جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

# راهنمای طراحی و اجرای سقف تیرچه های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن

TA
۳۶۸
/۲۴س
ش.۱۵۱
۱۳۸۱

معاونت امور پشتیبانی
مرکز مدارک علمی و انتشارات

ISBN ۹۶۴-۴۲۵-۳۴۹-۳

9789644253492

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها
http://www.omran.net/tsb.mpo

نشریه شماره ۱۵۱

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

# راهنمای طراحی و اجرای سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن

نشریه شماره ۱۵۱

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۱/۰۰/۱۷

۱۳۸۱

**فهرست‌برگه**

**سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها**

راهنمای طراحی و اجرای سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن / معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۱.

٤٥ص.: مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه شماره ۱۵۱)(انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۱/۰۰/۱۷).

ISBN 964-425-349-3

۱. سقفهای آهنی و فولادی - مشخصات. ۲. ساختمان سازی - استانداردها. الف. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ب. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۱ ش.۱۵۱ ٢٤س/٣٦٨ TA

شابک ۳-۳۴۹-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-349-3

**راهنمای طراحی و اجرای سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن**

**تهیه کننده: معاونت امور فنی. دفتر امور فنی و تدوین معیارها**

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات

چاپ اول: ۱۵۰۰ نسخه، ۱۳۸۱

قیمت: ۵۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ

**همه حقوق برای ناشر محفوظ است.**

# اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی :

دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته و اساتید صاحبنظر مبادرت به تهیه این راهنما نموده و آنرا برای استفاده جامعه مهندسی کشور در اختیار قرار داده است. این دفتر معتقد است که با وجود تلاش فراوان، این اثر بطور طبیعی مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای چاپی، دستوری، ابهام، ابهام، اشکالات انشایی و موضوعی نیست.

*از این رو، این دفتر صمیمانه از شما خواننده گرامی تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال اعم از ویرایشی یا محتوایی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:*

۱- *شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص نمایید.*

۲- *ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.*

۳- *در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی پیشنهاد نمایید.*

٤- *نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.*

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام لازم را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر شما قدردانی می‌گردد.

*نشانی برای مکاتبه* : تهران- خیابان ملاصدرا- خیابان شیخ‌بهایی شمالی- کوچه لادن- شماره ٢٤- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور - دفتر امور فنی و تدوین معیارها - کدپستی ۱۹۹۱۷

web: www.omran.net/tsb.mpo

بسمه تعالی

# پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردهای ملی برای طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی آنها از اهمیتی ویژه برخوردار است. نظام جدید فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور، بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی را در مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی، مورد تأکید جدی قرار داده است.

فن سقف‌سازی با استفاده از تیرچه و بلوک، ترکیبی است از دو روش پیش‌ساختگی و بتن درجا، که در آن مزایای پیش‌ساختگی مانند سرعت ساخت، هزینه کم قالب‌بندی و آرماتوربندی، با جنبه‌های مثبت بتن‌ریزی در محل به خوبی تلفیق شده است. سقف تیرچه و بلوک از لحاظ یکپارچگی و مقاومت درمقابل نیروهای ناشی از زلزله، برتری قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با سقف‌های سنتی دارد. ترویج این فن و تهیه مدارک علمی لازم به منظور تسهیل کار طراحان و نیز ارائه روشها و جزئیات صحیح ساخت، از همان ابتدا مورد توجه این دفتر قرار گرفت و نشریات شماره ۸۲ با عنوان "راهنمای اجرای سقف‌های تیرچه و بلوک" و شماره ۹٤ با عنوان "تیرچه‌های پیش‌ساخته خرپایی : مشخصات فنی، روش طرح و محاسبه"، تهیه و منتشر گردید.

در سالهای اخیر، توجه به موضوعات ساخت صنعتی و سبک‌سازی ساختمانها موجب گردیده است، تغییراتی در نحوه ساخت و اجرای تیرچه‌ها حاصل شود. تیرچه‌های جدید که با عنوان "تیرچه‌های فولادی با جان باز" مورد استفاده قرار گرفته‌اند، دارای مزایای دیگری مانند : افزایش سرعت اجرا، عدم نیاز به شمع‌بندی زیر سقف، امکان اجرای همزمان چند سقف می‌باشند، که این برتری‌ها موجب استقبال جامعه فنی‌مهندسی کشور از این نوع سقف گردیده است.

دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با توجه به افزایش کاربرد سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن، این نشریه را در اختیار مهندسان و طراحان علاقمند کشور قرار می‌دهد. امید است آشنایی با فنون جدید و بکارگیری ضوابط و معیارهای مربوط، جامعه فنی‌مهندسی کشور را در مسیر ساخت و ساز اصولی رهنمون باشد.

معاونت امورفنی از آقایان مهندس علی تبار و مهندس میرمحمود ظفری به خاطر زحمات و کوششهای فراوان ایشان در تهیه و تدوین نشریه حاضر، قدردانی و تشکر می‌نماید. همچنین لازم است از تلاش‌های جناب آقای مهندس محمدجعفر کرمی و همکاران ایشان که تهیه پیش‌نویس این نشریه را به عهده داشته‌اند، تشکر شود. از آقای مهندس سیداکبر هاشمی، سرکارخانم مهندس بهناز پورسید و دیگر همکاران دفتر امورفنی و تدوین معیارها که در بررسی و تنظیم مطالب نشریه در راستای اهداف دفتر تلاش نموده‌اند، نیز سپاسگزاری می‌شود.

معاونت امورفنی توفیق روزافزون این عزیزان را در خدمت به جامعه مهندسان کشور از درگاه ایزد متعال مسئلت دارد.

معاونت امورفنی

بهار ۱۳۸۱

# فهرست مطالب

فصل ۱ کلیات ..... (۱ تا ۳)

۱-۱ هدف و دامنه کاربرد ۱

۱-۲ تعاریف ۱

۱-۳ نمادها ۲

فصل ۲ مشخصات فنی‌ومکانیکی سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز درترکیب با بتن ..... (۵ تا ۱۰)

۲-۱ مشخصات فنی ۵

۲-۲ مشخصات مکانیکی ۹

فصل ۳ طراحی تیرچه‌های فولادی با جان باز درترکیب با بتن ..... (۱۱ تا ۲۸)

۳-۱ محدودیت‌های طراحی ۱۱

۳-۲ بارگذاری ۱۳

۳-۳ روش‌های طراحی ۱٤

۳-٤ طراحی به روش الاستیک (ارتجاعی) ۱٤

۳-۵ طراحی به روش حدنهایی (بعد از گرفتن بتن) ۲۲

۳-٦ کنترل برش در تیرچه ۲۵

۳-۷ کنترل افتادگی ۲٦

۳-۸ اتصال تیرچه‌ها به تکیه‌گاه ۲٦

فصل ٤ اجرای سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز درترکیب با بتن ..... (٢٩ تا ٤٥)
٤-١ مراحل اجرای سقف ٢٩
٤-٢ اندازه‌گیری ٣٠
٤-٣ بالابردن، نصب و جوشکاری تیرچه‌ها ٣١
٤-٤ اجرای کلاف‌های عرضی ٣٦
٤-٥ قالب‌بندی ٣٩
٤-٦ بلوک‌چینی در نقاطی که استفاده از بلوک کامل میسر نمی‌باشد ٤٠
٤-٧ اجرای آرماتور افت و حرارت ٤١
٤-٨ سیاهه‌وارسی ٤٢



# فصل اول

# کلیات

## ١-١ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این راهنما، تعیین حداقل ضوابط و معیارهای لازم برای طراحی و اجرای تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن به صورت خود ایستا می‌باشد.

**تبصره :** تا زمان انتشار استاندارد تولید تیرچه‌های فولادی با جان باز توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، بکارگیری ضوابط مندرج در این راهنما برای طراحی و اجرای تیرچه‌های یاد شده توصیه می‌گردد.

## ١-٢ تعاریف

### ١-٢-١- تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن

سیستم تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن شامل ترکیب یکپارچه‌ای از تیرچه‌های فلزی خود ایستا با فواصل تقریباً یکسان و دال بتنی فوقانی است که بصورت تیر T شکل عمل می‌کند. برای اجزای پرکننده بین تیرچه‌ها، می‌توان از قالب‌های موقت و یا دائم مانند بلوک سفالی، بلوک بتنی ویا از قطعات سبک استفاده نمود.

### ١-٢-٢- تیرچه های فولادی با جان باز

تیرچه‌های فولادی با جان باز، خرپاهای ویژه دوسر ساده‌ای هستند که برای توزیع یکنواخت بار سقف به تکیه‌گاه‌ها به کار می‌روند.

**تبصره :** در صورت بکارگیری تیرچه‌ها بصورت تیر طره‌ای، طراح باید جزئیات اجرایی لازم را ارایه نموده و سازنده نیز باید محل و نوع آن را مشخص نماید.

### ۱-۲-۳- ترکیب با بتن

منظور از "ترکیب با بتن"، آن است که بال فوقانی وجان تیرچه‌ها در بتن محاط بوده و بصورت یکپارچه به عنوان یک مقطع مرکب T شکل بتن‌آرمه، عمل می‌نماید.

### ۱-۲-٤- خود ایستایی

منظور از "خود ایستا"، آن است که در حین عملیات اجرای سقف ، نیازی به شمع‌بندی برای نگهداری تیرچه‌ها نمی‌باشد.

**تبصره** : در صورتیکه در حین اجرا به شمع نیاز باشد، سازنده باید محل و نوع شمع‌ها را مشخص نماید.

## ۱-۳ نمادها

A = سطح مقطع عضو تیرچه (سانتی‌مترمربع)

B = عرض بال تحتانی (سانتی‌متر)

$C_c$ = ضریب لاغری حدی تنش ارتجاعی وغیر ارتجاعی

$E_s$ = مدول ارتجاعی فولاد (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)

$E_c$ = مدول ارتجاعی بتن (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)

$F_y$ = تنش تسلیم فولاد (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع )

$F_c$ = تنش مجاز لوله (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع )

$F_a$ = تنش مجاز فشاری (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع )

$F_t$ = تنش مجاز کششی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع )

$F_b$ = تنش مجاز خمشی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع )

$F_p$ = تنش مجاز فشاری تکیه‌گاه بتنی (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)

$f_a$ = تنش مجاز فشاری موجود (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع )

$f_b$ = تنش خمشی محاسبه شده در نقطه مورد نظر (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع )

$f_c$ = مقاومت فشاری مشخصه بتن بر روی نمونه استوانه‌ای استاندارد(کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع )



$r_x$ = شعاع ژیراسیون حول محور قوی (سانتی‌متر)

$r_y$ = شعاع ژیراسیون حول محور ضعیف (سانتی‌متر)

r = شعاع ژیراسیون حداقل (سانتی‌متر)

L = دهانه تیرچه ، طول آزاد مهار نشده برای اعضای جان و فاصله بین گره‌ها برای بالها (سانتی‌متر)

$L_r$ = طول کلاف عرضی (فاصله تیرچه‌ها برحسب سانتی‌متر)

P = نیروی محوری عضو(کیلوگرم )

Q = ضریب شکل

# فصل دوم

# مشخصات فنی و مکانیکی سقف
# تیرچه‌های فولادی باجان باز در ترکیب با بتن

سقف‌های تیرچه فولادی با جان باز در ترکیب با بتن، از اجزای اصلی به شرح زیر تشکیل می‌شوند:

۱- تیرچه فولادی با جان باز

۲- بلوک

۳- میلگرد افت و حرارت

٤- کلاف عرضی

۵- بتن پوششی در جا

## ۲-۱ مشخصات فنی

### ۲-۱-۱- تیرچه فولادی با جان باز

تیرچه فولادی با جان باز، عضو پیش‌ساخته‌ای است که به صورت خرپاهای ویژه دوسر ساده اجرا می‌شود. تیرچه فولادی با جان باز در دو مرحله تحت بارگذاری قرار می‌گیرد.

در مرحله اول باربری ، تیرچه هنگام حمل‌ونقل، بار ناشی از وزن خود را و در زمان اجرای سقف و قبل از گرفتن بتن، بار مرده سقف (شامل وزن سقف، تیرچه، بلوک، بتن در جا و قالب‌ها) و بار زنده عوامل اجرایی را در حد فاصل تکیه‌گاه‌های تیرچه تحمل می‌کند.

در مرحله دوم باربری و پس از گرفتن بتن ، مقطع مرکب شامل تیرچه و بتن ، تنش‌های ناشی از تمامی بارهای وارده به سقف را تحمل می‌کند.

تیرچه فولادی با جان باز شامل بال تحتانی، اعضای قطری و بال فوقانی می‌باشد.

**۲-۱-۱-۱- بال تحتانی**

بال تحتانی تیرچه که از تسمه ساخته می‌شود، بعنوان عضو کششی خرپا عمل کرده و بارهای وارده را تحمل می‌کند.

**۲-۱-۱-۲- اعضای قطری**

اعضای قطری تیرچه که معمولاً از میلگرد می‌باشند به عنوان عضو مورب خرپا عمل نموده و به کمک اعضای کششی و فشاری، ایستایی لازم را برای تحمل بارهای وارده تامین می‌نمایند.

**۲-۱-۱-۳- بال فوقانی**

بال فوقانی تیرچه، از نبشی، تسمه یا ناودانی ساخته‌شده و در داخل بتن پوششی قرار می گیرد.

**۲-۱-۲- بلوک**

**۲-۱-۲-۱-** از بلوکهای توخالی سفالی، بتنی ویا از انواع مصالح سبک مناسب ، برای پرکردن فضاهای خالی بین تیرچه‌ها و به عنوان قالب زیرین بتن پوششی درجا استفاده می‌شود، بعلاوه قسمت زیرین بلوک معمولاً برای تامین سطحی صاف به منظور انجام نازک‌کاری و تیغه‌های داخلی بلوک، برای تقویت ایستایی مقطع بلوک، طراحی و ساخته می‌شوند. بلوکها در سقف‌های تیرچه و بلوک نقش سازه‌ای در تحمل بارهای وارد بر سقف ندارند، لیکن باید قادر به تحمل ضربه‌های ناشی از حمل و نقل متعارف و بارهای ناشی از عبور و مرور افراد در حین بتن‌ریزی باشند.

**۲-۱-۲-۲-** ارتفاع وطول بلوکها تابع ضخامت کل سقف وفاصله تیرچه‌ها از یکدیگر می‌باشد.

**۲-۱-۲-۳-** حداقل ضخامت جدار بدنه بلوکهای بتنی ۱۵ میلی‌متر و حداقل عرض نشیمنگاه بلوک، ۱۷/۵ میلی‌متر تعیین شده‌است. مشخصات بلوک‌های مورد مصرف باید مطابق با



مندرجات فصل دوم از مشخصات فنی‌عمومی کارهای ساختمانی (نشریه شماره ۵۵ دفتر امورفنی‌وتدوین‌معیارها) باشد.

**۲-۱-۲-٤-** ضخامت تیغه‌های داخلی بلوکهای سفالی نباید از ۸ میلی‌متر کمتر باشد.

**۲-۱-۲-۵-** بلوک سفالی باید عاری از ترک و دانه‌های آهکی و رنگ آنها کاملاً یکنواخت بوده و به طور یکسان پخته شده‌باشد. سطوح بلوک سفالی باید صاف و عاری از انحنا و خمیدگی بوده ، دارای لبه‌های تیز و مستقیم و بافت ریز و متراکم باشند.

**۲-۱-۳- میلگرد افت و حرارت**

**۲-۱-۳-۱-** برای مقابله با تنش‌های ناشی از افت و تغییرات دما، میلگردهای افت و حرارت در جهت عمود بر تیرچه‌ها در قسمت بالایی سقف نصب می‌شوند.

**۲-۱-۳-۲-** در شرایط محیطی ملایم(مطابق تعریف بند ۸-۲-۹ آیین‌نامه بتن ایران)، حداقل ضخامت پوشش بتنی روی این میلگردها، باید ۲ سانتی‌متر باشد. برای دیگر شرایط محیطی لازم است به جدول ۸-۲-۹-۱ آیین‌نامه بتن ایران رجوع شود.

**۲-۱-۳-۳-** حداقل قطر میلگردهای افت و حرارت برای فولاد نرم (AI) ۵ میلی‌متر وبرای فولادهای نیمه سخت (AII) ٤ میلی‌متر می‌باشد.

**۲-۱-۳-٤-** حداقل سطح مقطع این میلگردها نباید از ۰/۰۰۲ سطح مقطع دال بتنی کمتر باشد.

**۲-۱-۳-۵-** فاصله بین دو میلگرد افت و حرارت متوالی نباید از هیچ یک از مقادیر ۵ برابر ضخامت دال بتنی و ۳۰ سانتی‌متر، بیشتر شود.

**۲-۱-٤- کلاف عرضی**

**۲-۱-٤-۱-** استفاده از کلاف عرضی در سقف الزامی است . کلاف عرضی شامل دو میلگرد به قطر حداقل ۱۲ میلی‌متر است . یک میلگرد روی بال تحتانی و یک میلگرد در زیر یا روی بال فوقانی به موازات هم به صورت عمود بر تیرچه‌ها به آنها جوش می‌شود.

**۲-۱-٤-۲-** عرض کلاف نباید کمتر از ۱۰ سانتی‌متر اختیار شود.

**۲-۱-٤-۳-** کلاف عرضی باید بال فوقانی تیرچه‌ها را در طول اجرا در مقابل تغییر شکل جانبی مهار نموده و تیرچه را در محل خود نگهداری کند. برای این منظور باید کلاف‌های عرضی در فواصل تقریباً مساوی($L_r$)، اجرا شود، به طوری که ضریب لاغری در جهت عمود بر طول تیرچه‌ها (جهت y) از ۱٤٥ تجاوز ننماید :

$$\frac{L_r}{r_y} < 145$$

در صورت تجاوز از این مقدار ، کمانش بال فوقانی باید توسط سازنده، کنترل شود.

$r_y$ شعاع ژیراسیون عضو فوقانی تیرچه حول محور قائم است.

**۲-۱-٤-٤-** انتهای کلاف عرضی باید هم در بالاو هم در پایین در محل برخورد به تیر فرعی مهار شوند.

**۲-۱-٤-٥-** برای دهانه‌های کوچکتر از ٥,٥ متر استفاده از حداقل یک کلاف عرضی الزامی است. برای دهانه‌های بزرگ‌تر ، کلاف‌های عرضی باید به نحوی انتخاب شود که فاصله دو کلاف عرضی مجاور هم، از ۲/٥ متر تجاوز نکند.



**۲-۱-٥- بتن پوششی در جا**

**۲-۱-٥-۱-** بتن پوششی قسمتی از تیر مرکب است که در محل تکیه‌گاه پس از جاگذاری تیرچه‌ها و بلوک‌ها بتن‌ریزی می‌گردد و پس از حصول مقاومت لازم به کمک عضو کششی فولادی (تیرچه فولادی با جان باز)، بار وارد بر سقف را تحمل می‌کند.

**۲-۱-٥-۲-** ضخامت بتن پوششی بر اساس طول دهانه و بار وارده طرح و محاسبه می‌گردد.

**۲-۱-٥-۳-** مشخصات فنی بتن پوششی نظیر دانه‌بندی، مصالح، نسبت آب به سیمان، و نحوه اختلاط باید مطابق ضوابط مندرج در آخرین نشر آیین‌نامه بتن ایران (آبا) باشد.

## ۲-۲ مشخصات مکانیکی

**۲-۲-۱-** فولاد مصرفی برای تیرچه‌ها باید دارای مشخصات زیر باشد :

**۲-۲-۱-۱-** میلگردهای فولادی مورد استفاده، علاوه بر دارا بودن مدول ارتجاعی کافی ، باید جوش پذیر و شکل پذیر بوده و حداقل مجاز تغییر طول نسبی در مرحله گسیختگی را دارا باشند. این میلگردها می‌توانند از نوع ساده یا آجدار انتخاب گردد و باید از فولاد نرم (AI) یا فولاد نیمه سخت (AII) باشند.

**۲-۲-۱-۲-** سایر قطعات، ورق‌ها، نبشی‌ها و ناودانی‌ها باید از نوع فولاد ساختمانی با قابلیت شکل‌پذیری و جوش‌پذیری مناسب باشند.

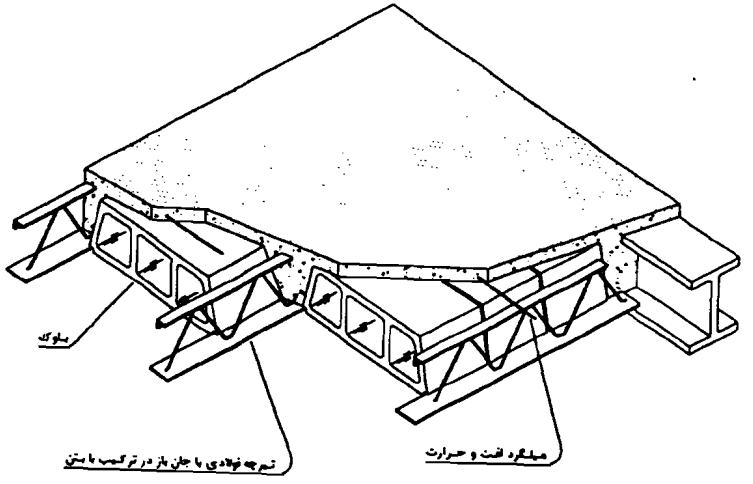
**۲-۲-۱-۳-** فولاد مصرفی در تولید این نوع تیرچه باید با استاندارد ملی شماره ۱٦۰۰ ایران مطابقت کامل داشته باشد.

۲-۲-۱-٤- در میلگردهای افت و حرارت، می‌توان از فولاد سخت (AIII) نیز استفاده نمود.

۲-۲-۱-۵- فولاد کلاف عرضی به جهت امکان جوشکاری به تیرچه‌ها باید از نوع نرم (AI) و یا نیمه سخت (AII) باشد.

۲-۲-۲- جنس بلوکها باید از مصالحی نظیر سفال، بتن یا مصالح سبک دیگر باشد و مواد تشکیل دهنده آنها نباید اثر شیمیایی مخرب بر روی بتن و فولاد داشته باشند.

۲-۲-۳- تمامی مصالح مورد استفاده برای جوشکاری باید دارای حداقل مشخصات فنی مندرج در نشریه شماره ۲۲۸ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور با عنوان "آیین نامه جوشکاری ساختمانی ایران" باشد.




شکل (۲-۱) تیرچه فولادی با جان باز در ترکیب با بتن

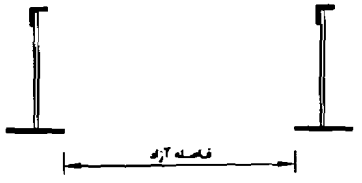


# فصل سوم

# طراحی تیرچه‌های فولادی باجـان باز در ترکیب با بتن

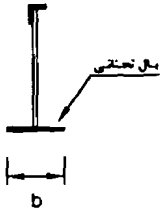
## ۳-۱ محدودیت‌های طراحی

۳-۱-۱- فاصله آزاد تیرچه‌ها نباید از ۷۵ سانتی‌متر تجاوز نماید.




شکل (۳-۱)

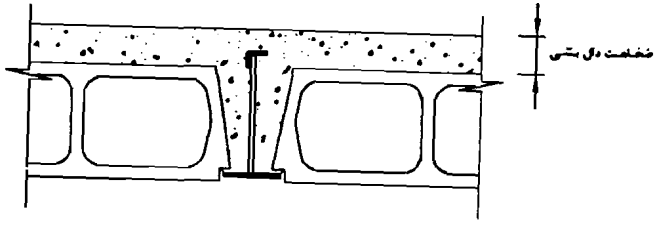
۳-۱-۲- عرض بال تحتانی تیرچه‌ها نباید کمتر از ۱۰ سانتی‌متر ویا دوهفتم ضخامت سقف باشد.




شکل (۳-۲)

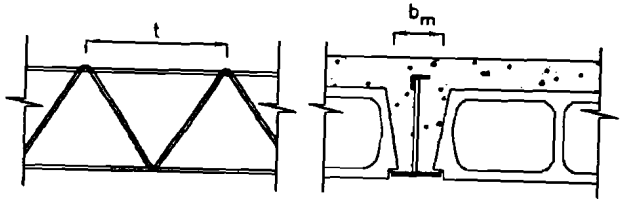
برای دهانه‌های کوچکتر از ٤ متر میتوان حداقل عرض بال تحتانی تیرچه را به ۸ سانتی‌متر تقلیل داد.

**۳-۱-۳-** ضخامت دال بتنی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و یا ۵ سانتی‌متر کمتر باشد.




شکل (۳-۳)

**۳-۱-٤-** سطح مقطع اعضای قطری تیرچه‌ها نباید از ( $0/0015\ b_m t$ ) کمتر اختیار شود که در این رابطه $b_m$ عرض متوسط جان مقطع و t فاصله دو عضو قطری متوالی است.




شکل (۳-٤)



**۳-۱-۵-** قسمت‌هایی از تیرچه که داخل بتن قرار می‌گیرد، نباید رنگ شود.

**۳-۱-٦-** ضخامت ورق‌ها، نبشی‌ها و پروفیل‌هایی که جوشکاری می‌شوند، نباید از ۳ میلی‌متر کمتر باشد.

**۳-۱-۷-** سیستم تیرچه‌های فولادی که مشمول ضوابط فوق نباشند، باید بصورت سیستم تیر و دال یک طرفه طراحی شود( مطابق بند ۳-۱-۸ ).

**۳-۱-۸-** در سیستم‌هایی که از قالب موقت و یا دایم استفاده می‌شود ومشمول بندهای (۳-۱-۱) و (۳-۱-۲) نمی‌شود، محدودیت‌های زیر باید رعایت گردد.

- ضخامت دال فوقانی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و در هرحال از پنج سانتی‌متر کمتر باشد.

- در دال فوقانی باید میلگردهای عمود بر تیرچه‌ها که بر اساس ضوابط مربوط به خمش و با در نظر گرفتن بارهای متمرکز، در صورت موجود بودن طراحی شده‌اند، پیش‌بینی شود. مقدار این آرماتورها نباید کمتر از مقدار مندرج در بند (۲-۱-۳) اختیار شود.

## ۳-۲ بارگذاری

**۳-۲-۱-** بارگذاری این سقف‌ها باید بر اساس ضوابط مندرج در آخرین نشر استاندارد شماره ۵۱۹ ایران باشد.

## ۳-۳ روشهای طراحی

طراحی این سقف‌ها به دو روش انجام می‌گیرد :

- روش طراحی الاستیک (قبل و بعد از گرفتن بتن ) مطابق زیرفصل ۳-٤.
- روش طراحی حد نهایی (بعد از گرفتن بتن ) مطابق زیرفصل ۳-٥.

## ۳-٤ طراحی به روش الاستیک (ارتجاعی)

در این روش، طراحی سقف در دو مرحله و بر اساس بند (۳-٤-۱) و(۳-٤-۲) انجام می‌گیرد.

### ۳-٤-۱- طراحی تیرچه فولادی با جان باز قبل از گرفتن بتن

#### ۳-٤-۱-۱- فرضیات طراحی

۱- تنش‌ها تابع خطی از تغییر شکل‌های نسبی می‌باشند.

۲- بین فولاد و بتن ، لغزش نسبی وجود ندارد(به علت اتصالات جان به بالها).

۳- مقاطع عرضی پس از تغییر شکل تیر، مسطح باقی می‌مانند.

٤- تیرچه‌ها باید به صورت خرپاهای با تکیه‌گاه ساده طراحی شوند.

#### ۳-٤-۱-۲- طراحی اعضای کششی

تنش کششی مجاز ($F_t$) برابر ( ۰/٦ $F_y$ ) می‌باشد. بال تحتانی تیرچه‌ها و اعضای قطری که تنها تحت تنش‌های کششی قرار می‌گیرند، باید بر اساس این تنش مجاز طراحی شوند.

$$F_t = 0.6F_y \qquad (۳-۱)$$

#### ۳-٤-۱-۳- طراحی اعضای فشاری

۳-٤-۱-۳-۱- در اعضای تحت اثر فشار محوری ، در صورتیکه ضریب لاغری حداکثر هر قسمت آزاد آن ($L/r$) ، از مقدار $C_c$ کمتر باشد، تنش فشاری مجاز باید از رابطه (۳-۲) یا (۳-۳) تعیین شود :



$$F_a = \frac{\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{L}{r}\right)^2 .Q.F_y\right]}{\frac{5}{3}+\frac{3}{8}\frac{L/r}{C_c}-\frac{1}{8}\left(\frac{L/r}{C_c}\right)^3} \qquad (۳-۲)$$

$$F_a = \frac{\left(1-0.5\beta^2\right)Q.F_y}{F.S.} \qquad (۳-۳)$$

که در آن $\beta = \frac{L/r}{C_c}$ ، $F.S. = 1.67+0.375\beta-0.125\beta^3$ ، $C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Q.F_y}}$ می‌باشد.

۳-٤-۱-۳-۲- در اعضای فشاری با ضریب لاغری بزرگتر از $C_c$، باید تنش فشاری مجاز، مطابق رابطه (۳-٤) تعیین شود.

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23\left(L/r\right)^2} = \frac{105\times10^5}{\left(L/r\right)^2} \qquad (۳-٤)$$

در روابط فوق ، L فاصله بین گره‌ها برای بالها و طول آزاد مهار نشده اعضای جان می‌باشد و Q ، ضریب شکل است که مطابق بند ۳-٤-۱-۳-۳ تعیین می‌شود.

تنش مجاز بال فوقانی تیرچه‌ها وهمچنین اعضای قطری که تنها تحت تنش‌های فشاری قرار می‌گیرند، در صورتی بر اساس رابطه (۳-۲) تا (۳-٤) قابل محاسبه می‌باشند که فاصله بین گره‌ها کمتر از ٦۰ سانتی‌متر باشد. در غیر اینصورت محاسبات باید مطابق بند (۳-٤-۱-٥) صورت گیرد.

#### ۳-٤-۱-۳-۳- ضریب شکل (Q)

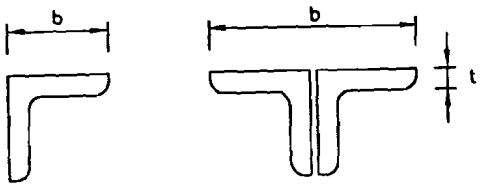
این ضریب بر اساس نسبت عرض به ضخامت قطعات فشاری (b/t) تعیین می شود که برای تک نبشی و مقاطع ساخته شده از جفت نبشی با اتصال بین آنها (لقمه)، از روابط (۳-٥) ،

(۳-۶) و(۳-۷) قابل محاسبه می‌باشد که پارامتر b در این روابط، در شکل(۳-۵) نشان داده شده‌است.

$$\frac{b}{t} \le \frac{637}{\sqrt{F_y}} \qquad : Q = 1 \tag{۳-۵}$$

$$\frac{637}{\sqrt{F_y}} < \frac{b}{t} < \frac{1300}{\sqrt{F_y}} \qquad : Q = 1.34 - 0.000533 \frac{b}{t}\sqrt{F_y} \tag{۳-۶}$$

$$\frac{b}{t} > \frac{1300}{\sqrt{F_y}} \qquad : Q = \frac{1088500}{F_y \left(b/t\right)^2} \tag{۳-۷}$$




شکل (۳-۵)

**تبصره :** استفاده از مقاطع نامتقارن به عنوان بال فوقانی تیرچه مجاز می‌باشد لیکن نظر به اینکه روابط مربوط به کمانش بر اساس متقارن‌بودن بال فوقانی نسبت به محور تیرچه می‌باشد و احتمال رخ دادن کمانش موضعی و جانبی تا قبل از تکمیل پوشش وجود دارد، در صورت استفاده از مقاطع نامتقارن باید تدابیر لازم برای مهار کافی تیرچه‌ها و جلوگیری از کمانش آنها در حین اجرا و قبل از گرفتن بتن صورت پذیرد. بنابراین پس از اتمام اجرای سقف و گرفتن بتن، کمانش عضو فوقانی مطرح نمی‌باشد.



**۳-٤-۱-٤- طراحی اعضای خمشی**

تنش مجاز برای اعضای خمشی بدون نیروی فشاری باید بر اساس روابط (۳-۸) تا (۳-۱۱) محاسبه شوند.

الف – برای بالها

$$F_b = 0.6F_y \tag{۳-۸}$$

ب – برای اعضای جان ساخته شده از میلگرد

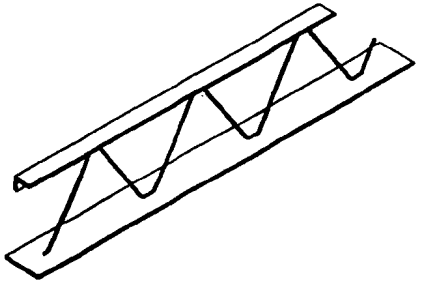
$$F_b = 0.9F_y \tag{۳-۹}$$

ج – برای اعضای جان ساخته شده از مقاطع غیرمیلگرد

$$F_b = 0.9F_y \tag{۳-۱۰}$$

د- برای ورقهای نشیمن

$$F_b = 0.75F_y \tag{۳-۱۱}$$



شکل (۳-۶)

**۳-٤-۱-٥- طراحی اعضای فشاری – خمشی**

در صورتیکه فاصله بین گره‌ها مساوی و یا بیشتر از ۶۰ سانتی‌متر باشد، اعضای فوقانی تیرچه‌ها باید به نحوی طراحی شوند که رابطه (۳-۱۲) در گره‌ها و رابطه (۳-۱۳) بین دوگره برقرار شود.

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_b}{0.6F_y} \le 1 \qquad (۱۲-۳)$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m . f_b}{\left(1 - f_a/F_e\right) . Q . F_b} \le 1 \qquad (۱۳-۳)$$

ضریب $C_m$ در رابطه (۳-۱۳) برای اعضای کناری از رابطه (۳-۱٤) و برای اعضای میانی تیرچه‌ها از رابطه (۳-۱۵) بدست می‌آید.

$$C_m = 1 - 0.3\left(f_a/F_e\right) \qquad (۱٤-۳)$$

$$C_m = 1 - 0.4\left(f_a/F_e\right) \qquad (۱۵-۳)$$

در این روابط تنش مجاز اولر ($F_e$) از رابطه (۳-۱٦) محاسبه می گردد.

$$F_e = \frac{12\pi^2 E}{23\left(L/r\right)^2} \qquad (۱٦-۳)$$

در رابطه (۳-۱٦) ، L فاصله بین گره‌ها می‌باشد.

**۳-٤-۱-٦- محدودیت‌های لاغری اعضا**

ضریب لاغری (L/r) در اعضای میانی و کناری بال‌ها ، همچنین در اعضای فشاری و کششی جان تیرچه نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید.

| | |
|---|---|
| در اعضای میانی بال فوقانی | ۹۰ |
| در اعضای کناری بال فوقانی | ۱۲۰ |
| در اعضای فشاری جان | ۲۰۰ |
| در اعضای کششی | ۲٤۰ |



**۳-٤-۱-۷- ضوابط ویژه اعضای جان تیرچه‌ها (کنترل برش )**

حداقل نیروی برشی قائم که برای اعضا باید در نظرگرفته‌شود. نباید از ۲۵ درصد عکس العمل تکیه‌گاهی کمتر باشد.

اثر خروج از مرکزیت مطابق بند (۳-٤-۱-۸-۳) باید در نظرگرفته‌شود. در مواردیکه اعضای جان تیرچه‌ها تحت اثر ترکیب تنش‌های فشاری و خمشی قرارگیرند. باید بر اساس بند (۳-٤-۱-۵) طراحی‌گردند. در حالتی که خمش در این اعضا، موجب انحنای دوطرفه آنها گردد، ضریب $C_m$ معادل ۰/٤ در نظرگرفته‌می‌شود.

**۳-٤-۱-۸- اتصالات**

اتصالات اعضای تیرچه‌ها و نیز اتصال قطعات و یا وصله‌ها باید با جوش الکتریکی و بر اساس ضوابط مندرج در نشریه شماره ۲۲۸ دفتر امورفنی‌وتدوین‌معیارهای سازمان‌مدیریت و برنامه‌ریزی کشور باشد.

**۳-٤-۱-۸-۱- مقاومت جوش**

اتصالات جوش اعضا باید بتواند حداقل دو برابر بار طراحی تیرچه‌ها را تحمل نماید.

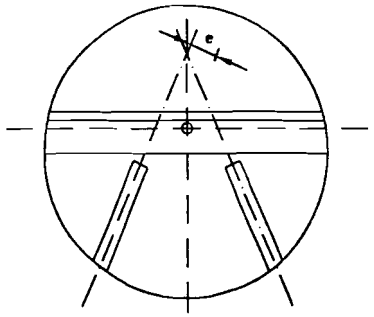
**۳-٤-۱-۸-۲- وصله**

اتصال دو پروفیل بصورت وصله درهرنقطه از بال مجاز است. وصله بصورت جوش سر به سر در اعضای کششی باید بتواند حداقل مقاومتی معادل $1/14\ F_y \times A$ را از خود نشان دهد که در آن A کل سطح مقطع عصو وصله شده می‌باشد.

**۳-٤-۱-۸-۳- خروج از مرکزیت (e)**

محورهای ماربر مرکز سطح مقطع اعضای یک گروه باید حتی‌المقدور در یک نقطه تلاقی داشته باشند، در حالتی که خروج از مرکزیت اعضای جان تیرچه‌ها(e) ، مطابق شکل (۳-۷)، از سه‌چهارم بعد بزرگترین عضوی که به گره وارد می‌شود (این بعد در صفحه جان اندازه‌گیری

می‌شود)، تجاوز نماید، اثر آن بصورت لنگر خمشی در انتهای اعضا باید منظورگردد. انتهای تیرچه‌ها باید برای مقابله با لنگر ناشی از خروج از مرکزیت تکیه‌گاه‌ها طراحی شود.




**شکل (۳-۷) خروج از مرکزیت**

### ۳-٤-۲- طراحی مرحله دوم بعد از گرفتن بتن

در این مرحله مقطع مرکب شامل تیرچه فولادی و بتن باید تلاشهای ناشی از تمام بارهای وارده به سقف (قبل و بعد از گرفتن بتن ) را تحمل کند.

#### ۳-٤-۲-۱- تعیین ابعاد هندسی مقطع مرکب

##### ۳-٤-۲-۱-۱- عرض موثر

عرض موثر دال بتنی $b_e$ در هر سمت تیرچه باید از مقادیر زیر بزرگتر انتخاب شود.

- یک هشتم طول دهانه تیرچه
- نصف فاصله محور به محور دو تیرچه مجاور
- فاصله محور تیرچه تا لبه دال بتنی

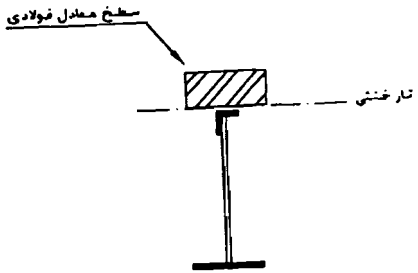


#### ۳-٤-۲-۲- محاسبه اینرسی و اساس مقطع مرکب ($S_u$)

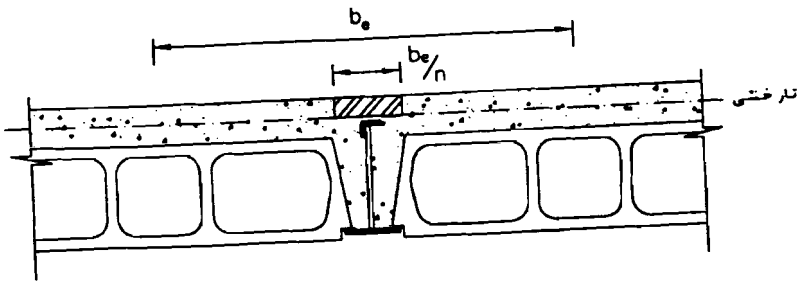
محاسبه اینرسی و اساس مقطع مرکب در مرحله دوم باید مطابق با تئوری ارتجاعی و با صرفنظر کردن از مقاومت کششی بتن محاسبه گردد. در این روش ، ناحیه فشاری بتن باید با یک سطح معادل فولادی جایگزین گردد که عرض موثر آن از تقسیم عرض موثر تیرچه مرکب موضوع بند (۳-٤-۱-۱) بر n بدست می‌آید. ضریب n و مدول الاستیسیته بتن $E_c$ از روابط (۳-۱۷) و(۳-۱۸) بدست می آید. شکل (۳-۸)و(۳-۹)

$$n = \frac{E_s}{E_c} \qquad (۳-۱۷)$$

$$E_c = 15100\sqrt{f_c} \qquad (۳-۱۸)$$




**شکل (۳-۸) مقطع معادل در محاسبات تنش**




**شکل (۳-۹) عرض موثر**

**۳-٤-۲-۳- کنترل تنش‌ها**

در این مرحله تنشهای ایجاد شده، نباید از مقادیر زیر تجاوز کند.

۰/٦٦ $F_y$ = تنش کششی در فولاد

۰/٤٥ $f_c$ = تنش فشاری مجاز در بتن

در این مرحله مقاومت فشاری بتن، باید حداقل به ٪۷۵ مقاومت مشخصه خود رسیده باشد( از مقاومت کششی بتن صرفنظرمی‌شود).

اساس مقطع مرکب ($S_u$) نیز باید به نحوی طراحی شود که در رابطه (۳-۱۹) صدق نماید.

$$S_u < (1.35 + 0.35\frac{M_D}{M_L}).S_b \qquad (۳-۱۹)$$

در رابطه (۳-۱۹)، $M_L$، لنگرخمشی ناشی از بار زنده و $M_D$، لنگرخمشی ناشی از وزن تیرچه فولادی، وزن بتن مرطوب ، قالب‌ها و عوامل اجرایی می‌باشد. اساس‌مقطع تیرچه فولادی ($S_b$) براساس رابطه (۳-۲۰) بدست می‌آید.

$$S_b = \frac{M_D}{0.6F_y} \qquad (۳-۲۰)$$

مطابق رابطه (۳-۱۹)، مجموع تنش‌های ایجادشده درعضو تحتانی‌تیرچه فولادی ناشی از تمامی بارهای ثقلی تیرچه ، وزن مرده دال بتنی و بار زنده، باید کمتر از ۰/۹ $F_y$ باشد.

## ۳-۵- طراحی به روش حدنهایی (بعد از گرفتن بتن )

در این روش نیز طراحی سقف در دومرحله انجام می‌گیرد. مرحله اول طراحی (قبل از گرفتن بتن)،مشابه روش الاستیک می‌باشد. در مرحله‌دوم، تنش فشاری بتن در ناحیه فشاری موثر، معادل با ۰/۸۵ $f_c$ در نظر گرفته شده و از ظرفیت کششی بتن صرفنظرمی‌شود. تنش فولاد در ناحیه کششی و فشاری بصورت یکنواخت و معادل با $F_y$ فرض‌می‌شود.

نامساعدترین ترکیب بارهای نهایی به شرح زیر است :

۱/٤ DL (۳-۲۱)

۱/۲ DL + ۱/٦ LL



این روش براساس مقاومت نهایی بتن و فولاد مقطع می‌باشد و ظرفیت باربری مقطع، تشکیل بلوک مستطیلی در بتن و رسیدن به حد جاری شدگی در فولاد، مطابق روش طراحی حدنهایی پیش‌بینی می‌گردد. ضرایب افزایش بار و کاهش مقاومت، باید مطابق آیین‌نامه بتن ایران باشد.

### ۳-۵-۱- ظرفیت خمشی مقطع مرکب

ظرفیت خمشی مقطع مرکب ($\phi_b M_n$) بستگی به موقعیت تار خنثی در ضخامت دال و یا خارج از آن دارد و به ترتیب مطابق بندهای (۳-۵-۱-۱) و(۳-۵-۱-۲) قابل محاسبه می‌باشد. ظرفیت خمشی مقطع مرکب باید بیشتر از لنگر خمشی ناشی از بارهای ضریب‌دار مرده و زنده تیرچه با اتصال ساده باشند. در رابطه (۳-۲۲) برای مقاومت فشاری مشخصه بتن تا ۳۰۰ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع، $\phi_b$ = ۰/۸۵ می‌باشد.

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi_b} \qquad (۳-۲۲)$$

۳-۵-۱-۱- اگر تار خنثی در ضخامت دال بتنی قرارگیرد، ظرفیت خمشی تیر از رابطه (۳-۲۳) بدست می‌آید.

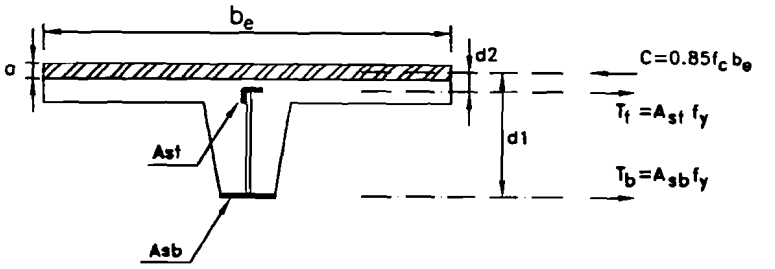
$$M_n = (A_{sb}d_1 + A_{st}d_2).F_y \qquad (۳-۲۳)$$

در این رابطه ، $A_{sb}$ سطح مقطع بال تحتانی و $A_{st}$ سطح مقطع بال فوقانی ، $d_1$ ، فاصله مرکز فولاد بال تحتانی ($A_{sb}$) از مرکز منشوری فشاری بتن و $d_2$ ، فاصله مرکز فولاد بال فوقانی ($A_{st}$) تا مرکز منشوری فشاری بتن می‌باشد.

a ، عمق بلوک تنش مستطیلی بتن، که در شکل (۳-۱۰) نشان داده‌شده‌است. از رابطه (۳-۲٤) بدست می‌آید.

$$a = \frac{(A_{st} + A_{sb}).F_y}{0.85 f_c.b_e} \qquad (۳-۲٤)$$

در رابطه (۳-۲٤) ، $b_e$ عرض موثر بتن است .



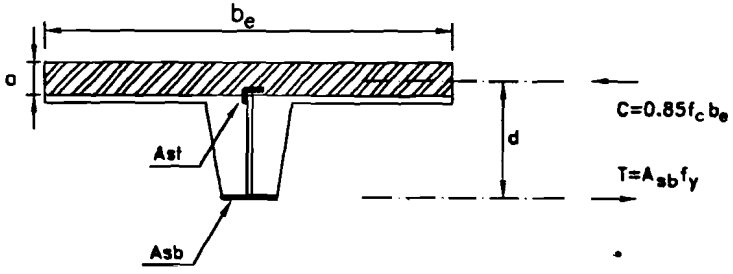

شکل (۳-۱۰)

**۳-۵-۱-۲-** اگر تارخنثی، خارج از ضخامت دال بتنی قرارگیرد، می‌توان برای سادگی از وجود بال فوقانی در محاسبات صرفنظرکرد. در این‌حالت می‌توان از روابط (۳-۲۵) و (۳-۲٦) استفاده کرد.

$$a = \frac{A_{sb}.F_y}{0.85 f_c.b_e} \qquad (۳-۲۵)$$

$$M_n = A_{sb}.F_y.d \qquad (۳-۲٦)$$

در این روابط، $A_{sb}$ ، سطح مقطع بال تحتانی، d ، فاصله مرکز فولاد بال تحتانی ( $A_{sb}$ ) تا مرکز منشوری فشاری بتن و a ، عمق بلوک تنش مستطیلی بتن است که در شکل (۳-۱۱) نشان داده شده است.




شکل (۳-۱۱)



## ۳-٦- کنترل برش در تیرچه

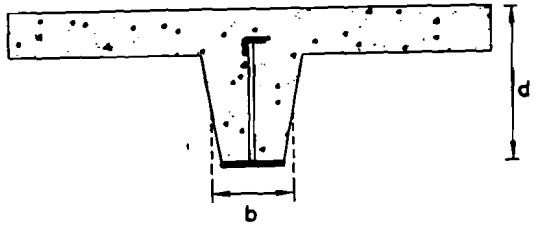
حداکثر تلاش برشی موجود در مقطع تیرچه پس از گرفتن بتن، باید از ظرفیت برشی مجاز مقطع ($V_r$) که از رابطه (۳-۲۷) بدست می‌آید. کمتر باشد.

$$V_r = V_c + V_j \qquad (۳-۲۷)$$

در این رابطه، $V_c$ ، ظرفیت برشی مجاز بتن است که از رابطه (۳-۲۸) بدست می‌آید و $V_j$ ، ظرفیت محوری عضو جان تیرچه است که با توجه به تنش‌های مجاز کششی و فشاری، مطابق بند (۳-٤) قابل محاسبه‌می‌باشد. در محاسبه $V_j$ می‌توان تنش مجاز فشاری وکششی در اعضای جان را معادل ۰/٦٦ $F_y$ در نظرگرفت. در این‌صورت اتصال اعضای فوق به بال تیرچه، باید تحمل نیروی حاصل از تنش بار فوق را داشته باشد.

$$V_c = 0.31\sqrt{f_c}.b.d \qquad (۳-۲۸)$$

در رابطه (۳-۲۸) ، d و b به ترتیب عبارتند از ارتفاع بتن در تیرچه و عرض متوسط بتن در جان تیرچه، شکل (۳-۱۲).




شکل (۳-۱۲)

### ۳-۶-۱- ظرفیت برشی افقی لازم در اتصال اعضای جان به بال تیر مرکب

جوش اتصال اعضای جان به بال تیرچه‌ها، باتوجه به مقاومت مجاز جوش باید حداقل مجموع ظرفیت برشی افقی ( $\frac{A_s.F_y}{2}$ ) را در فاصله لنگرخمشی حداکثر و لنگرخمشی صفر، داشته باشند. جوشکاری باید در کارگاه تولید تیرچه ومطابق با استاندارد ملی ایران و نشریه ۲۲۸ دفتر امورفنی‌وتدوین‌معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور اجراگردد.

### ۳-۶-۲- بعد جوش

بعد جوش میلگردجان به ورقهای بال، $\frac{d}{2}$ منظور می‌شود (d قطر میلگردجان می‌باشد).

## ۳-۷- کنترل افتادگی

افتادگی تیرچه‌ها ناشی از بار زنده نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید.

سقف‌ها: $\frac{1}{360}$ دهانه

بام‌ها:

الف) $\frac{1}{360}$ دهانه، برای مواردی که زیر سقف نازک‌کاری شده و یا از سقف کاذب استفاده می‌شود.

ب ) $\frac{1}{240}$ دهانه، برای دیگر موارد.

تیرچه‌ها می‌توانند دارای افتادگی تا $\frac{1}{150}$ دهانه، باشند.

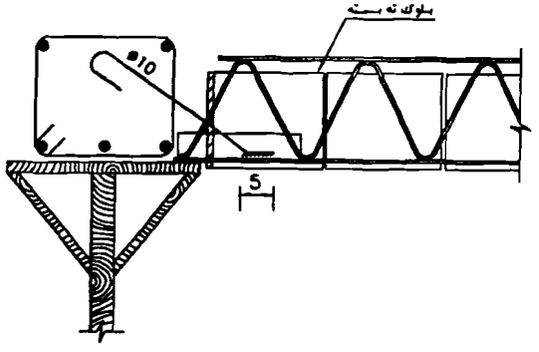
## ۳-۸- اتصال تیرچه‌ها به تکیه‌گاه

تکیه‌گاه تیرچه‌ها می‌تواند بتنی، فولادی و یا از مصالح بنایی باشد.

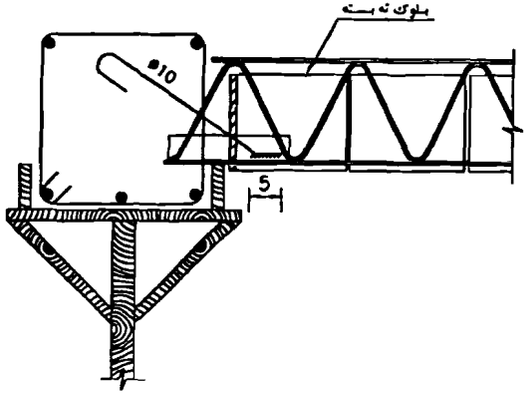


### ۳-۸-۱- تکیه‌گاه با مصالح بنایی و بتن

انتهای تیرچه باید حداقل به اندازه ۱۰ سانتی‌متر داخل کلاف بتنی افقی یا تیر بتنی قرارگیرد. در مواردی که تیرچه روی تیر یا شناژ بتنی قرار می‌گیرد، جزئیات اتصال آن می‌تواند مطابق شکل‌های (۳-۱۳) و (۳-۱٤) باشد.



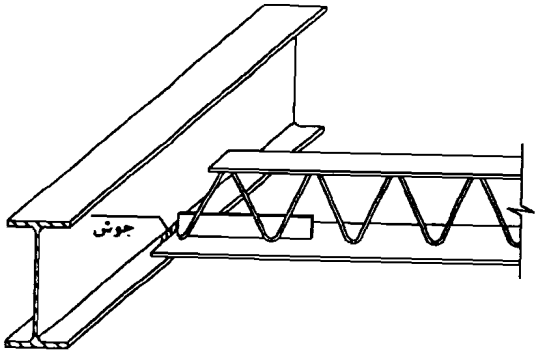

شکل (۳-۱۳)




شکل (۳-۱٤)

### ۳-۸-۲- تکیه‌گاه فولادی

اندازه نشیمن تیرچه از لبه تکیه‌گاه فولادی به سمت داخل، باید از طریق محاسبات تعیین‌شود، اما توصیه می‌شود، در هیچ حالتی کمتر از دو سانتی‌متر نباشد. برای اطمینان در هنگام نصب و همچنین یکپارچگی سقف و اسکلت، انتهای تیرچه باید به تکیه‌گاه جوش‌شود. طول این جوش حداقل ۵ سانتی‌متر و بعد آن حداقل ۳ میلی‌متر است، شکل (۳-۱۵).




**شکل (۳-۱۵) جزئیات اتصال تیرچه به تکیه‌گاه فولادی**



# فصل چهارم

# اجرای سقف‌های متشکل از تیرچه‌های فولادی باجـــان باز در ترکیب با بتن

## ٤-۱ مراحل اجرای سقف

مراحل اجرای سقف با سیستم تیرچه‌های با جان باز و بلوک به شرح زیر می‌باشد:

۱- حمل و انبار نمودن مصالح تشکیل‌دهنده سقف
۲- اندازه‌گیری تیرچه‌ها
۳- بالابردن ، نصب و جوشکاری تیرچه‌ها
٤- بلوک‌چینی
۵- اجرای کلاف‌های عرضی
٦- قالب‌بندی
۷- بلوک‌چینی در نقاطی که استفاده از بلوک کامل میـــر نمی‌باشد
۸- اجرای آرماتورهای افت و حرارت
۹- کنترل اجرا و آماده‌سازی برای بتن‌ریزی
۱۰- ساخت و انتقال بتن
۱۱- بتن‌ریزی
۱۲- پرداخت سطح بتن
۱۳- عمل‌آوری بتن

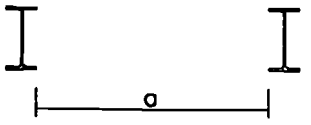
از آنجا که مراحل اجرای این سیستم سقف با اجرای سیـــستم سقف تیرچه و بلوک شباهت دارد لذا از ذکـــر مجدد مطالب صرفنظر شده و مـوارد مشـــابه به فصول مختلف نشریه شماره ۸۲

دفترامورفنی‌وتدوین‌معیارهای سازمان‌مدیریت‌وبرنامه‌ریزی‌کشور با عنوان "راهنمای اجرای سقف‌های تیرچه و بلوک" رجوع داده‌می‌شود.

برای حمل و انبار نمودن مصالح به بخش ۲-۱ ، برای بلوک‌چینی به بخش ۲-٤ و برای بحث کنترل اجرا، ساخت و انتقال بتن، بتن‌ریزی، پرداخت وعمل‌آوری بتن به ترتیب به بخش‌های ۲-۷ ، ۲-۸ ، ۲-۹، تا ۲-۱۲ از نشریه شماره ۸۲ مراجعه شود.

## ٤-۲ اندازه‌گیری

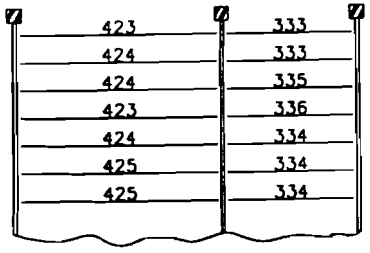
برای اندازه‌گیری تیرچه‌های مورد نیاز باید فاصله لب به لب بال تحتانی تیرهایی را که تیرچه‌ها بر روی آن قرار می‌گیرند، اندازه‌گیری نمود و به اندازه ٤ تا ٦ سانتیمتر به طول مورد نظر افزود ( a +٦ ). درمورد تیرهایی که دارای بال تحتانی پهن می‌باشند، می‌توان این اندازه را به تناسب افزایش داد، شکل (٤-۱).




شکل (٤-۱)

برای جلوگیری از بروز اشتباه هنگام نصب تیرچه‌ها، تهیه کروکی از تیرها و تیرچه‌ها با ذکر اندازه‌های موردنظر توصیه می‌شود. شکل (٤-۲).



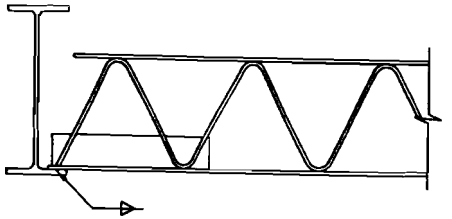



شکل (٤-۲)

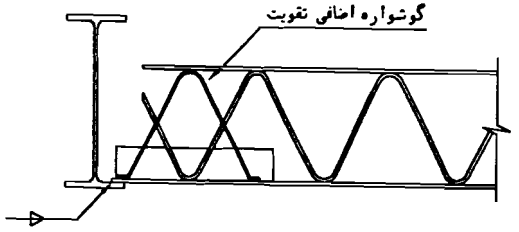
برای صرفه‌جویی در مصرف تیرچه‌ها در کناره تیرهای فرعی، درصورتی‌که فاصله لبه آخرین بلوک تا تیر فرعی کمتر از ۱۲ سانتیمتر باشد، به جای تیرچه از یک تسمه به عرض مناسب (تسمه کنار پل) استفاده می‌شود. این تسمه به تیر فرعی جوش شده و لبه بلوک انتهایی روی آن قرار می‌گیرد. در اینصورت تیر فرعی باید برای باربری قائم مورد کنترل قرارگیرد.

## ٤-۳ بالابردن، نصب و جوشکاری تیرچه‌ها

قبل از نصب تیرچه‌ها باید اختلاف سطح سقف‌های ساختمان، محل طره‌ها، تیغه‌بندی روی سقف‌ها، بازشوها و محل عبور لوله‌های بخاری وغیره، به دقت مورد بازبینی و کنترل قرارگیرد. همچنین قبل از بکارگیری هر تیرچه باید نسبت به سلامت ظاهری بویژه کیفیت ظاهری جوشها، کنترل‌های لازم انجام شود. درصورتی‌که طول تیرچه‌ها بزرگتر از اندازه لازم باشد، طول اضافی میلگردها و اعضای بال فوقانی و تحتانی بریده شده و پس از قرارگیری تیرچه‌ها در محل مناسب، دو طرف تیرها بر اساس جزئیات اجرایی تقویت‌شده و به تیرهای اصلی براساس نوع تکیه‌گاه متصل می‌گردد، شکل‌های (٤-۳ و ٤-٤ و ٤-۵).

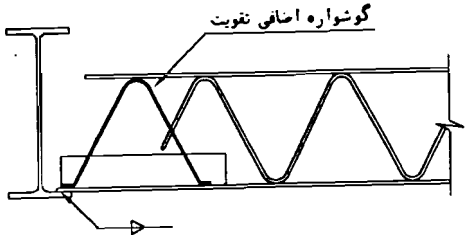


**شکل(٤-۳) نحوه اتصال تیرچه به تیرفولادی بدون نیاز به تقویت**



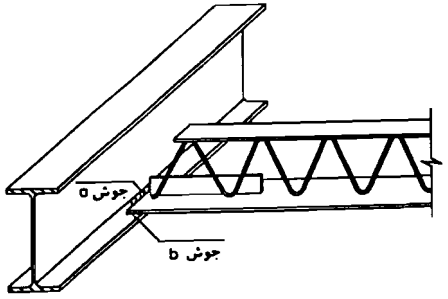

**شکل (٤-٤) نحوه اتصال تیرچه به تیرفولادی با تقویت گوشواره**






**شکل (٤-٥) نحوه اتصال تیرچه به تیرفولادی با تقویت گوشواره**

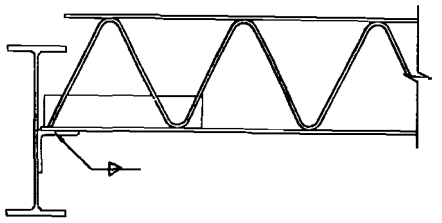
٤-۳-۱- حداقل طول جوش در هرطرف تیرچه ٥ سانتی‌متر می‌باشد. شکل(٤-٦).




شکل(٤-٦)

٤-۳-۲- بال فوقانی تیرچه‌ها نباید به تیرهای نشیمن جوش شود.

**٤-٣-٣-** درصورتی‌که بال تحتانی تیرچه‌ها بالاتر از بال تحتانی تیر اصلی باشد، باید تکیه‌گاه مناسبی بر روی جان تیر اصلی تعبیه گردد. برای این منظور استفاده از نبشی نشیمن مناسب است. طول نشیمن باید حداقل ۲ سانتی‌متر بزرگتر از عرض بال تحتانی باشد. شکل(٤-٧).

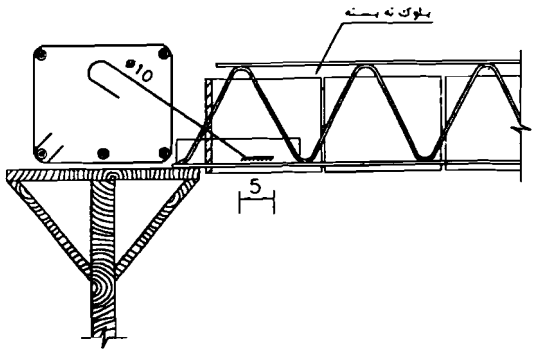


**شکل(٤-٧)**

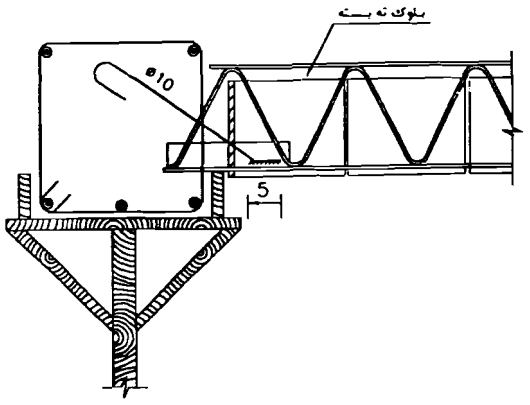
**٤-٣-٣-** در سازه‌های بتنی، نحوه کارگذاری و اتصال تیرچه با تیرهای بتنی باید به گونه‌ای باشد که بال تحتانی تیرچه‌ها روی قالب چوبی یا فلزی زیر تیر قرارگیرد، شکل(٤-٨). در مورد تیرهای بتنی با ارتفاع بیشتر از تیرچه (آویز) نیز باید تیرچه‌ها به داخل تیر بتنی امتدادیافته و روی لبه آویز قالب قرارگیرد، شکل ٤-٩).

در تیرهای بتنی باید کنترل لازم جهت انتقال برش انجام‌گرفته و بر اساس نیروهای وارده از طریق تعبیه نبشی اتصال برشی و یا میلگرد برشی، مقاومت برشی لازم تامین گردد، شکل(٤-١٠).

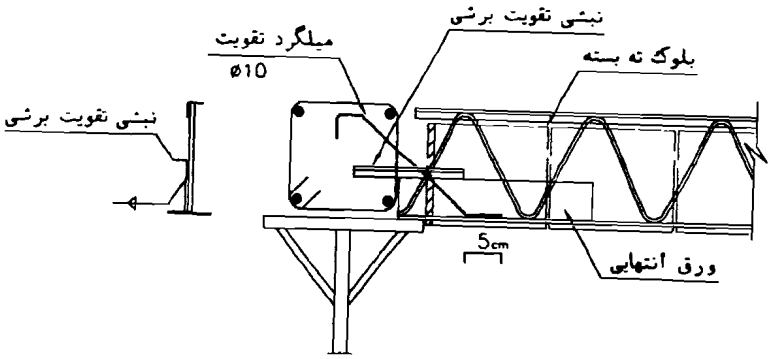





**شکل(٤-٨)**




**شکل(٤-٩)**




شکل(٤-١٠)

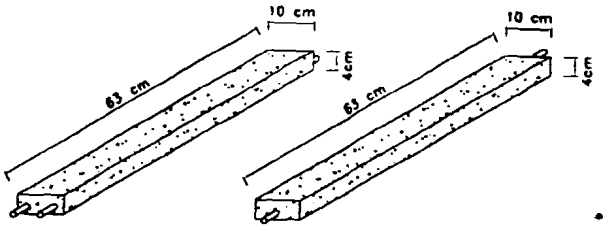
## ٤-٤ اجرای کلاف‌های عرضی

اجرای کلاف‌های عرضی به دو صورت امکان‌پذیراست:

**٤-٤-١- اجرای کلاف عرضی با استفاده از قالب آماده**

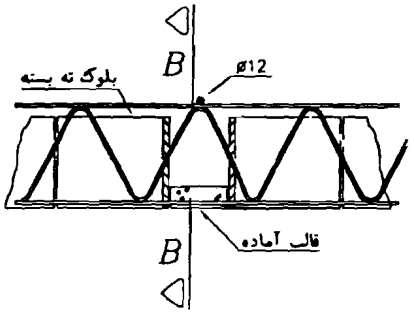
دراین‌روش از قالب‌های بتنی آماده، شکل(٤-١١)، در قسمت تحتانی و یک میلگرد به قطر حداقل ۱۲ میلی‌متر که کاملاً مستقیم و بدون خم باشد. در قسمت فوقانی مطابق شکل استفاده می‌شود، شکل‌های (٤-١٢ و٤-١٣).

توجه‌شودکه میلگردهایی‌که از قالب بتنی کلاف عرضی خارج شده‌اند، باید به بال تحتانی کاملاً جوش شوند.

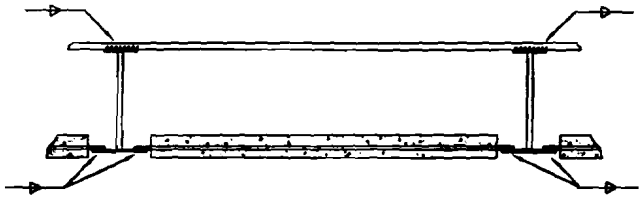



شکل(٤-١١)





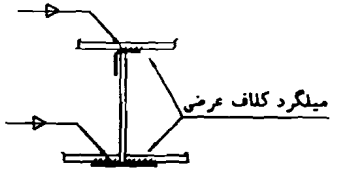

شکل(٤-١٢)



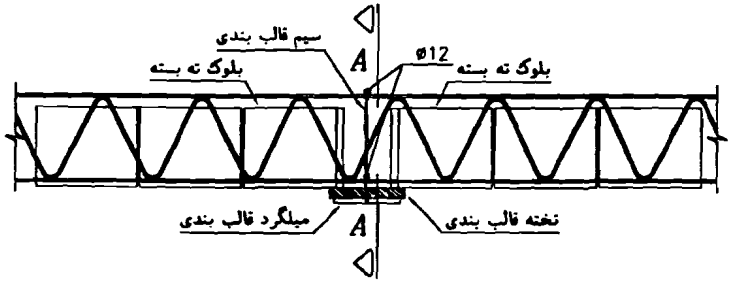

شکل(٤-١٣)

**٤-٤-٢- اجرای کلاف عرضی بوسیله قالب‌بندی**

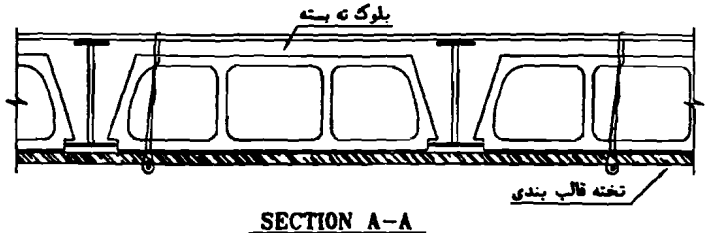
دراین‌روش از یک میلگرد در قسمت پایینی استفاده شده و به بال تحتانی تیرچه‌ها جوش می‌شود و میلگرد فوقانی کلاف عرضی مانند روش فوق به بال فوقانی جوش می‌شود، شکل(٤-١٤). برای قالب‌بندی کلاف عرضی از تخته‌هایی به عرض حداقل ۱۲ سانتیمتر و ضخامت ۲ سانتیمتر استفاده میشود. اجرای خوب قالب باعث زیبایی سقف خواهدشد، شکل‌های (٤-١٥ و٤-١٦).




شکل(٤-١٤)




شکل(٤-١٥)




SECTION A-A

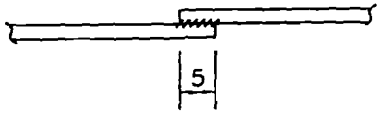
شکل(٤-١٦)



هنگام جوشکاری میلگرد کلاف عرضی، باید دقت شود که تیرچه در اثر جوش آسیب نبیند. اگر میلگرد کلاف عرضی کوتاه باشد، لازم است همپوشانی(Over lap) آن را با قراردادن میلگردها کنار یکدیگر و جوشکاری به طول حداقل ۵ سانتیمتر تامین‌کرد، شکل(٤-١٧).

در صورت وجود تیرهای فرعی بین ستونی (Tie)، میلگردهای کلاف عرضی به آنها نیز جوش می‌شوند. لازم است در دهانه‌های ۳ تا ۵/۵ متر از یک ردیف و دهانه‌های بیش از ۵/۵ متر از ۲ ردیف کلاف عرضی استفاده شود.

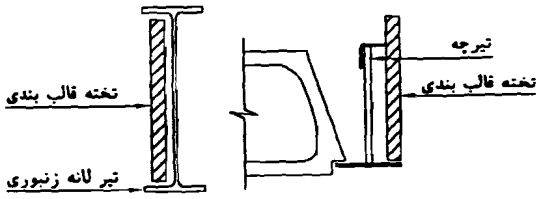
**توجه:** استفاده از کلاف عرضی در تمام دهانه‌ها الزامی می‌باشد. برای دهانه‌های کوچکتر از ۳ متر تنها نصب میلگرد و جوش دادن آن به تیرچه‌ها کفایت می‌کند و نیازی به ایجاد فاصله بین بلوک‌ها برای نفوذ بتن(کلاف عرضی پنهان) نیست.




شکل(٤-١٧)

## ٤-٥ قالب‌بندی

برای قالب‌بندی از تخته‌هایی به عرض ۱۲ تا ۲۰ سانتی‌متر وضخامت ۲ سانتیمتر استفاده می‌شود. برای جلوگیری از خروج بتن از کناره‌های تیرهای لانه‌زنبوری یا دیگر فضاها باید از تخته قالب‌بندی استفاده نمود. تخته‌ها باید بعد از بسته‌شدن کاملاً محکم باشند، به نحوی که فشار زیاد بتن‌ریزی را تحمل نمایند، شکل(٤-١٨).



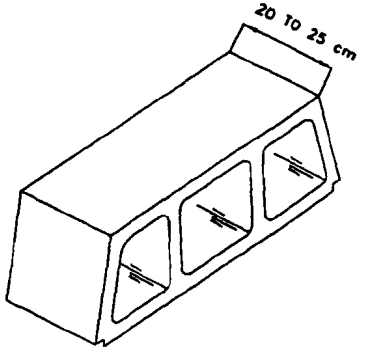

شکل(٤-١٨)

به‌علت افتادگی وسط تیرچه‌ها، قالب زیر کلاف عرضی درجایی‌که به تیرهای فرعی ساختمان می‌رسد، بالاتـر می‌ایستد. بهتـر است در این نقطه قالب چوبی بریده‌شده و دوباره بعد از تیرفرعی ادامه یابد.

## ٤-٦ بلوک‌چینی در نقاطی که استفاده از بلوک کامل میسر نمی‌باشد

بعد از بلوک‌چینی وقالب‌بندی، فاصله‌ای بین قالـب و بلـوک در پـایین قالـب و پـایین تیرهـا و بلوک‌ها بوجود می‌آید. مهارت و ابتکارعمل مجری چگونگی چیدن بلوک‌ها را تعیین مـی‌کنـد، به ترتیبی که فضاهای خالی حداقل باشد. برای پرکـردن ایـن فضـای خـالی بایـد از بلـوک بـه عرض‌های مختلف استفاده‌کرد. برای پوشش قسمت‌های مـورب نیـز بایـد از بلـوک‌هـایی کـه متناسب با شکل و اندازه محل مورد نظر بریده می‌شوند، استفاده‌کرد. چیدن خرده بلـوک بـرای پرکردن این فواصل ممنوع است.






شکل(٤-١٩)

## ٤-٧ اجرای آرماتور افت و حرارت

میلگردهای افت و حرارت که به فواصل ٣٠ سانتی‌متر عمود بر تیرچه‌ها اجرا می‌شوند، می‌توانند از میلگرد به قطر ٦، ٨ یا ١٠ میلی‌متر باشند. اتصال این میلگردها به تیرچه‌ها با سیم یا جوش خواهدبود. میلگردهای افت و حرارت را بویژه اگر از حلقه کلاف باز شده، باید تحت کشش قرار داده، صاف نمود وطوری به تـسمه فوقانی تیرچه متصل کرد که هنگام بتن‌ریزی از بتن بیرون نمانده ویا تغییرمکان ندهند. برای این اتصال به جای بستن با سیم بهتر است از جوشکاری استفاده نمود. این امر در دهانه‌های بزرگ ضرورت بیشتری دارد.

## ٤-٨ سیاهه‌وارسی (Check List)

سیاهه‌وارسی نظارتی اجرای سقف متشکل از تیرچه‌های فولادی با جان باز درترکیب با بتن، باید اطلاعات زیر را دارا باشد.

**الف- مشخصات پروژه**

۱- تاریخ تهیه سیاهه‌وارسی :

۲- نام پروژه :

۳- نشانی محل پروژه :

٤- نام دستگاه اجرایی یا مالک ساختمان :

٥- نام مهندس محاسب یا مشاور سازه :

٦- نام مهندس ناظر یا دستگاه نظارت :

۷- نام پیمانکار سقف :

۸- تعداد طبقات :

۹- مساحت هرطبقه :

۱۰- شمارهٔ طبقه سقف در حال اجرا :

۱۱- نوع سازه ساختمان : فلزی ☐ بتنی ☐ بنایی ☐

**ب- مشخصات سقف در حال اجرا هنگام بازدید**

۱۲- نوع سقف : تیرچه بلوک ☐ تیرچه با قالبهای موقت (سقف مرکب) ☐

۱۳- وضعیت نصب و جوشکاری تیرچه‌ها : مناسب ☐ نامناسب ☐

۱٤- وضعیت بلوک‌چینی : مناسب ☐ نامناسب ☐

۱٥- وضعیت قالب‌بندی : مناسب ☐ نامناسب ☐

۱٦- وضعیت میلگردهای حرارتی : مناسب ☐ نامناسب ☐

۱۷- وضعیت بتن‌ریزی : مناسب ☐ نامناسب ☐



**ج- مشخصات تیرچه های فولادی با جان باز**

۱۸- ارتفاع تیرچه‌ها :

۱۹- بزرگترین طول تیرچه بکار رفته :

۲۰- درصد تیرچه‌های باطول نامناسب :

۲۱- نوع نقص در تیرچه‌ها :

پیچش ☐ خمیدگی ☐ جوشکاری نامناسب ☐ نقص‌گوشواره ☐

انحنای جانبی ☐ سایر(با ذکر موارد) ☐ :

۲۲- متوسط طول جوش تیرچه‌ها :

۲۳- کیفیت جوش تیرچه‌ها به تیرهای اصلی :

۲٤- متوسط نشیمن تیرچه‌ها روی تیرهای اصلی :

۲٥- کیفیت نصب و اجرای تیرچه‌ها :

**د- بلوک چینی**

۲٦- درصد دورریز بلوک :

۲۷- درصد شکستگی بلوکهای نصب شده :

۲۸- درصد بلوک‌های جا نیافتاده :

۲۹- متوسط طول نشیمن بلوک نصب شده :

۳۰- یکنواختی زیر سقف : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

**ه - کلاف عرضی**

۳۱- نوع کلاف عرضی : قالب آماده ☐ با روش قالب‌بندی ☐

۳۲- کیفیت جوش میلگرد به تیرچه : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

۳۳- کیفیت کلاف عرضی : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

۳٤- کیفیت قالب‌بندی : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

۳٥- قطر میلگرد فوقانی :

۳٦- قطر میلگرد تحتانی :

۳۷- عرض متوسط کلاف عرضی :

۳۸- کیفیت اجرا : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

**و- میلگردهای افت و حرارت**

۳۹- نوع میلگرد : ساده ☐ آجدار ☐

٤٠- نوع فولاد مصرفی : AI ☐ AII ☐

٤١- نحوه نصب میلگرد : جوش ☐ بستن با سیم ☐

٤٢- کیفیت اجرا : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

٤٣- شکل اجرای میلگرد : شبکه ☐ عمود بر تیرچه ☐

٤٤- قطر میلگردهای افت و حرارت :

٤٥- فواصل میلگردهای افت و حرارت

**ز- بتن ریزی**

٤٦- نحوه اختلاط بتن : دستی ☐ بتونیر ☐ بتن آماده ☐

(نام شرکت فروشنده بتن آماده :

٤٧- نوع ومقدار مصرف سیمان در متر مکعب بتن :

٤٨- نسبت شن به ماسه :

٤٩- نسبت آب به سیمان :

٥٠- نحوه بتن ریزی : دستی ☐ پمپ زمینی ☐ پمپ هوایی ☐

٥١- استفاده از ویبراتور : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

٥٢- متوسط ضخامت بتن روی سقف :

٥٣- اسلامپ و مقاومت فشاری بتن :

٥٤- نحوه عمل‌آوری بتن : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

**ح- کنترل کیفی سقف ، بعد از بتن ریزی**

٥٥- افتادگی در تیرچه‌ها : وجود دارد ☐ ندارد ☐

٥٦- پیچش در تیرچه‌ها : وجود دارد ☐ ندارد ☐

٥٧- سطح بتن ریزی شده : هموار ☐ ناهموار ☐

٥٨- میزان ترک در بتن : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

٥٩- عرض بیشترین ترک :



٦٠- حداکثر میزان افتادگی تیرچه :

٦١- لرزش در سقف : وجود دارد ☐ وجود ندارد ☐

٦٢- کیفیت اجرای وضعیت نهایی سقف : مطلوب ☐ نامطلوب ☐

٦٣- توضیحات :

**نام و امضای مامور بازدید :**
**نام و امضای مسئول هماهنگی با مجری :**
**نام و امضای مسئول کنترل :**

**امضای کارفرما یا نماینده وی :**
**تاریخ و ساعت بازدید :**