

تعريف تيرهاي لانه زنبوري :

دليل نامگذاري تيرهاي لانه زنبوري ، شكل گيري اين تيرها پس از عمليات (بریدن و دوباره جوش دادن) و تکميل پروفيل است . اينگونه تيرها در طول خود دارای حفره های توخالی (در جان) هستند که به لانه زنبور شبته است ؛ به همین سبب به اینگونه تيرها لانه زنبوري می گویند.

هدف از ساخت تيرهاي لانه زنبوري :

هدف اين است که تير بتواند ممان خمشی بیشتری را با خيز (تغير شکل) نسلتا کم ، همچنين وزن کمتر در مقايسه با تير نورد شده مشابه تحمل کند ؛ برای مثال ، با مراجعه به جدول تیرآهن ارتفاع پروفیل IPE-18 را که 18 سانتیمتر ارتفاع دارد ، می توان تا 27 سانتیمتر افزایش داد.

محاسن و معایب تير لانه زنبوري :

باتوجه به مثال گفته شده در بالا با تبدیل تیرآهن معمولی به تیرآهن لانه زنبوري ، اولاً : مدول مقطع و ممان انرسی مقطع تیر افزایش می یابد . ثانياً : مقاومت خمشی تیر نیز افزوده می گردد . در نتیجه ف تیری حاصل می شود با ارتفاع بیشتر ، قویتر و هم وزن تیر اصلی . ثالثاً با کم شدن وزن مصالح و سبک بودن تیر ، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر خواهد بود . رابعاً : از فضاهای

ایجاد شده (حفره ها) در جان تیر می توان لوله های تاسیساتی و برق را عبور داد. در ساختن تیر لانه زنبوری مه منجر به افزایش ارتفاع تیر می شود ، باید استاندارد کاملا رعایت گردد ؛ در غیر اینصورت ، خطر خراب شدن تیر زیر بار وارد شده حتم است.

از جمله معایب تیر لانه زنبوری ، وجود حفرهای آن است که می تواند تنشهای برشی را در محل تکیه گاهها پل به شتون یا اتصال تیراهن تودلی (تیر فرعی) به پل لانه زنبوری تحمل کند ؛ بنابراین ، برای رفع این عیب ، اقدام به پر کردن بعضی حفره ها با ورق فلزی و جوش می کنند تا اتصال بعدی پل به ستون یا تیر فرعی به پل به درستی انجام شود . تیر لانه زنبوری در ساختمان اسکلت فلزی می تواند به صورت پل فقط در یک دهانه یا به صورت پل ممتد به کار رود . برای ساختن تیر لانه زنبوری دو شیوه موجود است . اگر چه بحث های بسیاری پیرامون تیرهای لانه زنبوری ، اخیرا مطرح شده است و به عقیده

گروهی از طراحان به علت مسائل اجرایی آن ، خصوصا جان تیر و اتصال آن توسط جوش (زیرا همانگونه که می دانیم، اتصالات نقش کلیدی و تعیین کننده ای را در انتقال بار از یک عضو به عضو یا اعضای دیگر دارند و در صورت اجرای نامطلوب آن، به میزان زیادی از باربری یا مقاومت المان سازه ای کاسته خواهد شد در نتیجه مساله نظارت موثر بر اجرای عملیات جوشکاری ، اهمیت بسزائی

در کیفیت کلی سازه خواهد داشت.) همچنین وضعی که در ناحیه جان تیر در اثر کاهش مساحت آن وجود دارد از نقاط ضعف این تیرهاست.

مساله لهیدگی جان (web crippling) نیز در قسمت اتصال مقطع برش شده وجود دارد، که بسیار حائز اهمیت می باشد . در نواحی که خصوصاً بار متمرکز وجود دارد و یا نزدیکی تکیه گاه ها که برش عامل موثری است ، کنترل لهیدگی جان نباید مورد توجه بیشتری قرار گیرد ، زیرا در این نواحی مقاطع حالت بحرانی تری نسبت به سایر قسمت ها دارند . البته قسمت اعظم این کاستی ها را می توان با استفاده صحیح و بهینه ورق های تقویتی برطرف نمود و بعضاً در مواردی که باز هم علی رقم همه تدابیر اتخاذ شده، اساس مقطع لازم بدست نیامده باشد، از تیرهای لانه زنبوری دابل می توان استفاده نمود . در نگاهی محتاطانه ، استفاده از تیر های لانه زنبوری از ضریب اطمینان یا ایمنی (safety factor) کمتری نسبت به سایر مقاطع برخوردار دارند . اما استفاده گسترده از این نوع تیرها به سبب مزایائی که آنها را به اختصار بر شمردیم ، هنوز هم در مقیاس وسیعی از کارهای ساختمانی متداول است.

بیشترین مزیت تیرهای لانه زنبوری که در حقیقت مقطعی غیر فشرده است ، در مقایسه با سایر مقاطع استاندارد (فشرده) ایجاد ممان اینرسی نسبتاً خوب آن

حول محور قوی تیر (X) می باشد که به سبب ایجاد فاصله بالها از محور خنثی و افزایش ارتفاع تیر می باشد، بنابر این مقاومت خمشی تیر که مهمترین نقش آن نیز می باشد افزایش یافته، همچنین سختی آن نیز بیشتر می گردد. . . از آنجائیکه جان اینگونه تیرها در قسمتها ئی توخالی است، در نتیجه باعث خواهد شد که وزن سازه به میزان قابل توجهی کم گردد. در اثر کاهش وزن سازه، مولفه های نیروی زلزله که ارتباط مستقیم با وزن سازه (weight) دارند نیز کم می گردند و در نتیجه ساختمان ایمن تر خواهد بود و عملکرد مناسبتری را توأم با انعطاف پذیری بیشتر در بر خواهد داشت.

حتی این کاهش وزن در تیرها، باعث کاهش وزن مرده ساختمان (dead load) خواهد گردید، که در نتیجه آن بار کمتری به عناصر اصلی سازه، خصوصا ستون ها وارد خواهد گردید.

از سوی دیگر بهینه ترین وضعیت در طراحی سازه ها، اقتصادی بودن آن می باشد که در تیرهای لانه زنبوری به دلیل آنکه مقطع هر تیر به صورت زاویه دار (زیگ زاگ) توسط دستگاه برش بریده می شود، و سپس با جابجایی دو قسمت آن نسبت به هم تیر به صورت لانه زنبوری در خواهد آمد، صرفه جوئی نسبی در مصرف فولاد صورت خواهد گرفت. از لحاظ تاسیسات ساختمان نیز

اینگونه تیرها مورد استقبال قرار می گیرند ، زیرا که می توان از فضاهای خالی در جان تیر برای عبور لوله های تاسیسات و یا کابل های برق استفاده نمود . و این موضوع شاید یکی از نقاط قوت منحصر به فرد اینگونه تیرهاست . ملاحظه می شود که تیرهای لانه زنبوری با توجه به مطالب ذکر شده به میزان چشمگیری از ارتفاع سقف می کاهند که خصوصا در مواقعی که طرح های معماری محدودیت زیادی را در ساختمان به صورت اعم و در ناحیه سقف به صورت اخص به طراحان سازه تحمیل می کنند ، و به هیچ عنوان افزایش ضخامت سقف ممکن و میسر نباشد ، تیرهای لانه زنبوری بهتر از سایر مقاطع مورد شده نقش انتقال بار را به سایر عناصر بازی خواهند کرد . حتی در مواردی که تیر با ارتفاع متغییر مورد نیاز است ، مانند بعضی از سازه های صنعتی و یا تیرهای مورد استفاده در تیر ریزی بام ، با تغییر برش تیر ، تیر مورد نظر را بسیار ساده و ارزان می توان آماده نمود، که این کار تنها با برش مورب زیگ زاگها در جان تیر ممکن خواهد شد . مزایای فوق الذکر باعث ترغیب طراحان در استفاده از تیرهای لانه زنبوری می شود و به عنوان گزینه مطلوبی مورد استفاده همه جانبه قرار می گیرد .

با وجود داشتن محاسن ، مهندسان با تجربه و پیمانکاران

آینده نگر سعی می کند که هیچگاه از تیرهای لانه زنبوری

استفاده نکنند .

الف) شیوه برش پانیر

ب) شیوه برش لتیسکا

روشهای مختلف برش تیر آهن :

1- برش به روش کویال : با استفاده از دستگاه قطع کن سنگین که به

گیوتین مخصوص مجهز است ، تیرآهن به شکل سرد در امتداد خط منکسر
قطع می شود.

2- برش به روش برنول : برش در این حالت به صورت گرم انجام می

گیرد ؛ به این صورت که کارگر ماهر برش را با شعله بنفش رنگ قوی حاصل از
گاز استیلن و اکسیژن ، به وسیله لوله برنول ، انجام می دهد . بریدن تیرهای
سبک به وسیله ماشینهای برش اکسیژن شابلن دار نسبتاً ساده است . در ایران
تیرهای لانه زنبوری را بیشتر با دست تهیه می کنند.

روشهای ساختن تیر لانه زنبوری و تقویت آن :

روش تهیه تیرهای لانه زنبوری از این قرار است که ابتدا در روی جان تیر آهن
نورد شده با استفاده از اگو که بصورت 5. شش ضلعی از ورق آهن سفید یم
میلیمتری (شابلن) با توجه به استاندارد ساخته شده خط می گردد ؛ سپس
تیر آهن را روی یک شاسی افقی با زدن تک خال جوش در نقاط مختلف برای
جلوگیری از تاب برداشتن قرار می دهند . آن گاه با استفاده از دستگاه برش
(برنول) در امتداد خط منکسر اقدام به برش می کنند تا پروفیل به دو قسمت
بالا و پایین تقسیم شود. حال اگر قسمت بالا را به اندازه یک دندانه جابجا کنیم
و دندانه های دو قسمت با و پایین را به دقت مقابل هم قرار دهیم و از دو طرف
کارگر ماهر آنرا جوشکاری کند با استفاده از جوش قوسی نیمه اتوماتیک برای
اتصال دو نیمه بریده شده ؛ یک جوش خوب ، بی عیب ؛ سریع و مقرون به
صرفه خواهد بود . همان طور که در مطالب قبلی نیز گفتم ، تیر ساخته شده در
محل تکیه گاهها با توجه ب ه حفره های خالی آن در مقابل تنشهای برشی
ضعیف می شود . برای جبران این نقیصه ، با توجه به منحنی نیروی برشی نیز
به پر کردن حفره ها با ورقهای تقویتی اقدام می کنیم . لازم به ذکر است که
حداقل باید یک حفره با ورق در تکیه گاه به وسیله جوش کامل پر شود . در
پایان یادآور می شوم که یک نوع دیگر از پروفیل های لانه زنبوری را پس از

بریدن قطعات بالا و پایین ورق واسطه اضافه می کنند که این ورق ورق واسطه بین دندانه ها جوش می شود . در نتیجه ، تیر حاصل به مراتب قویتر از تیری است که بدون ورق واسطه ساخته می شود .

تقویت تیرهای لانه زن بوری به كمك رفتار مرکب بتن و

فولاد

در تیرهای لانه زن بوری علاوه بر تنشهای خمشی اصلی در محل حلقه ها تنشهای خمشی ثانویه حاصل از برش در مقطع ایجاد میگردد که گاهی این تنش از تنشهای خمشی اصلی در تیر بزرگترند . این تنشها از کارایی تیر می کاهند و برای مقابله با آنه ا باید حلقه های کناری را با ورق پر کرد خصوصا هنگامی که از این نوع تیرها بصورت یکسره استفاده می شود در محل تکیه گاهها که هم نیروی برشی و هم لنگر خمشی زیاد می باشد تنشهای خمشی بشدت افزایش میابد و نیاز به تقویت تیر در این محلها می باشد که از لحاظ اقتصادی قابل توجیه نمی باشد . در این پروژه برای مقابله با این ضعف در تیرهای لانه زن بوری رفتار مرکب بتن و فولاد تهیه شده هست . به این ترتیب که داخل تیر فلزی در نقاطی که تنشهای ثانویه قابل ملاحظه می باشند از بتن پر می شود و کشش حلقه های خالی را به عمل تغییر می دهد و این امر

سختی و مقاومت تیر را افزایش می دهد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشد .

قابهای متشکل از تیر های لانه زنبوری به طور گسترده و روز افزون (اغلب توام با سیستم مهار بندی متقرب المحور) در صنایع ساختمانی کشورمان مورد استفاده قرار داده می شوند . خصوصیات هندسی تیرهای لانه زنبوری به نحوی است که تحت اثر تغییرات لنگر خمشی ، تغییر شکلهای (اصطلاحاً) ثانوی برشی ، که اغلب قابل ملاحظه اند به وقوع پیوسته تغییر مکان جانبی سازه تحت اثر اعمال نیروهای جانبی ناشی از زلزله در جهت عدم اطمینان می گردد . اثرات این تغییر شکلهای ، در تیر های



لانه زنبوری در مقایسه با تیرهای دارای جان توپر با سختی خمشی معادل ، منجر به بروز تغییر مکان جانبی بیشتر و نتیجتاً افزایش اثر بار p ، به ویژه در

حیطه رفتار ماوراء الاستیک در این قابه م ی گردد . بروز تمرکز تنش و شدت زیاد حوضه تنشی در گوشه سوراخها ، ملاحظات را در طراحی این تیرها در مقابل اثرات ناشی از پدیده خستگی کم تواتر در اثر وقوع زلزله ، ایجاب می نماید . گونه های مختلف گسیختگی تیرهای لانه زنبوری ، شامل انحناء مختلف کمانش کلی و موضعی و کمانیسم محتمل پلاستیک و شکست می باشد . باتوجه به آنکه شکل پذیری و توانایی جذب انرژی ، تابع میزان قابلیت رفتار عضو سازه ای در حیطه پاسخ غیر خطی ماوراء الاستیک بوده و معیارهای مناسبی از دیدگاه ظرفیت مقاومت و کیفیت رفتار در مقابل نیروهای ناشی از زلزله شدید تلقی می گردند . ضرورت تدوین ضوابط منطقی جهت ایجاد امکانات رفتار شکل پذیر در قابهای متشکل از تیرهای لانه زنبوری محرز می گردد .

بر اساس مطالعات آنالیتیک عددی و آزمایشگاهی رفتار خمیری و حدی این تیرها مورد بررسی قرار داده شده نکاتی در مورد مقولاتی از قبیل اثرات تمرکز تنش ، تنش های پس ماند بروز پلاستیسیته موضعی و گسترده ، مکانیسمهای گسیختگی پلاستیک مورد بحث قرار داده شده است و رفتار غیر خطی تیر لانه زنبوری از نظر عملکرد غیر خطی مصالح ، با در نظر گرفتن اثرات سخت شدگی جنبشی به روش اجزاء محدود مطالعه شده و با ملحوظ داشتن اثرات گسترش

ترک در گوشه سوراخها در کاهش ظرفیت باربری حد نهایی تیر ، رفتار غیر خطی تیر به صورت روابط بار تغییر مکان و لنگر و تغییر زاویه ارائه گردیده است که با نتایج حاصل از آزمایش مطابقت داشته است . همچنین از طریق طرح ریزی آزمایشهای ویژه رفتار غیر خطی اجزا تشکیل دهنده تیر لانه زنبوری مطالعه آزمایشگاهی چندی بر تیرهای لانه زنبوری اصلاح شده به منظور بهبود رفتار خمیری و افزایش شکل پذیری گزارش شده است . تحقیقات جاری شامل بررسی آزمایشگاهی رفتار قابهای متشکل از تیرهای لانه زنبوری از دیدگاه شکل پذیری همچنین مطالعه پدیده کمانش جانبی - پیچشی چون در دست انجام است تا بدست آمدن نتایج مطالعات جامعتر از دیدگاه رفتار لرزه ای توصیه های ذیل را می توان به عنوان الگوی اولیه جهت تدوین ضوابط طراحی سازه های فولادی متشکل از تیرهای لانه زنبوری مقاوم در مقابل زلزله (یا بدون سرپستم های مهار بندی) به عنوان مکمل ضوابط طراحی تیرهای لانه زنبوری تلقی نمود :

- 1- اثرات تغییر شکلهای برشی ثانویه تیر لانه زنبوری (و ستونهای تسمه دار) در تحلیل ملحوظ گردد .
- 2- تحلیل با در نظر گرفتن نیروی p انجام شود .
- 3- تحلیل با در نظر گرفتن اثرات ناشی از اعطاف پذیری اتصالات مربوطه

انجام شود

.

4- تا انجام تحقیقات گسترده تر به منظور کاهش تغییر مکان جانبی سیستم

مقاوم حتی المقدور از سیستم قاب فضا کار متشکل از تیرهای لانه زنبوری

بدون استفاده از سیستم مهاربندی مختلط اجتناب گردد

.

5 - در کلیه اجزاء تیر خواص مقاطع ف

شده رعایت گردد

.

6- طول عضو لانه زنبوری به نحوی اختیار گردد که مقاومت پلاستیک مقطع

از نظر کنترل طرح با ایمنس مکفی بر سیلان برشی پیشی گیرد و به طور کلی

مکانیسم پلاستیک خمشی یا شبه ویرندیلی مقدم بر سایر گونه های

گسیختگی صورت پذیرد و تا میزان قابل ملاحظه ای از تغییر شکل از بروز گونه

های گسیختگی ممانعت به عمل آید

.

7 - از سخت کننده های جان در پانل های انتهایی استفاده شود و محاسبات

با در نظر گرفتن اثر سخت شدگی جان انجام گردد

.

8- برای ممانعت از بروز گسیختگی تردگونه و همچنین بروز کمانش موضعی

در گوشه بازشوها و بهبو رفتار تحت اثر پدیده خستگی کم تواتر قوسی به

مشخصات ارائه شده در ضمیمه الف مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران

در گوشه بازشوها اجرا گردد

.

9 - از جوش با نفوذ کامل استفاده گردد

.

- 10 - به منظور جلوگیری از کمانش جانبی-پیچشی مقاطع T ، تا فاصله $1/4$ طول دهانه از اتصال تیر به ستون قيود جانبی به فواصلی برابر با بعد به پانل و از آن به بعد فواصل متناسب برای تیرهای شکل پذیر در نظر گرفته شود .
- 11 - از تقویمتهای مناسب جان برای جلوگیری از کمانش تحت اثر بار متمرکز و برش زیاد استفاده گردد .
- 12- از تقویمتهای مناسب جان برای افزایش ظرفیت چرخشی لوله های مقاطع T در مکانیسم شعبه ویرندیلی در پانلهای بحرانی استفاده گردد .
- 13 - تا انجام تحقیقات گسترده تر ، تحت بارهای دوره ای و مطالعه رفتار هیستریک ، سیستم های قاب فضا کار متشکل از تیرهای لانه زنبوری ، توام با سیستمهای مهاربندی (مختلط) به عنوان قاب فضا کار لنگر گیر معمولی (بدون قابلیت عملکرد و شکل پذیر ویژه) و با ضریب رفتار مناسب با آن بکار گرفته شود.
- 14- حداکثر ارتفاع سیستم های مختلط توام با قاب معمولی متشکل از تیرهای لانه زنبوری به 50 متر محدود گردد .
- 15 - استفاده از تیرهای لانه زنبوری به عنوان عضو تیر واسط در قابهای مهاربندی شده با سیستم مهاربندی واگرا مجاز نمی باشد .
- 16 - فولاد مورد استفاده باید از نوع شکل پذیر ، با مقاومت مناسب در مقابل

گسيختگی سريع و با دمای انتقال پايين باشد .

17 - حداکثر مقاومت سيلان فولاد مورد مصرف 3600 kg/cm^2 محدود گردد.

18 - نوع سطوح برشی حاصل از ماشين و برش اتوماتيك شعله ای با کیفیت خوب قابل قبول می باشد ولی سطوح برش ی حاصل از برش شعله ای دستی بايد پرداخت داده شود.

19 - حداکثر رواداری مجاز از نظر عدم هم امتداد بودن و دو نیمه جوش شده تیر که بر حسب نسبت اندازه نابجایی اولیه در وسط ارتفاع اعضاء قائم جان به ارتفاع کل جان تعريف می شود .

20 - حتی المقدور طراحی این تیرها به صورت مرکب (مختلط) با عملکرد توام با بتن کف انجام شود . اتصالات موسوم به خورجینی قبل از آنکه بتوان در مورد نحوه عملکرد اتصالات موسوم به خورجینی از دیدگاه ر ابطه بین لنگر و چرخش اتصال و همچنین شکل پذیری اتصال و در نتیجه میزان مطلوب بودن این اتصالات به عنوان اتصالات قابهای فضایی شکل پذیر یا بدون مهار بندی اضهار نظر قطعی نموده ، لازمست تحقیقات دامنه داری در مورد رفتار استاتیکی و دینامیکی اینگونه اتصالات انجام شو د.

مطالعاتی که در حیطه الاستیک روی رفتار تیرهای خورجینی انجام گرفته

حاکی از آن است که میزان گیرداری این اتصالات را می توان در جهات تیرهای خورجینی با استفاده از ورقهای اتصال که در بالا و پایین به بال تیرهای خورجینی و به ستون و در عین حال به کناره نبشی های ا اتصال فوقانی و تحتانی جوش شده اند ، بهبود بخشید و تمایل به پیچش ناشی از برون محوری را در ناحیه اتصال خنثی نمود و در عین حال از نظر میزان تمرکز تنش نیز شرایطی مناسبی را ایجاد کرد استفاده از لچکی هایی جهت جلوگیری از تغییر شکل نبشیهای اتصال فوقانی و تحتانی نه تنها از نظر ایجاد محدودیت و قیود بیشتر در تغییر مکان جانبی پیچشی تیرهای خورجینی بلکه از نظر افزایش میزان گیرداری اتصال تیر فرعی به مجموعه نیز خورجینی و ستون نیز موثر می باشد. در عین حال با توجه به تمایل تیرهای خورجینی به تغیر مکان جانبی پیچشی به علت برون محوری ، انتظار می رود تیرچه ها و مصالح مورد استفاده در کف طبقات معولا قادر به جلوگیری از تغییر مکان جانبی - پیچشی تیرهای خورجینی و بهبود بخشیدن به این نقطه ضعف ناشی از برون محوری اتصال باشند.

استفاده از ورقهای فوقانی و تحتانی به نحوه مذکور در سطور فوق در محل اتصال و همچنین استفاده از تسمه های متصل کننده تیرهای خورجینی در فواصل متناسب در طول دهانه تیرهای خورجینی از نظر محدود نمودن تغییر

شکلهای جانبی پیچشی تیرها مفید خواهند بود . استفاده از تیرهای خورجینی ناودونی و ستونهای دابل متشکل از پروفیلهای ناودونی به نحوی که جان تیر جان تیر خورجینی در تماس با جان پروفیل ، ستون باشد به لحاظ کاهش میزان برون محوری رفتار من حیث المجموع بهتری ، چه از نظر میزان لنگر قابل انتقال توسط اتصال و چه از نظر نحوه توزیع تنشها و ضرائب تمرکز تنش ، در حیطه الاستیک نشان می دهند . تحقیقات بیشتر در زمینه رفتار ماوراء الاستیک این اتصالات و رفتار در مقابل بارهای متناوب دوره ای و تغییر علامت دهنده در حال حاضر در دست انجام می باشد.

/

اضافه کردن ورق های تقویتی تیرهای لانه زنبوری به

صورت بهینه

در زی به صورت اجمالی ، تئوری علمی حاکم بر استفاده از پلایت ها ، محل بهینه پلایت ها و توجیع اقتصادی در استفاده از پلایت ها و مقاطع موجود آمده است.

1- تئوری علمی حاکم بر استفاده از پلایت ها

در همین راستا طراحان از تئیه‌های لانه زنبوری استفاده می نمایند ، که اساس مقطع بیشتری را به سبب فاصله (d) که بالها از تار خنثی دارند و در نتیجه ممان انحرسی زلزله تری را با توجه به رابطه $(I=bh^3/12+Ad^2)$ تامین می نمایند . در حقیقت $S=I/C$ و هر چه ممان انحرسی بیشتر شود ، اساس مقطع افزایش می یابد و تنش ها کمتر خواهند گردید $(F=M/S)$.

2- محل بهینه پل‌یت ها

تجربه نشان داده است که افزودن پل‌یت به جان تئیه‌های لانه زنبوری اثر چشمگیری تری در افزایش اساس مقطع نسبت به حالتی که به بال افزوده می شوند دارد . علت تئوریک آن ریشه با توجه به روابطی که در فوق ذکر گردید (همان افزایش h) و ترم $(bh^3/12)$ در رابطه ممان انحرسی و در نتیجه اساس مقطع می باشد. بنا بر این بر خلاف تصور عمومی که افزودن ورقهای تقویتی به بال باعث افزایش مقاومت خمشی می شود می توان در طفت که در صورت اضافه نمودن آن به جان خصوصا در تئیه‌های لانه زنبوری می توان با همان مقدار فولاد ، لنگر بیشتری را مهار نمود و طرح بهینه تر خواهد شد.

در زی جدوای محاسبه گردیده است که بر اساس اصول علمی که مختصری از آن شرح داده شد ، بدست آمده است که در آن پل‌یت ها به ضخامت ها ی

متفاوت مورد استفاده قرار گرفته اند و اساس مقطع آن محاسبه شده است ،
همچنین میزان ماکزیمم لنگری که قادر به انتقال آن هستند لحاظ گردیده
است.

3- توجیه اقتصادی در استفاده از پلایت ها و مقاطع

یکی دیگر از مسائل مهم و تاثیر گذار در طراحی ها ، استفاده از پروفیل های
متداول و موجود در بازار می باشد . زیرا در صورت طراحی با مقاطع کم عیار
توجه اقتصادی پروژه ها دچار تزلزل خواهد شد . از آنجایی که بیشترین
پروفیل های موجود در بازار که معمولاً IPE 16 و IPE 18 می باشد بهتر است از
آنها استفاده نمود ، که در جدول زیر به این موضوع نیز توجه لازم گردیده
است.

با دقت در این جدول و مقایسه در استفاده ورق ها در جان پلی بال تها ، می
توان به صحت مطالب فوق پی برد . همچنین با استفاده از این جدول به سرعت
می توان رهرخ بهینه که توسط ورق در مکان های بحرانی تقویت شده است را
طفت و تا حد امکان به سمت اقتصادی تر شدن طراحی پیش رفت .

در جدول زیر PL پلایت پلی ورق تقویتی اضافه شده به W (web) جان تها و
F(flag) بال تها می باشد و اساس مقطع حول محور X ها که معمولاً تعین
کننده می باشد. S_x) و M_{max} لنگر ماکزیمم می باشد.

(Profil)		Sx(cm ³)
		M max(t.m)
cpe 16	338.5	2
		4.6
cpe 16+1PL(W)8	382.94	2
		5.42
cpe 16+2PL(W)8	427.39	2
		6.05
cpe 16+2PL(W)10	449.61	2
		6.37
cpe 16+2PL(W)10+1PL(F)20*1	652.56	2
		9.4
cpe 18	455.5	2
		6.56
cpe 18+1PL(W)8	508.14	2
		7.32
cpe 18+2PL(W)8	560.72	2
		8.07

cpe 18+2PL(W)10	587.01	2
		8.45
cpe 18+2PL(W)10+1PL(F)20*1	818.88	2
		11.76
cpe 16	507	3
		7.31
cpe 16+11PL(F)20*1	708	3
		10.2
cpe 18	683	3
		9.84
cpe 18+11PL(F)20*1.5	1041	3
		15
cpe 18+11PL(F)23*1+2PL(W)1*22	1074	3
		15.

بررسی رفتار تیرهای لانه زنبوری در برابر زلزله:

مقدمه:

با وجود تجربه تلفات و خسارات سنگین زلزله های اخیر مانند زلزله های منجیل و بم، احتمال وقوع زمین لرزه های بزرگ در بیشتر مناطق پرجمعیت کشور و نیاز جدی به اعمال کنترل کیفی در طراحی و

اجرای ساختمان ها، هنوز توجه کافی به ساخت و ساز صحیح نشده است.

ساختمان های فولادی بخش قابل توجهی از ساخت و ساز در ایران را تشکیل می دهد. در این مقاله مرور مختصری بر وضعیت اجرای این ساختمان ها در کشور می شود و موارد نقاط ضعف اجرایی که معمولاً باعث سهل انگاری یا عدم تسلط کافی مهندس ناظر به اصول اجرایی ساختمان مقاوم در برابر زلزله رخ می دهد مورد توجه قرار داده و راهکار های مناسب و ممکن جهت بهبود ساخت و ساز ارائه شود.

لبوجود لرزه خیزی بالای اغلب نقاط پر جمعیت کشور و آسیب پذیری ساختمان های موجود در برابر زلزله بر اساس تجربیات زلزله های اخیر مثل منجیل وبم و.....هنوز توجه کافی به ساخت و ساز صحیح نشده است. از نظر مهندسی زلزله در حال حاضر احداث بناهای مقاوم در برابر زلزله براحتی امکان پذیر است. لیکن عملاً مشکلاتی شکل گرفته که رسیدن به ساختمان های مقاوم تضمین نمی گردد. بیشتر ساختمان های کوچک مسکونی با نظارت صحیح مهندسين ساختمان نی که دانش فنی لازم را دارند ساخته نمی شود و حتی اگر ساختمان مورد نظر درست طراحی و محاسبه شده باشد معمولاً در اجرا باعث سهت انگاری

مهندس ناظر و یا عدم تسلط وی به اصول اجرایی ساختمان ها ی مقاوم در برابر زلزله طرح دچار خطا های بعضا اساسی میگردد. مشکل اصلی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها حتی نمونه های جدید الاحداث در ایران عدم استفاده صحیح از دانش فنی در مراحل طراحی و اجرا میباشد. بسیاری از مهندسين کشور نه تنها اطلاعات کاملی در مورد آسیب پذیری و مقاوم سازی لرزه ای ندارند، بلکه در مواجهه با غالب مسائل اجرایی معمول ساختمان نیز کوتاهی می کنند. لذا بایستی سطح آگاهی در اطلاعات فنی این افراد افزایش یافته و نیز مکانیزمی برای اعمال قاطعیت اجرایی و کنترل امر در نظر گرفته شود و البته طوری که حق مهندسی ناظر حفظ شده و مسئو ليتها به درستی تقسیم گردد. ساختمان های فولادی بخش قابل توجهی از ساخت و ساز در ایران را تشکیل می دهد. لذا در این مقاله وضعیت ساخت و ساز ساختمان های فولادی در کشور مختصرا مرور شده و یکسری علل ضعف اجرای این ساختمان ها بررسی شده و توصیه هایی جهت بهبود اجرا ارائه میگردد.

معایب و ضعف های ساختمان های فولادی موجود

ضعف های عمده ساختمان های فولادی با توجه به نحوه طراحی و اجرای آنها در پی ها، ستونها، تیرها، اتصالات بترها به ستونها، اتصال تیر به تیر اصلی، سیستم باربر جانبی، اعضای مهار بندی، اتصالات باد بند ها، سیستم دیافراگم، کف دیوار ها و تیغه های داخلی و راه پله می باشد.

تیر ها

در اکثر موارد از تیر های لانه زنبوری در ساختمان های فولادی استفاده می شود. این تیر ها در مقابل برش ضعیف هستند و در محل اعمال بار های متمرکز مثل دو انتهای تیر بایستی جان را با ورق تقویتی پر نمود. لیکن با توجه به ایجاد نیروی برشی در تمام طول تیر ها در سیستم قاب خمشی کاربرد تیر های لانه زنبوری برای ساختمان های فلزی در مناطق زلزله خیز در راستای بدون باد بندی مناسب نمی باشد.

خیلی از تیر ها در سیستم قاب صلب از مقاطع زوج باورقهای تقویتی بالها در دو انتها تشکیل می شود. منتها این ورق ها با جوش منقطع ومعمولا باساق ضعیف به بالهای تیر وصل می شوند. از آنجا که

نیروهای کششی بزرگی در بال ها ناشی از خمش تیر در دو انتهای تیر توسط این ورق ها بایستی به ستون منتقل گردند. در طول و بعد جوش این ناحیه دقت خاصی نیاز است و غالبا ورق های تقویتی بالها باید به صورت ممتد به بال ها جوش شوند.

مشکل متداول دیگر در تیر های ساختمان های فولادی طول نامناسب آنهاست. رواداری مجاز در انتهای تیر و در محل اتصال به ستون معمولا حدود 1 سانتیمتر می باشد. لیکن در خیلی از ساختمان ها به علت ضعف کیفیت اجرایی این فاصله حتی به 5 سانتیمتر می رسد که خروج از محوریت زیاد و در نتیجه لنگر خمشی بزرگی را به نبشی نشیمن زیر تیر اعمال می نماید.

مهندسين ناظر بايستي مراقب باشند که این فاصله ها در حد مجاز باقی بماند و در صورت لزوم در خواست تغییر تیر و یا حداقل از نشیمن تقویت شده (در صورتیکه رواداری چندان از مقدار مجاز تجاوز نکرده باشد) استفاده بنمایند.



اتصال تیر به ستون و تیر به تیر

شاید مشکل ترین قسمت از وظایف مهندس ناظر در کنترل کیفیت اجرایی یک ساختمان فولادی اطمینان از درستی اتصال تیر به ستون باشد به ویژه در امتدادی که سیستم مهار بندی وجود ندارد و صرفاً قاب خمشی قرار است در مقابل بار های جانبی زلزله مقاومت نماید. در چنین حالتی اگر ستونهای قوطی ساخته شده از ورق استفاده می شود، بایستی به نصب ورقهای پیوستگی در داخل ستون قوطی و در تراز ورقهای زیر و روی تیرتوجه خاصی گردد. غالباً اجرای این ورق ها

فراموش شده و یا در تراز صحیح خود صورت نمی گیرد. مطلب مهم دیگر جوش صحیح آن به داخل 4 وجه ستون می باشد و متاسفانه در عمل سه طرف جوش شده و در وجه چهارم به ورق های پیوستگی متصل نمی شود. برای رفع این مشکل می توان ورق وجه چهارم قوطی ستون را در یک طول مشخص یک متری به صورت منقطع اجرا نمود تا امکان جوشکاری ورقهای پیوستگی به وجه چهارم نیز بوجود و ورقهای تقویتی روی بال ها IPE آید. در خیلی از سا ختمان های فولادی برای ستون های واقع در قاب خمشی از مقطع زوج متشکل از دو نیم رخ استفاده می گردد. در این حالت به هنگام اعمال کشش به ورقهای تقویتی بال ها براحتی این ورق خمیده شده و فلسفه اتصال گیر دار زیر سوال می رود. برای رفع یا حداقل کاهش مشکل در چنین حالاتی می توان از جوشکاری ورق تقویت بالها استفاده نمود که این جزئیات بایستی در نقشه های اجرایی سازه آمده باشد.

جوش شیاری اتصال ورق های فوقانی و تحتانی به ستون برای تامین اتصال گیردار نیز اهمیت زیادی دارد و در عمل نسبت به جزئیات آن مثل داشتن پخ 45 درجه لبه ورق و شرایط جوش نفوذی سهل انگاری می شود. خیلی اوقات ورق فوقانی به صورت مستطیلی بکار می رود و

لذا جوش شیاری از مقاومت کافی برخوردار نخواهد بود .برای رفع این مشکل بهتر است پهنای این ورق به صورت دوزنقه ای در محل اتصال به ستون افزایش یابد.





نشی های نشیمن زیر تیر ها در خیلی موارد برای تحمل نیروهای تکیه گاهی کافی نیستند و لذا بایستی آنها با افزودن سخت کننده های مثلی تقویت نمود مشکل دیگر اتصال تیر به ستون در سیستم اتصال خورجینی (اگر چه در حال حاضر به ندرت به کار می رود) است که همواره تا حدی لنگر خمشی از تیر به ستون منتقل می شود لیکن عملا ستون ها برای این لنگر اضافی محاسبه و طراحی نمی شوند.

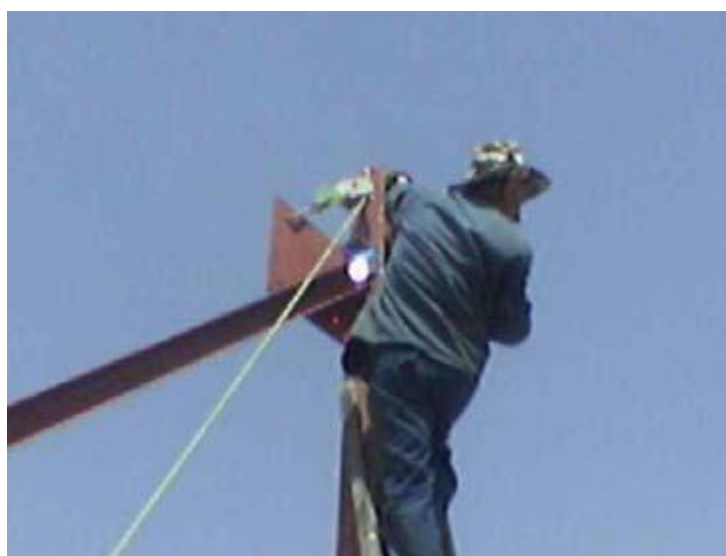
سیستم مقاوم جانبی در ساختمان های فولادی

تعداد قابل توجهی از ساختمان های فلزی موجود در کشور بکلی فاقد هر گونه سیستم باربر در برابر بارهای زلزله هستند در غالب آنها بدون هیچ سیستم مهار بندی از قاب ساده یا قاب با اتصالات خورجینی استفاده شده است که صرفاً برای تحمل بار های قائم طراحی شده اند . در حالت باد بندی شده نیز گاهی اوقات به صورت متقارن باد بندی نمی شود که موجب ایجاد کوپل پیچشی بزرگی در طبقات ساختمان می گردد . بعنوان یک مسئله مهم حذف عنصر مقاوم در طبقه همکف به علت ورودی ساختمان سبب شکل گیری طبقه نرم و ضعیف در این طبقه که قرار است حداکثر نیروی برشی ناشی از زلزله را تحمل نماید می شود.

مهاربندی

اشکالات متعددی در سیستم مهاربندی ساختمان های فولادی در حال اجرا دیده می شود . اتصال عضو باد بند به صورت خارج از مرکز با نصب ورق اتصال در لبه بال ستون و تیر اتصال این ورق به تنهایی به ستون یا تنها به تیر و نیز ضعف عضو مهاربند و ابعاد غیر کافی ورق های اتصال باد بند از موارد معمول می باشد که بایستی با هشیاری مهندس ناظر از آنها اجتناب گردد

شكل قديمى به جاى اعضاى مهاربندى (معمولا مقاطع زوج از ناودانى يا نبشى) در بعضى ساختمان ها مالك تر جيج مى دهد كه از پروفيل هاى داده شده در نقشه ها استفاده گردد. بايد توجه داشت كه اين مقاطع اغلب حتى جوابگوى شرط لازم لاغرى اعضاى فشارى نيز نيستند و در صورت ارضا شرط لاغرى تنها شايد بتوان در طبقات فوقانى ساختمان كه نيرو هاى ناشى از زلزله در باد بند ها كاهش مى يابد از آنها استفاده نمود. مشكل ديگر اجرايى در اين رابطه عدم اتصال دو نيمرخ (ناودانى يا نبشى) به يكديگر در طول اعضاى باد بندى با مقاطع زوج مى باشد كه لازم است در فواصل مشخص با تسمه به يكديگر وصل شوند.





در سیستم مهاربندی واگرا (دوزنقه) علاوه بر توجه کافی به مشخصات لازم برای اعضای مهاربند بایستی به محل اتصال این اعضا به تیر و مقاومت خود تیر دقت نمود. اغلب دیده می شود که برای تامین بازشو بزرگتر زاویه مهاربند ها با افق زیاد شده و نه تنها از راندمان سیستم مقاوم جانبی در تحمل بارهای جانبی می کاهد بلکه نیروی برشی بزرگتری را به تیر پیوند تحمیل می نماید ضمناً بدین ترتیب تیر پیوند به صورت خمشی عمل خواهد نمود. در صورتیکه بهتر است تحت نیروی برشی به محدوده تغییر شکل های غیر ارتجاعی وارد شده و انرژی زلزله را مستهلک می نماید.

متاسفانه در خیلی از ساختمان های فولادی در حال اجرا با سیستم مهاربندی واگرا از یک تیر لانه زنبوری بعنوان تیر پیوند استفاده می گردد. که به هیچ وجه جوابگوی ضوابط طراحی در خصوص جاری شدن برش جان تیر پیوند نمی باشد.

جوشکاری

جوش ها در همه بخش ها بایستی منطبق بر اطلاعات نقشه بوده و از H یکی از مهمترین موضوعات در هر ساختمان فولادی کنترل جوش از لحاظ بعد و طول جوش و کنترل کیفیت لازم بررسی گردد. در این خصوص حتی ممکن است در یک ساختمان فولادی کوچک به انجام آزمایشات غیرمخرب بر روی جوش نیاز باشد.



منابع و مراجع:

پژوهشنامه موسسه بين المللى زلزله شناسى و مهندسى زلزله شماره

(1379:2)

کتاب سازه های فولادی مهندس طاحونی

<http://www.civilgate.com>

http://www.civilica.ir/index.php?option=com_content&vie

<http://hirsablogfa.com>

http://www.civilica.ir/index.php?option=com_content&vie

[w=category&id=61&Itemid=84](http://www.civilica.ir/index.php?option=com_content&vie)

<http://payamzarparvar.blogfa.com/cat-4.aspx>

<http://er-shahriary.blogfa.com>

<http://www.vojoudi.com/civil/education/res/index.htm>