

تیرهای لانه زنبوری

گردآوری و تدوین :

مهندس احسان راستگو

Civilbooks.blogfa.com

چکیده مقاله :

در این مقاله سعی گردیده است در مورد محاسن استفاده از تیرهای لانه زنبوری، علی الخصوص در سازه های با اهمیت متوسط و همچنین در مورد بعضی از نقاط ضعف آن و چگونگی بر طرف کردن آن ها بصورت اجمال بحث شود. آن چه که در اینگونه تیرها بسیار حائز اهمیت است این است که در مقاطع بحرانی تیر نیاز به استفاده از ورق هائی به منظور افزایش مساحت و اساس مقطع می باشد تا مقاومت خمشی لازم را فراهم سازند، به همین منظور استفاده از پلیت ها کاملاً ضروری به نظر می رسند. اما با توجه به این که اساسی ترین هدف استفاده از تیرهای لانه زنبوری پس از افزایش اساس مقطع، کاستن از وزن اسکلت و در نتیجه سازه می باشد، باید به صورت دقیقتری، محل اضافه نمودن پلیت ها را، به تیر ها، معین نمود تا علاوه بر آن که ظرفیت خمشی مناسب تامین می گردد، از فولاد کمتری نیز استفاده شود و طرح مورد نظر از مطلوبترین توجیهات اقتصادی بر خوردار گردد.

در این مقاله در طی یک فرایند محاسباتی افزودن پلیت ها و همچنین ذکر توجیهات علمی آن بر اساس اصول استاتیک و سازه و اثر آن ها در اساس مقطع و به تبع آن ماکزیمم لنگری که تیر می تواند آن را تحمل کند، نشان داده شده است که محل قرارگیری پلیت ها در ناحیه جان اثر چشمگیرتری در اهداف مذکور خواهد داشت. با پلیت های معمولی و استفاده توأم از مقاطع استاندارد که در بازار هم بصورت متداولتری وجود دارند می توان ظرفیت خمشی را به نحو نسبتاً چشمگیری افزایش داد.

تعریف تیرهای لانه زنبوری :

دلیل نامگذاری تیرهای لانه زنبوری، شکل گیری این تیرها پس از عملیات (بریدن و دوباره جوش دادن) و تکمیل پروفیل است. اینگونه تیرها در طول خود دارای حفره های توخالی (در جان) هستند که به لانه زنبور شبیه است؛ به همین سبب به اینگونه تیرها لانه زنبوری می گویند.

هدف از ساخت تیرهای لانه زنبوری :

هدف این است که تیر بتواند ممان خمشی بیشتری را با خیز (تغییر شکل) نسبتاً کم، همچنین وزن کمتر در مقایسه با تیر نورد شده مشابه تحمل کند؛ برای مثال، با مراجعه به جدول تیر آهن ارتفاع پروفیل IPE-18 را که ۱۸ سانتیمتر ارتفاع دارد، می توان تا ۲۷ سانتیمتر افزایش داد.

محاسن و معایب تیر لانه زنبوری :

باتوجه به مثال گفته شده در بالا با تبدیل تیر آهن معمولی به تیر آهن لانه زنبوری،
اولاً : مدول مقطع و ممان اینرسی مقطع تیر افزایش می یابد.
ثانیاً : مقاومت خمشی تیر نیز افزوده می گردد. در نتیجه 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 که منجر به افزایش ارتفاع تیر می شود، باید استاندارد کاملاً رعایت گردد؛ در غیر اینصورت، خطر خراب شدن تیر زیر بار وارد شده حتمی است.

از جمله معایب تیر لانه زنبوری، وجود حفره های آن است که می تواند تنش های برشی را در محل تکیه گاه ها پل به ستون یا اتصال تیر آهن 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 :

الف) شیوه برش پانیر

ب) شیوه برش لنیسکا

روش های مختلف برش تیر آهن :

۱- برش به روش کویال : با استفاده از دستگاه قطع کن سنگین که به گیوتین مخصوص مجهز است،

تیر آهن به شکل سرد در امتداد خط منکسر قطع می شود.

۲- 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 ماشین های برش اکسیژن شابلن دار نسبتاً ساده است. در ایران تیرهای

لانه زنبوری را بیشتر با دست تهیه می کنند.

روش های 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 آگو که بصورت ۵. شش ضلعی از ورق آهن سفید يك میلیمتری (شابلن) با توجه به استاندارد ساخته شده خط می گردد؛ سپس تیر آهن را روی يك شاسی افقی با زدن تك 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 يك دندان جابجا کنیم و دندانهای دو قسمت بالا و پایین را به دقت مقابل هم قرار دهیم و از دو طرف کارگر ماهر آن را جوشکاری کند با استفاده از جوش قوسی نیمه اتوماتیک برای اتصال دو نیمه بریده شده؛ يك جوش خوب، بی عیب؛ سریع و مقرون به صرفه خواهد بود. تیر ساخته شده در محل تکیه گاه ها با توجه به حفره های خالی آن در مقابل تنش های برشی ضعیف می شود. برای جبران این نقیصه، با توجه به منحنی نیروی برشی نیز به پر کردن حفره ها با ورق های تقویتی اقدام می کنیم. لازم به ذکر است که حداقل باید يك حفره با ورق در تکیه گاه به وسیله جوش کامل پر شود. در پایان یادآور می شوم که يك نوع دیگر از پروفیل های لانه زنبوری را پس از بریدن قطعات بالا و پایین ورق واسطه اضافه می کنند که این ورق واسطه بین دندانها جوش می شود. در نتیجه، تیر حاصل به مراتب قویتر از تیری است که بدون ورق واسطه ساخته می شود.

تقویت تیرهای لانه زنبوری به کمک رفتار مرکب بتن و فولاد :

در تیرهای لانه زنبوری علاوه بر تنش های خمشی اصلی در محل حلقه ها تنش های خمشی ثانویه حاصل از برش در مقطع ایجاد می گردد که گاهی این تنش از تنش های خمشی اصلی در تیر بزرگترند. این تنش ها از کارایی تیر می کاهند و برای مقابله با آن ها باید حلقه های کناری را با ورق پر کرد خصوصا هنگامی که از این نوع تیرها بصورت یکسره استفاده می شود در محل تکیه گاه ها که هم نیروی برشی و هم لنگر خمشی زیاد می باشد تنش های خمشی به شدت افزایش میابد و نیاز به تقویت تیر در این محل ها می باشد که از لحاظ اقتصادی قابل توجهی نمی باشد. در این پروژه برای مقابله با این ضعف در تیرهای لانه زنبوری رفتار مرکب بتن و فولاد تهیه شده هست. به این ترتیب که داخل تیر فلزی در نقاطی که تنش های 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.

در قسمت های قبل توضیح داده شد که اضافه نمودن ورق هائی به ضخامت ۱-۲ سانتیمتر به بال تیرهای لانه زنبوری چه اثر چشمگیری بر مقاومت خمشی تیر خواهند گذاشت، در طراحی چنانچه نتایج تجربی این کار را با سایر مقاطع مقایسه نمائیم ملاحظه خواهیم کرد که به رغم اشکالاتی که امروزه بر تیرهای لانه زنبوری وارد است این گونه طرح ها، توجه اقتصادی مثبتی را به دست خواهد داد.

نکته قابل توجه دیگری که نه تنها در طرح تیرهای لانه زنبوری موثر است بلکه در همه جا شایسته مد نظر قرار گرفتن است، فواصل آکس های ستون ها همچنین جهت تیر ریزی می باشد.

در آزمایشی که صورت گرفته است مشاهده گردید که طرح بهینه تیرها به میزان قابل ملاحظه ای وزن تیرها کاهش یافت و پس از اصلاحات مجدد روی نحوه و جهت تیر ریزی سقف از ضخامت پلیت ها کاسته شد. در بعضی موارد به جای پلیت های جفت دربالا و پائین استفاده از یک پلیت لنگر ماکزیمم موجود در تیر را ارضاء نمود و در پاره ای از تیرها اصلا دیگر نیازی به استفاده از ورق نبود.

شاید بدون محاسبه و تجربه و مقایسه دقیق نتوان این موضوع را پذیرفت که فواصل آکس ستون ها چه پیامد های مثبتی بر روی کاهش ضخامت ورق های تقویتی تیرها خواهند گذاشت اما در همین پروژه که مورد آزمایش قرار گرفت و قسمتی از نتایج آن در این مقاله ذکر گردیده است مشاهده گردید که تنها با جابجایی یک ردیف ستون و کم نمودن دهانه بارگیر از حدود ۲۴ تیر ورق خور تنها ۵-۱۰ عدد از آن ها نیاز به تقویت داشتند و بقیه با مقاطع یکدست جایگذاری شدند. البته ضرورتا باید به این موضوع با اهمیت توجه داشت که در همه ی موارد امکان جابجایی ستون ها و یا کاهش دهانه بارگیر عملی نیست به دلیل اینکه گاهی به لحاظ معماری محدودیت هائی وجود دارد که در نهایت این انتقال ممکن است منطقی نباشد.

در نهایت می توان گفت در پروژه هائی که اهمیت بالائی ندارند و یا اثرات نیروی زلزله در نتیجه ارتفاع آن ها چشمگیر نیست و امکان پدیده های لهیدگی و یا اجرای نا مناسب و سایر مشخصاتی که در این مقاله اشاره گردید، وجود ندارد تیرهای لانه زنبوری مقاطع نسبتا مناسبی هستند و چنانچه در آن ها پلیت های تقویتی به صورت بهینه استفاده شود طرح بسیار اقتصادی را در بر خواهند گرفت و نوید سازهای سبک تر را به ما خواهند داد.

رابطه ای برای یافتن عرض بهینه :

در ادامه بحث ورق های تقویتی تیرهای لانه زنبوری نکته حائز اهمیت دیگری نیز وجود دارد، و آن این که در زمان اجرای ورق های تقویتی بعضا مساحت بدست آمده آنقدر بزرگ بدست می آید که ناچار می شویم در دو طرف هر دو بال این ورق ها را نصب کنیم و این موضوع به لحاظ اجرائی کمی مشکل ساز است زیرا برجستگی در سقف و در نتیجه مشکل در عملیات اندود کاری سقف ایجاد می نماید به همین دلیل سعی می کنیم تا حد امکان از ورق در بال فوقانی تیر استفاده کنیم.

البته شاید بعضا طراحان استفاده از مقاطع دویل را برای تیرها ترجیح دهند، در این صورت می توان طراحی را به صورت کامل انجام داد و در نهایت مقاطع بدست آمده را با مقطع معادل لانه زنبوری به اضافه ورق تقویتی جایگزین نمود.

برای یافتن مقطع معادل می توان اساس مقطع (s) تیر طراحی مثلا (IPE) را بدست آورد، و تیر لانه زنبوری که تقریبا همان اساس مقطع را دارد را از جداول اشتال انتخاب نمود. می توان با توجه به مسائل اقتصادی ضخامت ورق را هم به صورت بهینه و پیش فرض انتخاب نمود چون ممکن است از لحاظ

ضخامت سقف نتوان از ورق های ضخیم استفاده نمود و یا مسائل مربوط به جوشکاری ورق های با ضخامت زیاد، اجرای تیر با مشکل مواجه شود یا به سهولت امکان پذیر نباشد.

حال می توان یک مقطع لانه زنبوری (CPE) را با توجه به اساس مقطع لازم و محدودیت های سقف انتخاب نمود با داشتن ضخامت ورق های تقویتی بال کافی است به محاسبه عرض (b) بهینه که تامین کننده مقطع معادل است پرداخت.

با توجه به رابطه تئوری که در ذیل خواهد آمد، مشاهده می شود که با صرف زمان اندکی می توان مقطعی سبک و اقتصادی را طرح نمود. در فرمول زیر b&h&d به ترتیب فاصله مرکز سطح ورق تا محور خنثی تیر، ارتفاع و ضخامت تیر می باشد.

$$b.h^3/12+b.h.d^2+S(2CPE) > S(2IPE)$$

در این نامعادله مقدار b بزرگتر از یک مقدار عددی بدست خواهد آمد که مقدار عرض لازم ورق تقویتی را مشخص خواهد نمود.

چنانچه این عرض بیش از عرض بال در آید آن را به دو قسمت تقسیم نموده و در بال فوقانی و تحتانی قرار خواهد گرفت، البته با توجه به مسایل گفته شده بهتر است تا حد امکان فقط در بال فوقانی اقدام به نصب پلیت های تقویتی نمائیم.

اضافه کردن ورق های تقویتی تیرهای لانه زنبوری به صورت بهینه :

در زیر به صورت اجمالی، تئوری علمی حاکم بر استفاده از پلیت ها، محل بهینه پلیت ها و توجیه اقتصادی در استفاده از پلیت ها و مقاطع موجود آمده است.

۱- تئوری علمی حاکم بر استفاده از پلیت ها

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

۲- محل بهینه پلایت ها

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

در زیر جدولی محاسبه گردیده است که بر اساس اصول علمی که مختصری از آن شرح داده شد، بدست آمده است که در آن پلایت ها به ضخامت های 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.

۳- 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 کمیاب توجیه اقتصادی پروژه ها دچار تزلزل خواهد شد. از آنجائی که بیشترین پروفیل های موجود در بازار که معمولا IPE 16 و IPE 18 می باشد بهتر است از آن ها 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 یا بال تیرها، می توان به صحت مطالب فوق پی برد. همچنین با استفاده از این جدول به سرعت می توان نیمرخ بهینه که توسط ورق در مکان های بحرانی تقویت شده است را یافت و تا حد امکان به سمت اقتصادی تر شدن طراحی پیش رفت.

در جول زیر PL پلایت یا ورق تقویتی اضافه شده به W (web) جان تیرو F (flag) بال تیر می باشد و اساس مقطع حول محور x ها که معمولا تعیین کننده می باشد (S_x و M_{max}) لنگر ماکزیمم می باشد.

<u>(Profil)</u>	<u>$S_x(\text{cm}^3)$</u>	<u>$M_{max}(\text{t.m})$</u>
2cpe 16	338.5	4.6
2cpe 16+1PL(W)8	382.94	5.42

2cpe 16+2PL(W)8	427.39	6.05
2cpe 16+2PL(W)10	449.61	6.37
2cpe 16+2PL(W)10+1PL(F)20*1	652.56	9.4
2cpe 18	455.5	6.56
2cpe 18+1PL(W)8	508.14	7.32
2cpe 18+2PL(W)8	560.72	8.07
2cpe 18+2PL(W)10	587.01	8.45
2cpe 18+2PL(W)10+1PL(F)20*1	818.88	11.76
3cpe 16	507	7.31
3cpe 16+11PL(F)20*1	708	10.2
3cpe 18	683	9.84
3cpe 18+11PL(F)20*1.5	1041	15
3cpe 18+11PL(F)23*1+2PL(W)1*22	1074	15.47

استفاده از ورق های تقویتی بصورت بهینه :

اما نکته حائز اهمیت دیگر در استفاده از این ورق های تقویتی این است که: اولاً در کدام قسمت های تیر قرار گیرند تا مقاومت خمشی بیشتری را بدست دهند و ثانیاً چگونه علاوه بر رسیدن به مقاومت خمشی مطلوب وزن کمتری را در بر خواهند داشت و در نتیجه اقتصادی تر خواهند بود.

همانگونه که در همه تئوری های طراحی سازه های فولادی آمده است، در طراحی تیر های فولادی بیشترین توجه به میزان لنگر خمشی، خصوصا در وسط تیر و البته برش در نواحی نزدیک به تکیه گاه می باشد. پس از محاسبه بار حداکثر تیر و تحلیل آن معمولا به یک لنگر ماکزیمم می رسیم که بسیار تعیین کننده است و بر اساس آن و همچنین طول تیر، مقدار اساس مقطع لازم را بدست آورده و سپس از جداول مربوطه پرفیل مناسب، که تامین کننده اساس مقطعی بیشتر از اساس مقطع لازم است می توان پرداخت .

اغلب طراحان پس از چند بار سعی و خطا، سرانجام اقدام به انتخاب یک نیمرخ می نمایند. اگر چه برای تیر های فرعی و یا تیرهایی که بار چندانی را تحمل نمی کنند نیمرخ های تک جوابگوست، اما در دهانه های بزرگ و یا بار زیاد، دیگر جوابگو نیستند بنابراین از تیرها با مقاطع فشرده، به صورت دبله و همراه با ورق تقویتی در نواحی ذکر شده می پردازند. اما معمولا این گونه تیرها وزن بسیاری داشته و یا ارتفاع زیاد آن ها، باعث بیرون زدگی از سقف و اختلال در معماری ساختمان خواهند شد. بنابر این منطقی به نظر می رسد که حد الامکان از مقاطع دیگری استفاده شود که بتوانند معایب فوق را پوشش دهند مانند تیرهای لانه زنبوری...

معایب تیرهای لانه زنبوری :

اگر چه بحث های بسیاری پیرامون تیرهای لانه زنبوری، اخیرا مطرح شده است و به عقیده گروهی از طراحان به علت مسائل اجرائی 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 نا مطلوب 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 ضعفی که در ناحیه جان تیر در اثر کاهش مساحت آن وجود دارد از نقلت 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 خصوصا بار متمرکز وجود دارد و یا نزدیکی تکیه گاه ها که برش عامل موثری است، کنترل لهیدگی جان باید 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 بعضا در مواردی که باز هم علی رقم همه تدابیر اتخاذ شده، اساس مقطع لازم بدست نیامده باشد، از تیرهای لانه زنبوری دبل 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 شمرديم، هنوز هم در مقیاس وسیعی از کارهای ساختمانی متداول است.

تیر های لانه زنبوری و محاسن استفاده از آن ها :

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 بال ها 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 آنجائی که جان اینگونه تیرها در قسمتهائی 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 دربر 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، خصوصاً 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 آن که مقطع هر تیر به صورت زاویه دار (زیگ زاگ) توسط دستگاه برش بریده می شود، و سپس با جابجائی 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 خصوصاً 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 نورد 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 زاگ ها 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.

گردآوری و تدوین :

مهندس احسان راستگو

Civilbooks.blogfa.com