی برشی لازم در محور خنثی
V_{hu}	(N) kips (LRFD)	نیروی افقی برشی لازم در محور خنثی
V_i	(N) kips	نیروی برش کلی در بازشو i
V_{i+1}	(N) kips	نیروی برش کلی در بازشو $(i + 1)$
V_n	(N) kips	مقاومت اسمی برش
V_{net}	(N) kips	نیروی مقاومت برشی خالص تیر
$V_{u-global}$	(N) kips (LRFD)	نیروی نهائی برشی (LRFD)
$V_{u-global}$	(N) kips (LRFD)	مقاومت برشی کلی لازم (LRFD)
V_{u-net}	(N) kips (LRFD)	نیروی برشی نهائی (LRFD)
$V_{u(i)}$	(N) kips	i ی لازم
$V_{u(i+1)}$	(N) kips	$(i + 1)$ ی لازم
X_i		فاصله از انتهای تیر به مرکز بازشو در دست بررسی (in. nm)
Y_c		عمق بتن مقابله کننده با ممان کلی (mm) in.

Z_x	مدول مقطع پلاستیک حول محور X $(mm^3) \text{ in.}^3$
a	طول اتصال جان انتهائی $(mm) \text{ in.}$
b	طول افقی = $0.5h_o/\tan \theta$ $(mm) \text{ in.}$
b_{effec}	عرض موثر بتن عرشه $(mm) \text{ in.}$
b_f	$(mm) \text{ in.}$
d	عمق کامل اسمی T $(mm) \text{ in.}$
d_{effec}	فاصله بین مرکز دو T بالا و پائین $(mm) \text{ in.}$
$d_{effect-comp}$	عمق موثر مقطع کامپوزیت $(mm) \text{ in.}$
d_g	عمق تیر باز شده $(mm) \text{ in.}$
d_t	$(mm) \text{ in.}$ T
e	T همچنین طول قسمت پر جان در طول خط مرکزی $(mm) \text{ in.}$
e'	حداقل اصله مورب از گوشه برش انتهای تیر تا اولین بازشو $(mm) \text{ in.}$
f'_c	مقاومت فشاری بتن $(MPa) \text{ ksi}$
h	نصف عمق بازشو لانه زنبوری $(mm) \text{ in.}$
h_o	عمق بازشو لانه زنبوری $(mm) \text{ in.}$
h_r	عمق چاله ورق عرشه $(mm) \text{ in.}$
i	شماره بازشوی مرجع در تیر لانه زنبوری و سلولی
k_v	ضریب کمانش ورق جان
q	تراکم برشی برشگیر , $(N/mm) \text{ kips/ft}$

r_{min}	(mm) in. T شعاع ژیراسیون
r_o	(mm) in. شعاع ژیراسیون قطبی حول مرکز برش
r_x	(mm) in. ژیراسیون حول محور X
r_y	(mm) in. شعاع ژیراسیون حول محور Y
t_c	(mm) in. ضخامت بتن بالای چاله عرشه
t_f	(mm) in.
y_c	(mm) in. فاصله از بالای بتن تا مرکز بلوک فشاری
$\bar{y}_{tee-bot}$	(mm) in. فاصله از تار درونی T تا مرکز ثقل آن
$\bar{y}_{tee-top}$	(mm) in. فاصله از تار بیرونی T تا مرکز ثقل آن
w_o	(mm) In. $e + 2b$
Δ_{DL}	(mm) In. افت ناشی از بار مرده
Δ_{LL}	(mm) In. افت ناشی از بار زنده
Δ_{PDL}	(mm) In.
Δ_{TL}	(mm) In. افت کلی
ϕ_b	ضریب مقاومت خمشی
ϕ_c	ضریب مقاومت فشاری
ϕ_t	ضریب مقاومت کششی
ϕ_v	ضریب مقاومت برشی
Ω_b	ضریب اطمینان خمشی

Ω_v

θ

ضریب اطمینان برشی

زاویه برش مورب ، درجه