

۲-۱- ورق پایینی

فولاد مصرفی ورق پایینی باید با استاندارد ملی شماره ۱۶۰۰ مطابقت داشته و فاقد هرگونه اعوجاج و زنگ‌زدگی باشد. متأسفانه برخی از مجریان سقف به جهت صرفه اقتصادی از ورق‌های کهنه و موجدار (پلیسه‌مانند) استفاده می‌کنند که این امر باعث ضعف سقف و عدم اجرای جوشکاری مناسب می‌گردد.

طبق بند ۳-۱-۲ نشریه ۱۵۱ عرض ورق پایینی حداقل ۱۰ سانتیمتر است که تنها در دهانه‌های کمتر از ۴ متر می‌توان از عرض ۸ سانتیمتر استفاده کرد.

بر اساس بند ۳-۱-۶ نشریه ۱۵۱ حداقل ضخامت ورق پایینی ۳ میلیمتر می‌باشد اما به موجب بند ۱۰-۱-۹-۵ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ضخامت اجزای سازه‌ای که در فضای خارج و در معرض عوامل جوی یا اثرات خوردنده دیگر قرار داشته باشند نباید از ۶ میلیمتر کمتر باشد و در محیط‌های خشک و عاری از هرگونه آثار خوردندگی این مقدار به ۵ میلیمتر کاهش می‌یابد مگر اینکه در این قطعات پیش‌بینی ویژه و مؤثری برای جلوگیری از خوردگی به عمل آمده باشد. بنابراین توصیه می‌شود بال تحتانی تیرچه‌ها در زیر و در قسمت نشیمن بلوک‌ها و در ضخامت ورق به شکل مناسبی ضدزنگ بخورد و از ضخامت ورق ذکر شده در مبحث دهم نازکتر اختیار نگردد.

۲-۲- میلگرد خرابی

میلگرد خرابی به عنوان عضو مورب خرپا عمل نموده و قبل و بعد از گیرش بتن، ایستایی لازم را برای تحمل برش وارده فراهم می‌کند. طبق بند ۲-۲-۱-۱ نشریه ۱۵۱ استفاده از فولاد سخت (AIII) برای میلگردهای خرابی و نیز کلاف‌های عرضی مجاز نمی‌باشد. متأسفانه به علت وفور فولاد AIII و ذوبی در بازار به این موضوع توجهی نشده و استفاده گسترده از این نوع فولادها در تهیه تیرچه مشاهده می‌گردد. جوشکاری میلگردهای AIII مستلزم رعایت تمهیدات خاصی است که هیچکدام رعایت نمی‌شود و از طرفی در خم کردن میلگردها باید حداقل شعاع خم رعایت گردد تا منجر به ترک خوردگی در میلگرد نشود. عموماً نوع میلگردها از شکل آج روی آن قابل تشخیص می‌باشد.

یکی از خرابی‌های رایج و خطرناک در سقف گرمیت شکست جوش میلگردهای خرابی از محل اتصال می‌باشد. طبق بند ۳-۱-۶ نشریه ۱۵۱ میزان جوش میلگردهای قطری روی ورق تحتانی باید بتواند در حد فاصل لنگر ماکزیمم و لنگر صفر ظرفیت برشی افقی $(A_s \cdot f_y) / 2$ را تحمل نماید و اندازه مؤثر جوش میلگرد روی ورق برابر 0.3 شعاع میلگرد است. در دهانه‌های بزرگ طول جوش لازم میلگرد خرابی روی بال تحتانی به سختی تأمین می‌گردد و عموماً این مورد در نقشه‌ها و محاسبات مورد توجه قرار نمی‌گیرد. عموماً دیده می‌شود در تیرچه‌های موجود در بازار مقدار جوش برای تیرچه‌های با دهانه کوتاه و بلند برابر است که ناشی از بی‌توجهی به اهمیت موضوع جوش می‌باشد.

۲-۳- نبشی فوقانی

نبشی فوقانی قبل از گیرش بتن به عنوان بال فوقانی خرپا عمل نموده و بارهای وارده را تحمل می‌کند. یکی از خرابی‌های رایج در سقف گرمیت کماتش جانبی بال فشاری (نبشی فوقانی) می‌باشد که منجر به خرابی سقف قبل از گیرش بتن می‌شود. این عمل معمولاً در زمان اجرای سقف و وارد آمدن بارهای زیاد ناشی از انباشته شدن بتن و یا ضربه پمپ بتن رخ می‌دهد. جهت اصلاح این اشکال باید فاصله مهارهای جانبی بال فشاری را کاهش داد.

طبق بند ۲-۱-۴-۳ نشریه ۱۵۱ باید آرماتور فوقانی کلاف عرضی به نبشی فوقانی جوش شود تا بال فوقانی تیرچه‌ها را مهار کند. برای این منظور باید کلاف عرضی در فاصله‌های تقریباً مساوی (L_r) اجرا شود به طوری که ضریب لاغری در جهت عمود بر طول تیرچه‌ها از ۱۴۵ بیشتر نشود. همچنین انتهای کلاف عرضی باید هم در بالا و هم در پایین در محل برخورد به تیر فرعی مهار شوند. جهت اطمینان از عدم کماتش بال فشاری توصیه می‌شود آرماتورهای دال نیز به نبشی فوقانی جوش شوند تا فاصله مهارهای جانبی کاهش یابد. در این حال حتماً باید آرماتورهای دال در انتها به تیر فرعی و یا ستون به نحو مناسبی مهار شوند.

در بسیاری از موارد اجرایی به جای استفاده از نبشی استاندارد از ورق‌های خم شده با نورد سرد استفاده می‌شود. کمانش بال فشاری در این ورق‌های خم شده به سبب ایجاد تنش‌های پسماند بیشتر رخ می‌دهد و از طرفی در طراحی ورق خم شده باید از ضوابط طراحی نورد سرد استفاده گردد؛ لذا توصیه می‌شود تا حد امکان از نبشی استاندارد برای بال فوقانی استفاده شود.

۲-۴- میلگردهای تقویتی

در بسیاری از موارد جهت اقتصادی نمودن پروژه از تقویت میلگرد برای بال فوقانی و ورق پایینی استفاده می‌شود. استفاده از میلگرد تقویتی تنها در صورتی مجاز است که از نوع فولاد نرم (AI) و یا نیم سخت (AII) باشد و با جوش مناسبی مطابق با ضوابط جوش استاندارد ایران به ورق متصل شوند.

۲-۵- دال بتنی

پس از جاگذاری تیرچه‌ها و بلوک‌ها بتن پوششی اجرا می‌شود. طبق بند ۳-۱-۳ نشریه ۱۵۱ ضخامت دال بتنی نباید از ۵۰ میلیمتر و یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها کمتر باشد. لذا با توجه به فاصله بین تیرچه‌ها برابر ۷۵ سانتیمتر، حداقل ضخامت دال بتنی بایستی ۵/۵ سانتیمتر باشد. در عمل این مورد کمتر رعایت شده و حتی ضخامت‌های ۲ سانتیمتر و یا ۳ سانتیمتر نیز به چشم می‌خورد.

۲-۶- میلگرد افت و حرارت

طبق بند ۳-۱-۲ نشریه ۱۵۱ میلگرد افت و حرارت تنها در جهت عمود بر تیرچه‌ها لازم است و مقدار حداقل این میلگرد به میزان دو در هزار مساحت دال بتن می‌باشد. بر این اساس برای ضخامت ۶ سانتیمتر بتن، آرماتور شماره ۶ در فاصله ۲۵ سانتیمتر برای دال کفایت می‌کند.

مطابق بند ۳-۶-۲-۱۱-۹ مبحث نهم در صورتیکه فاصله بین تیرچه‌ها از ۷۵ سانتیمتر بیشتر نباشد و ضخامت دال بتنی از ۵۰ میلیمتر و یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها بیشتر باشد می‌توان آرماتورها را تنها در یک جهت و در جهت عمود بر دال قرار داد. در صورتیکه آرماتورهای دال به نبشی فوقانی جوش می‌شوند باید از نوع فولاد نرم (AI) و یا نیم سخت (AII) باشد و در غیر اینصورت می‌توان آنها را از نوع فولاد سخت (AIII) نیز انتخاب نمود.

طبق بند ۳-۱-۲-۵-۳-۱-۲ نشریه ۱۵۱ فاصله بین میلگردهای افت و حرارت نباید از ۵ برابر ضخامت دال بتنی و ۳۰۰ میلیمتر بیشتر باشد و همچنین قطر آنها از ۵ میلیمتر کمتر نباشد.

در شیوه‌ای از اجرای سقف تیرچه فولادی با جان باز، از قالب‌های فلزی جمع شونده استفاده می‌گردد (گرمیت کامپوزیت). در این روش پس از گیرش بتن قالب جمع‌آوری شده و فاصله تیرچه‌ها تا ۹۰ سانتیمتر افزایش می‌یابد. در این حالت لازم است که از دو ردیف میلگرد در دو جهت عمود بر هم در سقف استفاده شود. ضخامت دال و آرماتور آن در این روش باید بر اساس ضوابط دال‌های یک‌طرفه طرح گردد.

۲-۷- کلاف عرضی

استفاده از کلاف عرضی در سقف گرمیت الزامی است. عرض حداقل این کلاف ۱۰ سانتیمتر و حداقل شامل دو میلگرد به قطر حداقل ۱۲ میلیمتر می‌باشد. طبق بند ۴-۱-۲ نشریه ۱۵۱ در دهانه‌های کوچکتر از ۵/۵ متر اجرای حداقل یک کلاف عرضی الزامی بوده و در دهانه‌های بزرگتر فاصله کلاف‌ها باید به نحوی باشد که فاصله دو کلاف عرضی از ۲/۵ متر تجاوز نکند. در دهانه‌های کوچکتر از ۳ متر نصب میلگرد و جوش دادن آن به تیرچه‌ها کفایت می‌کند و نیازی به ایجاد فاصله بین بلوک‌ها برای نفوذ بتن نمی‌باشد.

در سقف‌های گرمیت کامپوزیت به سبب گیر کردن قالب‌ها و تکه‌دار شدن آنها معمولاً دیده می‌شود که کلاف عرضی حذف شده و یا به شکل بسیار ناصحیحی کلاف عرضی صرفاً با میلگرد اجرا می‌گردد که به هیچ وجه تأمین‌کننده ضوابط نشریه ۱۵۱ نمی‌باشد. شکل زیر نمونه‌ای از این روش اجرا را نشان می‌دهد.



(شکل ۲) اجرای نادرست کلاف عرضی با میلگرد در سقف‌های گرمیت کامپوزیت

۲-۸- بلوک‌ها

بلوک‌های مختلفی مانند بلوک سیمانی، سفالی، پلی‌استایرن و ۰۰۰ برای سقف‌های تیرچه گرمیت به کار می‌رود. استفاده از بلوک‌های سیمانی و سفالی به شرط رعایت ضوابط ۲-۱-۲ نشریه ۱۵۱ موردی ندارد. استفاده از بلوک پلی‌استایرن در صورتی مجاز است که براساس ابلاغیه وزارت مسکن از نوع نسوز بوده و دارای تأییدیه فنی از مرکز تحقیقات مسکن باشد. در عمل دیده می‌شود علیرغم سفارش و خرید بلوک‌های نسوز مقادیری بلوک قابل اشتعال نیز همراه اجناس تحویلی می‌باشد. پیشنهاد می‌شود برای جلوگیری از خطرات آتش‌سوزی تمام بلوک‌ها را با شعله آزمایش نموده و چنانچه بلوک شعله‌ور شد از بکارگیری آن خودداری شود. در ضوابط اعلام شده از سوی مرکز تحقیقات مسکن در صورت استفاده از بلوک‌های پلی‌استایرن باید سطح بلوک زیرین با لایه‌ای از رایبتس که به نحو مناسبی به سقف مهار شده پوشانده شود و سپس با ملات گچ به ضخامت حداقل ۲/۵ سانتیمتر اندود گردند. در مورد بلوک‌های سیمانی ضخامت جداره بلوک بایستی حداقل ۱/۵ سانتیمتر بوده و نشیمن بلوک روی تیرچه ۱/۷۵ سانتیمتر باشد. بلوک‌های سیمانی که در حال حاضر در سقف‌ها بکار می‌روند بسیار سست بوده و خطرات زیادی را برای شاغلین در ساختمان در حین اجرا بوجود می‌آورند. در مورد بلوک‌های سفالی نیز حداقل ضخامت جداره ۰/۸ سانتیمتر تعیین شده است و همچنین بلوک‌ها باید عاری از هرگونه ترک خوردگی باشند. در نقاطی که امکان استفاده از بلوک کامل میسر نمی‌باشد باید از بلوک‌های با اندازه متفاوت استفاده شود. پرکردن این قسمت‌ها با خرده بلوک‌ها ممنوع می‌باشد. شکل زیر نمونه‌ای از اجرای خرده بلوک‌ها را برای پر کردن نقاطی که امکان استفاده از بلوک کامل نیست را نشان می‌دهد.



(شکل ۳) اجرای نادرست استفاده از خرده بلوک برای پرکردن فضاهایی که در آن امکان استفاده از بلوک کامل وجود ندارد

۲-۹- اتصال سقف کاذب به تیرچه‌ها

در سقف‌های گرمیت و به خصوص در سقف‌های گرمیت کامپوزیت برای اتصال سقف کاذب به سقف اصلی از جوشکاری آویزها به ورق تحتانی استفاده می‌شود. این عمل به سبب ضخامت کم ورق و زیر بار بودن آنها و افزایش تنش‌های پسماند ناشی از جوشکاری صحیح نبوده و باید قبل از بتن‌ریزی تمهیدات لازم جهت قراردادن آویزها در دال بتنی پیش‌بینی گردد.

۲-۱۰- بتن قرارگرفته در تیرچه

پس از بتن‌ریزی سقف، بتن به داخل تیرچه‌ها نفوذ کرده که این عمل سبب افزایش مقاومت برشی تیرچه‌ها می‌شود. همچنین با پرشدن جان تیرچه‌ها با بتن لرزش سقف‌ها به نحو قابل توجهی کاهش می‌یابد. با توجه به نشیمن ۲ سانتیمتری بلوک‌ها روی تیرچه‌ها و نبود شیب مناسب دیوارهای بلوک در برخی از انواع آن و عرض زیاد بال فوقانی (نبشی بالایی)، در موارد بسیاری دیده می‌شود فاصله‌ای اندک بین نبشی فوقانی و دیواره بلوک وجود داشته و در نتیجه بتن کاملاً به داخل تیرچه نفوذ نمی‌کند و قسمت‌هایی از تیرچه خالی می‌ماند.

در این حالت سهم بتن در تحمل برش حذف شده و میلگردهای خرپایی تیرچه‌ها باید به تنهایی تمام بارهای پس از گیرش را تحمل کنند که این امر امکان کم‌اندامش میلگردهای خرپایی را فراهم می‌آورد. همچنین امکان پوسیدگی میلگردها و ورق تحتانی نیز در درازمدت وجود دارد. لذا توصیه می‌گردد قبل از بتن‌ریزی حتماً این مورد کنترل شده و در حین بتن‌ریزی نیز، بتن حتماً وپیره شود تا بطور کامل درون تیرچه‌ها نفوذ کند.

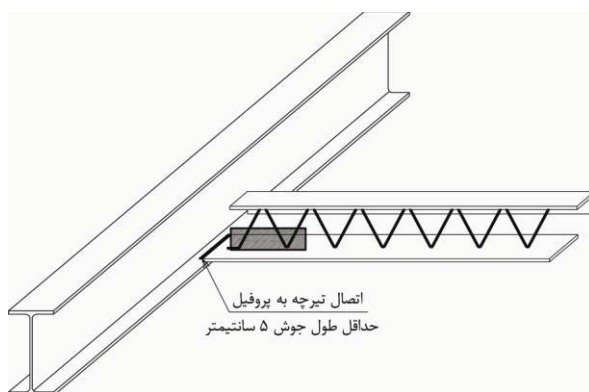
۲-۱۱- کش‌ها

امکان حذف کش‌ها در سازه‌های فولادی از مواردی است که مبلغین سقف‌های گرمیت آن را از مزایای این سقف می‌دانند. وظیفه کش انسجام بخشیدن به سازه بخصوص در حین واردشدن بارهای جانبی وارده بر ساختمان می‌باشد. همچنین کش‌ها کمک می‌کنند تا ستون‌ها در زمان اجرای بتن‌ریزی سقف از حالت راستای قائم خود (شاقولی) خارج نشوند. بر این اساس توصیه می‌شود که در اجرای سقف‌های گرمیت کش‌ها حذف نشوند. همچنین با توجه به اینکه غالب محاسبان کش‌ها را برای بارهای قائم طراحی نمی‌کنند لازم است در مجاورت کش‌ها، تیرچه حذف نشده و بلوک‌ها روی کش‌ها قرار نگیرند.

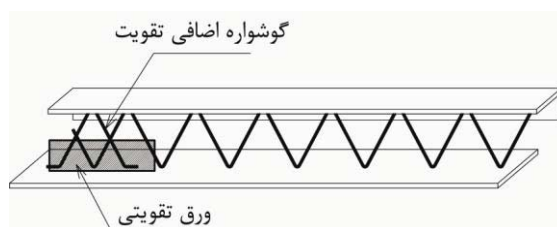
۲-۱۲- نکات اجرایی

در انتها به چند نکته اجرایی در خصوص اجرای سقف‌های گرمیت اشاره شده است:

- ۱- بال تحتانی تیرچه ها باید به پلها جوش شود اما بال فوقانی نباید جوش شود. دلیل این امر مفصل فرض شدن اتصال تیرچه به پل است. حداقل طول جوش در هر طرف تیرچه ۵ سانتیمتر و حداقل بعد آن ۳ میلیمتر می باشد. همچنین تیرچه باید حداقل ۲ سانتیمتر روی لبه بال تیر آهن نشیمن داشته باشد.
- ۲- در صورتیکه طول تیرچه ها بزرگتر از اندازه لازم باشد، باید قسمت های اضافی بریده شده و سپس در طرف قطع شده گوشواره های اضافی تقویتی با طول کافی متناسب با طول دهانه تأمین گردد. توصیه می شود جهت تقویت برش در تکیه گاه در تیرهای عادی نیز گوشواره اضافی تقویت قرار داده شود.
- ۳- ورق تقویتی با طول کافی در تکیه گاه ها متناسب با طول دهانه تأمین گردد. طول ورق تقویتی به نحوی انتخاب گردد که در دهانه های کمتر از ۵ متر حداقل یک چشمه و در دهانه های بزرگتر حداقل ۲ چشمه را پر کند. شکل های زیر نحوه اتصال تیرچه به پروفیل فولادی، گوشواره تقویت و ورق تقویتی را نشان می دهد.



(ب) اتصال تیرچه به پروفیل فولادی



(الف) گوشواره تقویت و ورق تقویتی در محل تکیه گاه

(شکل ۴) اتصال تیرچه به پروفیل فولادی و گوشواره تقویت و ورق تقویتی در محل تکیه گاه

۳- مقایسه سقف کرومیت با سایر سقفها

سقف های کرومیت در صورت اجرا و طراحی خوب در مقام مقایسه با سایر سقفها مزیت هایی نیز دارند که از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- انسجام مناسب و صلبیت کافی

۲- سرعت اجرائی بالا با توجه به عدم نیاز به شمع بندی

۳- عدم نیاز به سقف کاذب در صورت استفاده از بلوک نسبت به سقف کامپوزیت

۴- ضخامت قابل قبول

وزن سقف های کرومیت نسبت به سقف های تیرچه و بلوک معمولی با فاصله محور تا محور تیرچه ها برابر ۵۰ سانتیمتر کمتر است که این امر موجب سبک تر شدن سقف و متعاقب آن سازه می گردد. اگر سقف های تیرچه و بلوک را نیز با بلوک های عریض تر و تقویت تیرچه انجام داد می توان از نظر وزنی این دو نوع سقف را یکسان دانست ولی در سازه های فولادی اتصال تیرچه های کرومیت به پلها بهتر از سقف های تیرچه و بلوک معمولی بوده و عملکرد آنها بهتر است.

وزن مرده سقف کرومیت با بلوک سفالی نسبت به سقف های کامپوزیت با ۱۰ سانتیمتر دال بتنی حدوداً در هر مترمربع ۲۰ کیلوگرم بیشتر است ولی در اجرای بدون بلوک یا با بلوک پلی استایرن حدوداً ۲۰ کیلوگرم کمتر است. ضمن اینکه در سقف کامپوزیت اجرای تأسیسات در زیر سقف و در سقف کرومیت تأسیسات روی آن اجرا می شود که این امر سبب افزایش وزن سقف کرومیت می شود. میزان فولاد مصرفی در یک مترمربع سقف کرومیت (صرف نظر از پلها) در صورت طراحی صحیح (محاسبه براساس دهانه ۵ متر انجام شده) از سقف کامپوزیت اندکی کمتر است. ضمن اینکه در سقف کرومیت پلها کامپوزیت طرح نشده و سنگین تر خواهند بود.

از نظر اجرایی عامل انسانی در اجرای سقف کرومیت نقش بیشتری داشته است. ساخت تیرچه فولادی با جوشکاری متنوع و زیاد و احتمال خطای انسانی و ماشین آلات مختلف در این نوع سقف بسیار بیشتر است. در حالیکه در سقف کامپوزیت از تیر آهن نورد شده در ذوب آهن استفاده می‌شود که دارای کیفیت بسیار بالاتری می‌باشد. شاید همین موضوع برای برتری سقف‌های کامپوزیت کافی بوده و نیازی به انجام مقایسه در سایر موارد نباشد.

۴- جمع‌بندی

موضوع حائز اهمیت در سقف‌های گُرمیت اجباری بودن استاندارد آنها است. به این معنی که نباید به هر شخصی بدون داشتن اطلاعات کافی در خصوص ضوابط طراحی در اجرای این نوع سقف و با هر وسیله و ابزاری و در هر محل اجازه ساخت تیرچه‌ها و اجرای سقف‌ها را داد. متأسفانه در حال حاضر هیچ‌گونه برخوردی با تولیدکنندگان غیرمجاز و مجریان فاقد صلاحیت این سقف‌ها صورت نمی‌پذیرد. اکثر نقشه‌های سازه‌ای ساختمان‌ها فاقد مشخصات سقف‌ها هستند. آیا سقف‌ها از اجزای بی‌اهمیت سازه هستند که طراحی آنها برعهده مجریان و تولیدکنندگان فاقد صلاحیت گذاشته‌ایم؟ آیا اهمیت آنها از بادبندها یا دیوارهای برشی کمتر است که ممکن است در طول عمر یک سازه اصلاً مورد استفاده قرار نگیرند و تمام اهمیت ما طراحی صحیح آنها براساس ویرایش‌های چندگانه آئین‌نامه‌های زلزله است؟ در حالیکه همه در زیر این سقف‌ها زندگی می‌کنیم.

۵- طراحی دستی

به جهت آشنایی محاسبان با روش طراحی تیرچه گُرمیت در این قسمت یک نمونه از تیرچه‌های گُرمیت به روش تنش مجاز طراحی و ارائه شده است. با توجه به اینکه روش طراحی سازه‌های فولادی غالباً تنش مجاز می‌باشد، لذا توصیه می‌شود جهت انطباق روش طراحی تیرچه و سازه، در طراحی تیرچه‌ها نیز از روش تنش مجاز استفاده شود.

تیرچه گُرمیت نمونه دارای مشخصات هندسی زیر می‌باشد:

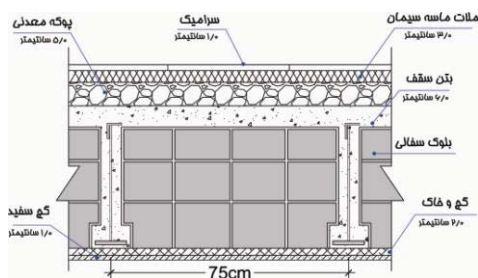
۱- دهانه تیرچه ۵ متر است.

۲- ارتفاع کلی تیرچه ۲۲ سانتیمتر و ارتفاع بلوک‌ها ۲۰ سانتیمتر فرض می‌شود.

۳- فاصله تیرچه‌ها ۷۵ سانتیمتر می‌باشد.

۴- ضخامت دال بتنی روی تیرچه ۶ سانتیمتر است.

۵- بار مرده کف از دیتایل زیر محاسبه می‌شود:



نام بار	وزن واحد حجم kg / m ³	ضخامت به متر	وزن واحد سطح kg / m ²
سرامیک	۲۱۰۰	۰/۰۱	۲۱
ملات ماسه سیمان	۲۱۰۰	۰/۰۳	۶۳
پوکه معدنی	۶۰۰	۰/۰۵	۳۰
وزن دال بتنی	۲۵۰۰	۰/۰۶	۱۵۰
وزن تیرچه بتنی	۲۵۰۰	۰/۱۰ × ۰/۲ × ۱/۳۳	۶۷
بلوک سفالی	هر عدد ۱۲ kg	عدد ۶/۶	۸۰
گچ و خاک	۱۶۰۰	۰/۰۲	۳۲
گچ سفید	۱۳۰۰	۰/۰۱	۱۳
بار معادل تیغه‌بندی			۱۲۰
مجموع			۵۷۶ ≈ ۵۸۰

با توجه به جدول فوق مجموع بارهای قبل از گیرش بتن (وزن دال بتنی، وزن تیرچه بتنی و بلوک سفالی) برابر ۳۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و وزن مجموع بارهای پس از گیرش بتن برابر ۲۸۰ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد.

۶- کاربری ساختمان مسکونی و بار زنده آن برابر ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد.

۷- شماره میلگرد خرپایی ۱۲ و فاصله گام‌های آن ۲۵ سانتیمتر فرض شده است.

۸- برای ورق پایینی از ورق به عرض ۱۰ و ضخامت ۰/۵ سانتیمتر استفاده شده است که روی آن با آرماتور شماره ۸ تقویت شده است.

۹- نبشی بالا از شماره ۵ است که با آرماتور شماره ۱۰ تقویت شده است.

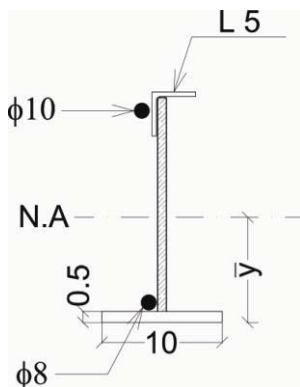
۱۰- بتن مصرفی دارای مقاومت فشاری استوانه‌ای ۲۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بوده و فولاد مصرفی ST37 می‌باشد.

۱۱- کلیه آرماتورهای مصرفی در تیرچه از نوع فولاد نیم سخت AII می‌باشند.

حال گام‌های زیر جهت کنترل کیفیت ابعاد مقطع انجام می‌شود:

گام ۱) کنترل خمش مقطع قبل از گیرش بتن:

مشخصات هندسی نبشی و آرماتورها از قرار زیر می‌باشد:



مشخصات	A	e_y	r_{min}	I_x
نبشی ۵	4.80	1.40	0.98	11.0

سطح مقطع آرماتور شماره ۱۰ برابر ۰/۷۸۵ سانتیمترمربع و سطح مقطع آرماتور شماره ۸ برابر ۰/۵۰۲ سانتیمترمربع می‌باشد.

ابتدا موقعیت تار خنثی در مقطع تیرچه قبل از گیرش مطابق شکل بالا از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$\bar{y}_{st} = \frac{10 \times 0.5 \times 0.5 / 2 + 0.502 \times (0.5 + 0.8 / 2) + 4.80 \times (22 - 1.40) + 0.785 \times (22 - 5 / 2)}{10 \times 0.5 + 0.502 + 4.80 + 0.785} = 10.45 \text{ cm}$$

ممان اینرسی مقطع فوق از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{st} = 11 + 4.8 \times (22 - 1.4 - 10.45)^2 + 0.785 \times (22 - 5 / 2 - 10.45)^2 + 10 \times 0.5 \times (10.45 - 0.5 / 2)^2 + 0.502 \times (10.45 - 0.5 - 0.8 / 2)^2 \Rightarrow I_{st} = 1135 \text{ cm}^4$$

مقدار لنگر قبل از گیرش از رابطه زیر محاسبه می‌شود. در این رابطه L_1 فاصله بین تیرچه‌ها، W_{ID} بار گسترده ناشی از بار مرده قبل از گیرش به واحد کیلوگرم بر مترمربع و L دهانه تیرچه می‌باشد.

$$M_1 = L_1 \times W_{ID} \times L^2 / 8 = 0.75 \times 0.3 \times 5^2 / 8 = 0.703 \text{ ton.m.}$$

تنش مجاز کششی برابر $F_t = 0.6F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$ می‌باشد. تنش مجاز بال فشاری بر اساس لاغری آن محاسبه می‌شود. فاصله

مهارهای جانبی بال فشاری فاصله بین آرماتورهای جوش شده دال یا کلاف عرضی به بال فشاری می‌باشد. با فرض اینکه آرماتورهای

دال به صورت یک‌درمیان به نبشی فوقانی جوش شوند فاصله مهارهای جانبی (L_r) برابر ۵۰ سانتیمتر خواهد بود. بر این اساس

مقدار لاغری عضو فشاری از رابطه زیر به دست می‌آید که باید از ۱۴۵ کمتر باشد:

$$\lambda = L_r / r_{min} = 50 / 0.98 = 51 < 145 \text{ O.K.}$$

با توجه به لاغری عضو فشاری مقدار تنش مجاز فشاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda = 51 < C_c = 6440 / \sqrt{F_y} = 131 \rightarrow \beta = \lambda / C_c = 0.39, F_a = (1 - 0.5\beta^2) \times F_y / (1.67 + 0.375\beta - 0.125\beta^3) = 1226 \text{ kg/cm}^2$$

تنش در تار کششی و تار فشاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود و با تنش مجاز مقایسه می‌گردد:

$$f_a = \sigma_{top} = \frac{M_1}{I_{st} / (h - \bar{y}_{st})} = \frac{0.703 \times 10^5}{1135 / (22 - 10.45)} = 715 < F_a = 1226 \text{ kg/cm}^2 \text{ O.K.}$$

$$f_t = \sigma_{bot} = \frac{M_1}{I_{st} / \bar{y}_{st}} = \frac{0.703 \times 10^5}{(1135 / 10.45)} = 647 < F_t = 1440 \text{ kg/cm}^2 \text{ O.K.}$$

همانطور که مشاهده می‌شود تنش فشاری و کششی موجود از تنش فشاری و کششی مجاز کمتر است .

گام ۲) کنترل خمش مقطع پس از گیرش بتن:

پس از گیرش بتن، در روش تنش مجاز، عرض موثر دال بتنی در اطراف تیرچه محاسبه شده و سپس بتن به فولاد معادل تبدیل می‌گردد. عرض موثر دال بتنی برای تیرچه میانی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

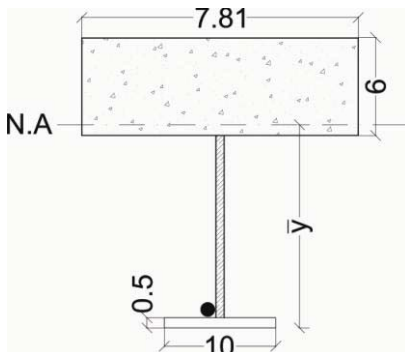
$$b_{\text{eff}} = \min \{ (b_1 + 16t_c), L_1, 2L/5 \} = \min \{ (10 + 16 \times 6), 75, 2 \times 500 / 5 \} = 75 \text{ cm}$$

در این رابطه b_{eff} عرض موثر دال بتنی، b_1 عرض تیرچه، t_c ضخامت دال بتنی، L_1 فاصله بین تیرچه‌ها و L طول دهانه تیرچه می‌باشد.

عرض موثر تبدیل شده دال بتنی به فولاد برابر است با:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.1 \times 10^6}{15100 \times \sqrt{210}} = 9.60 \Rightarrow b_e = b_{\text{eff}} / n = 75 / 9.6 = 7.81$$

موقعیت تار خنثی در مقطع مرکب از رابطه زیر محاسبه می‌شود:



$$\bar{y}_c = \frac{10 \times 0.5 \times 0.5 / 2 + 0.502 \times (0.5 + 0.8 / 2) + 7.81 \times 6 \times (26 - 3)}{10 \times 0.5 + 0.502 + 7.81 \times 6} = 20.62 \text{ cm}$$

با توجه به اینکه فاصله تار خنثی از ارتفاع بلوک‌ها (۲۰ سانتیمتر) بیشتر است، تار خنثی درون بتن است. بنابراین از برابر قراردادن ممان اول مقطع در بالا و پایین، مجدد محل تار خنثی را محاسبه می‌کنیم:

$$10 \times 0.5 \times (\bar{y}_c - 0.5 / 2)^2 + 0.502 \times (\bar{y}_c - 0.5 - 0.8 / 2) = \frac{7.81 \times (26 - \bar{y}_c)^2}{2}$$

$$\Rightarrow \bar{y}_c = 20.65 \text{ cm}$$

ممان اینرسی مقطع مرکب از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_c = 10 \times 0.5 \times (20.65 - 0.5 / 2)^2 + 0.502 \times (20.65 - 0.5 - 0.8 / 2)^2 + 7.81 \times (26 - 20.65)^3 / 3 = 2675 \text{ cm}^4$$

لنگر قبل از گیرش (M_1)، لنگر پس از گیرش (M_2) و کل لنگر وارد بر تیرچه (M) از روابط زیر محاسبه می‌شود. در این روابط L_1 فاصله بین تیرچه‌ها، W_{ID} بار گسترده ناشی از بار مرده قبل از گیرش، W_{2D} بار گسترده ناشی از بار مرده پس از گیرش، W_L بار گسترده ناشی از بار زنده به واحد کیلوگرم بر مترمربع و L دهانه تیرچه می‌باشد.

$$M_1 = L_1 \times W_{ID} \times L^2 / 8 = 0.75 \times (0.3) \times 5^2 / 8 = 0.703 \text{ ton.m}$$

$$M_2 = L_1 \times (W_{2D} + W_L) \times L^2 / 8 = 0.75 \times (0.28 + 0.2) \times 5^2 / 8 = 1.125 \text{ ton.m}$$

$$M = L_1 \times (W_{ID} + W_{2D} + W_L) \times L^2 / 8 = 0.75 \times (0.58 + 0.2) \times 5^2 / 8 = 1.83 \text{ ton.m}$$

مقدار تنش کششی در دورترین تار کششی و تنش مجاز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$f_{bt} = \frac{M}{(I_c / \bar{y}_c)} = \frac{1.83 \times 10^5}{(2675 / 20.65)} = 1413 \text{ kg/cm}^2 < 0.66F_y = 1584 \text{ kg/cm}^2$$

با توجه به عدم نیاز به شمع‌بندی باید اثر روی هم‌گذاری تنش‌ها از روابط زیر محاسبه و با مقدار مجاز آن کنترل گردد:

$$\frac{M_1}{I_{st} / y_{st}} + \frac{M_2}{I_c / y_c} \leq 0.9F_y \Rightarrow \frac{0.703 \times 10^5}{1135 / 10.45} + \frac{1.125 \times 10^5}{2675 / 20.65} = 1515.71 \leq 0.9F_y = 2160 \text{ kg/cm}^2$$

تنش در دورترین تار فشاری بتن از رابطه زیر محاسبه و کنترل می‌شود:

$$f_{bc} = \frac{M}{I_c / (d - \bar{y}_c) \times n} \leq 0.45f_c \Rightarrow \frac{1.83 \times 10^5}{2675 / (26 - 20.65) \times 9.6} = 38.12 \leq 0.45 \times 210 = 94.50 \text{ kg/cm}^2$$

در این رابطه d ارتفاع کلی سقف و n نسبت مدول الاستیسیته فولاد به بتن است.

گام ۳) کنترل خیز:

خیز تیرچه قبل از گیرش بتن:

$$\delta_1 = \frac{5 \times W_{D1} \times L^4}{384 \times E_s \times I_{st}} = \frac{5 \times (75 \times 300 \times 10^{-4}) \times 500^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 1135} = 0.77 \text{ cm}$$

در این رابطه W_{D1} وزن بار مرده تیرچه به صورت گسترده خطی قبل از گیرش بتن، E_s مدول الاستیسیته فولاد، I_{st} ممان اینرسی مقطع فولادی قبل از گیرش بتن و L طول دهانه تیرچه می باشد.

برای محاسبه خیز تیرچه پس از گیرش باید اثر خزش در بتن را در نظر گرفت. طبق مبحث دهم در مقاطع مرکب جهت در نظر گرفتن اثر خزش در محاسبات، باید یک سوم مدول الاستیسیته بتن را در نظر گرفت. بر این اساس مشخصات هندسی مقطع مرکب مجدد با فرض در نظر گرفتن یک سوم مدول الاستیسیته بتن محاسبه می شود:

$$b_{ed} = b_e / 3 = 7.81 / 3 = 2.60 \text{ cm} \quad \text{مقدار عرض موثر تبدیل یافته در محاسبات خیز}$$

موقعیت تار خنثی جهت محاسبات خیز با اثر خزش از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$y_{ce} = \frac{10 \times 0.5 \times 0.5 / 2 + 0.502 \times (0.5 + 0.8 / 2) + 2.60 \times 6 \times (26 - 3)}{10 \times 0.5 + 0.502 + 2.60 \times 6} = 17.09 \text{ cm}$$

با توجه به اینکه تار خنثی درون فولاد قرار دارد ممان اینرسی مقطع از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I_{ce} = 10 \times 0.5 \times (17.09 - 0.5 / 2)^2 + 0.502 \times (17.09 - 0.5 - 0.8 / 2)^2 + \frac{2.6 \times 6^3}{12} + 2.6 \times 6 \times (26 - 3 - 17.09)^2 = 2140.66 \text{ cm}^4$$

مقدار خیز ناشی از جمع شدگی از روابط زیر محاسبه می شود:

مدول الاستیسیته بتن با در نظر گرفتن اثر خزش:

$$E_{ce} = (15100 \sqrt{f_c}) / 3 = 72940 \text{ kg / cm}^2$$

نیروی محوری ناشی از خزش در بتن از رابطه زیر محاسبه می شود. در این رابطه E_{ce} مدول الاستیسیته بتن با در نظر گرفتن اثر خزش، ϵ_{sh} کرنش ناشی از جمع شدگی در بتن برابر 325×10^{-6} ، b_{eff} عرض موثر دال بتنی و t_c ضخامت دال بتنی می باشد.

$$N_{sh} = E_{ce} \times \epsilon_{sh} \times b_{eff} \times t_c = 72940 \times 325 \times 10^{-6} \times 75 \times 6 = 10667.5 \text{ kg}$$

لنگر ناشی از جمع شدگی بتن از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$M_{sh} = N_{sh} \times e = 10667.5 \times (26 - 6 / 2 - 17.09) = 63044.78 \text{ kg.m}$$

مقدار خیز ناشی از جمع شدگی و وارفتگی در بتن از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\delta_{sh} = \frac{M_{sh} \times L^2}{8 \times E_s \times I_{ce}} = \frac{63044.78 \times 500^2}{8 \times 2.1 \times 10^6 \times 2140.66} = 0.44 \text{ cm}$$

خیز تیرچه ناشی از بار مرده پس از گیرش بتن:

$$\delta_2 = \frac{5 \times W_{D2} \times L^4}{384 \times E_s \times I_{ce}} = \frac{5 \times (75 \times 280 \times 10^{-4}) \times 500^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 2140.66} = 0.38 \text{ cm}$$

خیز تیرچه ناشی از بار زنده که باید از $L/360$ کمتر باشد:

$$\delta_3 = \frac{5 \times W_L \times L^4}{384 \times E_s \times I_{ce}} \leq L/360 \Rightarrow \frac{5 \times (75 \times 200 \times 10^{-4}) \times 500^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 2140.66} = 0.27 \text{ cm} \leq 500 / 360 = 1.39 \text{ cm O.K.}$$

خیز ناشی از کل بارها باید از $L/240$ کمتر باشد:

$$\delta_{total} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_{sh} = 0.77 + 0.38 + 0.27 + 0.44 = 1.86 \text{ cm} \leq L/240 = 500 / 240 = 2.08 \text{ cm}$$

گام ۴) کنترل فرکانس:

مطابق ضوابط مبحث دهم مقدار فرکانس در تیرهای دو سر مفصل از رابطه زیر محاسبه می شود که باید مقدار آن از ۵ بیشتر باشد:

$$f = 70 \sqrt{\frac{I_c}{W_D \cdot L^4}} > 5 \Rightarrow f = 70 \sqrt{\frac{2675}{(0.75 \times 580) \times 5^4}} = 6.94 > 5 \text{ O.K.}$$

در این رابطه I_e ممان اینرسی مقطع مرکب بر حسب سانتیمتر به توان چهار، W_D بار مرده گسترده روی تیر بر حسب واحد کیلوگرم بر متر طول و L دهانه تیرچه بر حسب متر می‌باشد.

گام ۵) محاسبه جوش میلگرد خرپایی به ورق:

طبق نشریه ۱۵۱ جوش اتصال اعضای جان به بال تیرچه‌ها باید بتواند در فاصله لنگر خمشی حداکثر و صفر نیروی برشی افقی $(A_s \cdot F_y / 2)$ را تحمل کند. با توجه به اینکه لنگر حداکثر در وسط دهانه رخ می‌دهد، نیروی برشی افقی کل که جوش‌ها باید تحمل کنند برابر است با:

$$V_s = A_s \times F_y = 10 \times 0.5 \times 2400 + 0.502 \times 3000 = 13500 \text{ kg}$$

با توجه به فاصله ماریچ‌ها برابر ۲۵ سانتیمتر و طول دهانه برابر ۵ متر تعداد نقاط محل اتصال برابر ۲۰ نقطه می‌باشد. بنابراین مقدار نیروی وارد بر هر نقطه اتصال برابر با $V_{s1} = 13500 / 20 = 675 \text{ kg}$ خواهد بود. مقدار بعد جوش اتصال میلگرد به ورق $0/3$ برابر شعاع میلگرد خرپایی می‌باشد بنابراین مقدار ارزش جوش با نظارت کارگاهی برابر است با:

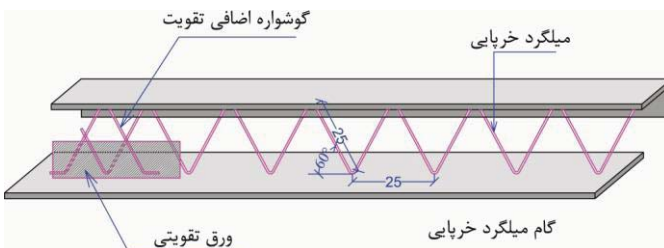
$$\text{مقدار طول جوش} = 0.3 \times F_u \times 0.75 \times 0.3 \times R = 0.3 \times 4200 \times 0.75 \times 0.3 \times 0.6 = 170$$

مقدار طول جوش در هر نقطه اتصال با فرض اینکه از دو طرف جوش اجرا شود برابر است با:

$$\text{طول جوش لازم} = \frac{675}{2 \times 170} = 1.98 \text{ cm}$$

گام ۶) کنترل برش تیرچه:

برش در تیرچه در دو مرحله قبل و پس از گیرش باید کنترل شود. در مرحله قبل از گیرش میلگرد خرپایی باید بتواند برش وارده را تحمل کند. در روابط زیر فشار قابل تحمل توسط میگرد خرپایی و برش وارده قبل از گیرش مقایسه می‌شوند:



زاویه میلگرد خرپایی با افق عبارت است از:

$$\alpha = \tan^{-1}(22 / (25 / 2)) = 60^\circ$$

طول آزاد میلگرد خرپایی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$L_d = \sqrt{(22^2 + (25 / 2)^2)} = 25 \text{ cm}$$

میلگرد خرپایی از شماره ۱۲ می‌باشد که ممان اینرسی و شعاع ژیراسیون آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{\phi 12} = 0.05 \times d^4 = 0.05 \times 1.2^4 = 0.1037 \Rightarrow r_{\phi 12} = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{0.1037}{1.13}} = 0.302 \text{ cm}$$

لاغری عضو خرپایی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda = L_d / r_{\phi 12} = 25 / 0.302 = 83 \rightarrow$$

با توجه به لاغری عضو فشاری مقدار تنش مجاز فشاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda = 83 < C_c = 6440 / \sqrt{F_y} = 131 \rightarrow \beta = \lambda / C_c = 0.63, Fa = (1 - 0.5\beta^2) \times F_y / (1.67 + 0.375\beta - 0.125\beta^3) = 1026 \text{ kg/cm}^2$$

حداکثر برش مجاز میلگرد از رابطه زیر محاسبه می‌شود که باید از برش موجود ناشی از بار مرده اولیه کمتر باشد:

$$\text{مقدار برش مجاز} V_s = A \cdot Fa \cdot \sin \alpha = 1.13 \times 1020 \times \sin 60 = 998 \text{ kg}$$

مقدار برش موجود ناشی از بار مرده اولیه از رابطه زیر محاسبه می‌شود که از برش مجاز کمتر است.

$$V = 0.75 \times 300 \times 5 / 2 = 562.50 \text{ kg} \leq V_s = 998 \text{ kg}$$

پس از گیرش بتن، برش مجاز تیرچه شامل برش قابل تحمل توسط بتن و میلگرد خرپایی تیرچه می‌باشد. برش قابل تحمل توسط بتن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V_c = 0.31 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = 0.31 \times \sqrt{210} \times 10 \times 26 = 1168 \text{ kg}$$

کل برش قابل تحمل عبارت است از:

$$V_r = V_c + V_s = 1168 + 998 = 2166 \text{ kg}$$

مقدار برش موجود ناشی از کل بار برابر است با:

$$V = L_1 \times (W_D + W_L) \times L / 2 = 0.75 \times (580 + 200) \times 5 / 2 = 1462.5 \text{ kg} \leq 2166 \text{ kg}$$

جهت سهولت طراحی تیرچه کرمیت برنامه طراحی این تیرچه به روش تنش مجاز با برنامه Excel تهیه و در سایت

www.Khanehomran.com قرار داده شده است. شکل‌های زیر قسمت‌های مختلف برنامه را نشان می‌دهند:

www.Khanehomran.com

طراحی تیرچه کرمیت به روش تنش مجاز (ASD)			
معرفی بارها و محاسبه لنگرهای وارده			
وزن مرده سقف قبل از گیرش بتن	بار زنده	انشافه بار مرده سقف پس از گیرش همراه تیرمه‌بندی	وزن بلوک‌ها
297	200	250	80
کل لنگر	لنگر ناشی از بار زنده	لنگر ناشی از بار مرده پس از گیرش	لنگر ناشی از بار مرده قبل از گیرش
1.750	0.469	0.586	0.695

کنترل خمش مقطع قبل از گیرش بتن (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)			
	10.45	محل تار خنثی در مقطع	
	1136	ممان اینرسی مقطع	
	98.36	اساس مقطع تار بالایی (فشاری)	
	108.67	اساس مقطع تار پایینی (کششی)	
	706.91 O.K.	تنش فشاری در تار بالایی	
	639.86 O.K.	تنش کششی در تار پایینی	
نسبت C/C	لاغری عضو فشاری	1440.00	تنش مجاز کششی در تار پایینی
131.46	O.K.	51.02	
50	فاصله مهارهای جانبی به سانتیمتر	1227.29	تنش مجاز بال فشاری

آرماتورهای تال به فاصله حداکثر 25 سانتیمتر
فاصله مهارهای جانبی
فاصله بین آرماتورهای تال با کلاف برشی که به تیرچه جوش شده‌اند

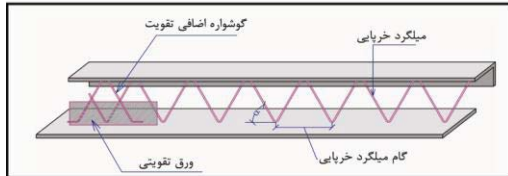
طراحی تیرچه کرمیت به روش تنش مجاز (ASD)							
معرفی مشخصات اولیه							
مشخصات هندسی تیرچه				مصالح فولادی		مصالح بتنی	
10	شماره آرماتور	10	عرض تیرچه (b1)	2400	Fy	210	fc
0.785	تقویتی بالا	0.5	شخامت تیرچه (t1)	3000	fy(bot)	3000	fy(top)
8	شماره آرماتور پایین	22	ارتفاع تیرچه (h)	2100000	Es	218819.8	Ec
0.502	شخامت بتن روی بلوک‌ها	5	شماره نبشی بالا (LT)	7850	Ws	2500	Wc
6	شخامت بتن روی بلوک‌ها	مشخصات نبشی					
75	فاصله تیرچه‌ها (LT)	A	ey	rmin	ix		
500	اندازه دهانه تیرچه به واحد سانتیمتر	12	شماره میلگرد	4.8	1.4	0.98	11
25	کام میلگرد خرابایی	1.1304	خرابایی	173	لاغری عضو کششی		
0.375	حداقل سطح مقطع میلگرد خرابایی						

تال بتنی
بلوک
میلگرد تقویت بالایی
نبشی فوقایی
میلگرد تقویت پایینی
ورق پایینی

میلگرد تقویت بالایی
تال بتنی
بلوک
شخامت بتن روی بلوک‌ها
نبشی فوقایی
میلگرد تقویت پایینی
ورق پایینی
L1=70-75 cm

طراحی تیرچه کرمیت به روش تنش مجاز (ASD) صفحه ۴			
محاسبه جوش میلگرد خربایی به ورق (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)			
170.10	ارزش جوش	13507.20	نیروی برشی جوش (kg)
1.99	طول جوش لازم	675.36	برش هر جوش در محل اتصال

کنترل میلگرد خربایی برای برش (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)			
556.25 O.K.	برش موجود در عضو خربایی قبل از گیرش	0.30	شعاع زیراسیون عضو خربایی
1123.08	برش مقاوم توسط بتن تیرچه	83.55	لاغری عضو خربایی
1400.00 O.K.	برش موجود در عضو خربایی پس از گیرش	1020.79	تنش مجاز فشاری عضو خربایی
2126.35	کل برش مقاوم پس از گیرش بتن	1003.27	برش مجاز عضو خربایی قبل از گیرش



مهندسان مشاور
خانه عمران
استشارات مهندسی - 1393

آدرس: مشهد - بلوار ملک آباد - نیش بزرگمهر - پلاک ۱
تلفن: ۷۶۵۳۳۴۴ - ۷۶۵۳۳۴۴
تهیه کننده: مهدی هادیزاده بزاز

طراحی تیرچه کرمیت به روش تنش مجاز (ASD) صفحه ۴		
کنترل خمش مقطع پس از گیرش بتن (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)		
<p>تار خنثی در فولاد</p> <p>تار خنثی در بتن</p>	7.81	عرض موثر مقطع فولادی (be)
	20.62	تعیین موقعیت تار خنثی
	20.65	موقعیت تار خنثی
	2676	ممان اینرسی مقطع
	129.58	اساس مقطع تار پایینی (کششی)
	1350.48 O.K.	تنش تار پایینی ناشی از کل بار
	1453.77 O.K.	تنش ناشی از روی هم گذاری
	36.47 O.K.	تنش در تار فشاری بتن
	94.50	تنش مجاز فشاری در بتن
	1584.00	تنش مجاز کششی ناشی از کل بار
2160.00	تنش مجاز ناشی از روی هم گذاری	

کنترل خمش (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)			
0.44	خمش ناشی از جمع شدگی	0.76	خمش مقطع کرمیت قبل از گیرش
0.34	خمش مقطع برای بار مرده پس از گیرش	2.60	عرض موثر مقطع فولادی با اثر خزش
0.27 O.K.	خمش مقطع کرمیت برای بار زنده فولاد	17.09	تعیین موقعیت تار خنثی با اثر خزش
1.81 O.K.	خمش کل مقطع کرمیت	17.09	موقعیت تار خنثی با اثر خزش
2.08	خمش مجاز کل بار (L/240)	2142.43	ممان اینرسی مقطع با اثر خزش
1.39	خمش مجاز بار زنده (L/360)	63025	لنگر ناشی از اثر خزش و جمع شدگی

کنترل فرکانس			
5.00	فرکانس مجاز	7.15 O.K.	فرکانس موجود

۶- مراجع

- [۱] مقررات ملی ساختمان ایران : مبحث دهم طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی (طراحی به روش تنش مجاز و خمیری) / دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان . - تهران : نشر توسعه ایران، ۱۳۸۴ .
- [۲] طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی / دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان . معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی. - تهران : نشر توسعه ایران، ۱۳۶۸ .
- [۳] راهنمای طراحی و اجرای سقف تیرچه‌های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن / معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها ؛ نشریه شماره ۱۵۱ - تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۱.
- [۴] طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه / دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان . معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی. - تهران : نشر توسعه ایران، ۱۳۸۵ .
- [۵] مهندس محمد مویدیان، طرح لرزه‌ای سازه‌ها، انتشارات پرتونگار، ۱۳۸۰.
- [6] *American Institute of Steel Construction (AISC). 1989a. Specification for Structural Steel Buildings : Allowable Stress Design and Plastic Design, June 1, 1989 with Comentary, 2nd Impression. Chicago, Illinois.*
- [7] *American Institute of Steel Construction (AISC). 1989b. Manual for Structural Steel Construction, Allowable Stress Design, 9th Edition. Chicago, Illinois.*