طرح
تقویت تیرهای لانه زنبوری
به کمک بتن

رضا باقرنژاد طبسی
دانشجوی کارشناسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد

گروه سازه

تیرهای لانه زنبوری یکی از اعضای سازه‌های فولادی، خصوصاً در ساختمان‌سازی شهری می‌باشد که موارد استفاده زیادی دارد. یکی از مسایل در طرح تیرهای لانه زنبوری، عبور برش و مسأله تولید لنگرهای ثانوی ناشی از آن خصوصاً در نزدیکی تکیه‌گاههاست، که در حال حاضر با پرکردن جان تیرآهن زنبوری باورق، اصطلاحاً تیر تقویت می‌شود.

در این تحقیق در پی آنیم که آیا پرکردن سوراخها بوسیله بتن کارگاهی می‌تواند این مسئله را مرتفع سازد؟ در گام بعدی آیا می‌توان مقطعی را که از این طریق به دست می‌آید، یک مقطع مرکب انگاشت و از این طریق شماره تیرآهن زنبوری مصرفی را پایین آورد؟

آزمایشهای و بررسی‌های به عمل آمده بیانگر این مطلب است که بتن تا حدودی می‌تواند نظرات ما را برآورده سازد و از این لحاظ طرح کلی مسأله صحیح است، اما تعیین این حدود به گونه‌ای که بتوانند با ضریب اطمینان کافی مورد استفاده عموم مهندسین قرار گیرد، مستلزم آزمایشهای و تحقیقات گسترده‌تری است. آنچه در ادامه می‌آید، گوشه‌ای از کارهای انجام شده در این زمینه است.

۱ـ مقدمه:

استفاده از تیرهای لانه زنبوری باعث صرفه‌جویی بسیار زیادی در مصالح خواهد شد. اگر یک پروفیل را به صورت لانه زنبوری درآوریم میان اینرسی و مدول مقطع آن بالا خواهد رفت که این موضوع باعث افزایش سختی و مقاومت خمشی می گردد. این عمل باعث کم شدن وزن مقطع شده و در نتیجه بار مرده ساختمان کاهش می‌یابد و در نتیجهٔ پایین آمدن وزن ساختمان، بار وارده بر اعضای ساختمان از قبیل تیرها و ستونها کمتر می‌شود.

اما استفاده از تیرهای لانه زنبوری محدودیت‌هایی در پی دارد. وجود یک حفره در جان، تأثیر چندانی بر تحمل خمش تیر ندارد، اما می‌تواند در عبور برش مسأله‌ساز باشد. این برش در سوراخها می‌تواند تغییر شکل‌های برشی ایجاد نماید و تولید لنگرهایی در لبهٔ مقاطع «T» شکل بالا و پایین تیر ـ موسوم به لنگرهای ثانوی ـ نماید که این لنگرها با توجه به جهتشان با لنگرهای اصلی خمشی جمع خواهند شد.

۲ـ تئوری:

ناحیه بالا و پایین تیر تحت تنش‌های فشاری و کششی حاصل از لنگرهای خمشی اصلی می‌باشد ($\sigma_b=\frac{M}{S_b}$) و برای انتقال این تنشها این نواحی در طول تیر باید پیوسته باشد. در ناحیه سوراخدار جان برش قائم «V» بطور مساوی بین دو پروفیل «T» بالایی و پایینی تقسیم می‌گردد (ارتفاع دو پروفیل تیر را مساوی می‌گیریم).

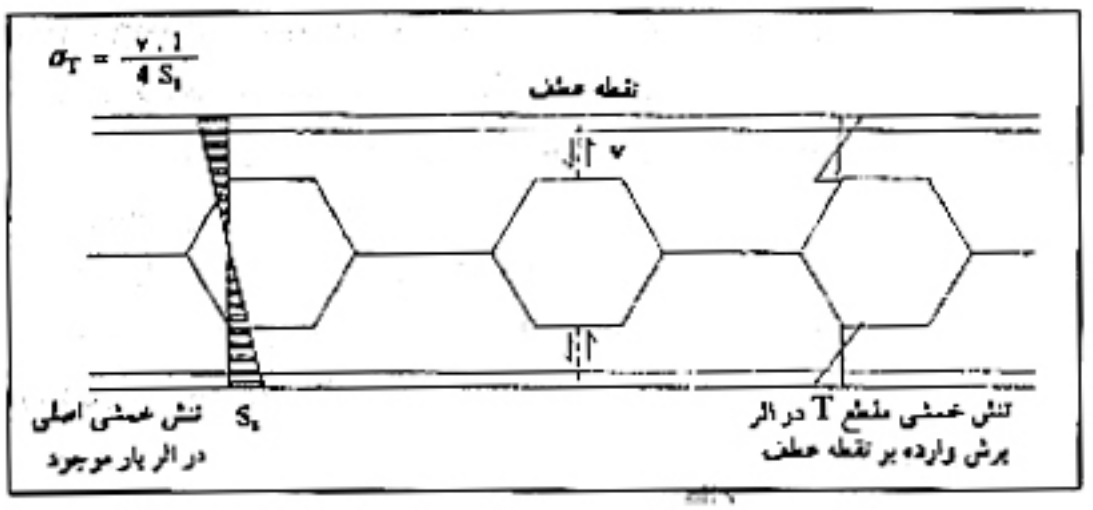
فرض می‌کنیم که برش در وسط سوراخ وارد می‌آید، با این فرض نیروهای برشی، تولید لنگرهای خمشی در مقاطع طره‌ای تیر «T» خواهند کرد. تنش خمشی ثانوی حاصل از این پدیده باید به تنش‌های خمشی اصلی اضافه گردد. مقدار تنش خمشی ثانوی از این رابطه به دست می‌آید:

$$\sigma_T=\frac{v.l}{4.S_b}$$

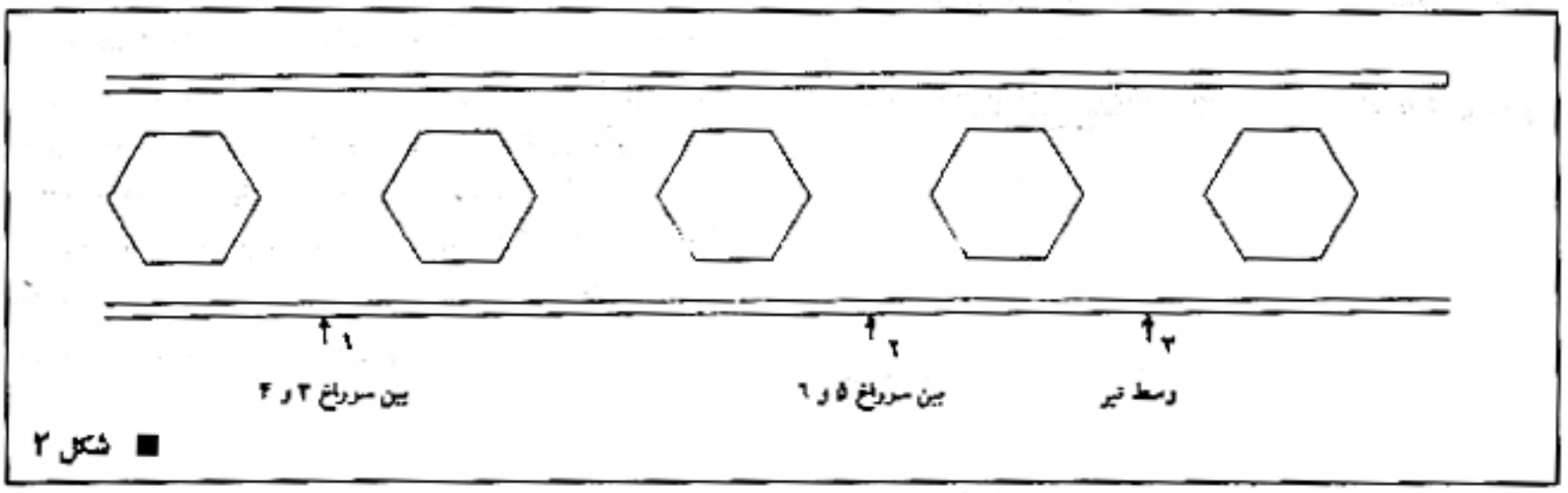
S_b: اساس مقطع پروفیل «T»

l : طول پروفیل «T»

v : نیروی برشی مقطع



■ شکل ۱



■ شکل ۲

تنش خمشی اصلی (σ_0) از جان پروفیل (T) شروع می‌شود و به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند تا به مقدار حداکثر تارهای خارجی برسد. به این تنش باید تنش خمشی ثانوی (σ_1) بسته به علامتش افزوده یا کاسته گردد.

تحقیقات انجام شده در دانشگاه تگزاس نشان می‌دهد که تنش خمشی اصلی در پروفیل «T» به صورت خطی تا یک حداکثری در تارهای خارجی بال افزایش پیدا نمی‌کند. بلکه گاهی، عکس آن صحیح است، یعنی تنش در جان پروفیل «T» بیشتر از تارهای خارجی بال آن می‌باشد. در مدلسازی انجام شده توسط برنامهٔ (Super SAP)، تیری زنبوری به صورت مدلی با المان‌های (Plate/shell) تحت بارگذاری قرار گرفت و صحت این موضوع را تایید نمود. این مدل بعداً برای به دست آوردن نقاط عطف مقطع «T» شکل در قسمت سوراخها و همچنین بررسی تغییر مکانهای تیر و تنش‌های وارده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

براساس این موضوع می‌توان نیروی حاصل از خمش اصلی یعنی $F=\frac{M}{d}$ را به دست آورد.

فرض براین است که تنش حاصل از این‌نیرو، در سطح پروفیل«T» به صورت یکنواخت می‌باشد.

این موضوع محاسبات را بسیار ساده می‌کند، چون برای کنترل هر واحد بائل، فقط لازم است که لنگر خمشی «M» و نیروی برشی «V» یک نقطه را در نظر بگیریم، این نقطه، نقطهٔ عطف پروفیل «T» می‌باشد. در واقع حداکثر تنش خمشی ثانوی در جان پروفیل «T» به تنش خمشی متوسط اصلی افزوده می‌گردد و لازم نیست محاسبات برای دو نقطه صورت گیرد و داریم :

$$\sigma_1 = \frac{M}{d.A_T} + \frac{V_u.l}{4.S_b}$$

نکته اینکه تیرهای زنبوری دارای دو تغییر شکل خمشی و برشی می‌باشد که تغییر شکل اخیر در قسمت سوراخها وجود دارد، ما در آزمایشهای به دنبال تغییر شکل برشی و در واقع اثر متقابل وجود سوراخ در جان و عبور برش هستیم که ببینیم میزان لنگر ثانوی تولیدی صحیح است و در ضمن آیا می‌توان با پرکردن سوراخها توسط بتن این ضعف را از بین برد یا خیر؟

۳ـ اهداف:

هدفهای این آزمایشهای عبارتند از:

۱ـ به دست آوردن اختلاف تغییر مکانهای دو طرف سوراخها در دو حالت پرشده با بتن و بدون بتن.

۲ـ به دست آوردن EI یا سختی نسبی در دو حالت فوق.

۳ـ به دست آوردن تغییر شکلهای برشی و تحقیق اینکه آیا در حالت پرشده با بتن،این تغییر شکلها از بین رفته است یا نه؟

۴ـ آیا بتن در افزایش مقاومت تیر نقشی دارد یا نه؟ به عبارت دیگر علاوه بر پر نمودن سوراخهاکه از تضعیف تیر جلوگیری می‌کند، می‌تواند مانند یک تیر مرکب بکار رود یانه؟ چند درصد مؤثر است؟

۵ـ آیا فرض وجود نقطه عطف مقطع «T» در وسط پروفیل «T» شکل صحیح است ؟

۴ـ آزمایش روی تیر CPE - 14 (پرشده با بتن)

شکل انجام آزمایش به این صورت است که نیروی متمرکزی از یک جک که به تدریج در هر مرحله افزایش می‌یابد، به وسط دهانه تیر زنبوری که به صورت ساده برروی تکیه گاههای خویش قرار گرفته، وارد می‌آید و تحت هرنیرو، تغییر مکان عمودی نقاطی از تیر اندازه‌گیری می‌شود، این عمل تا رسیدن تیر به حد پلاستیک ادامه می‌یابد. دهانه تیر ۲۹۴cm و تیر زنبوری CPE-14 می‌باشد. نقاطی که تغییر مکان آنها اندازه‌گیری شده به صورت زیر واقع شده‌اند.

طبیعی است که اختلاف تغییر مکان بین نقاط ۱ و ۲ شامل تغییر مکان خمشی و برشی تیر در طول سوراخ است. حال این اختلاف تغییر مکان بین دونقطه را در نیروهای مختلف به دست می‌آوریم:

نظیر این آزمایش با همین نقاط، بر روی تیر CPE-14 معمولی صورت گرفته، با مقایسه اختلاف تغییر مکانها در نیروهای متناظر می‌توان