

# تقویت اتصال سه بعدی کناری تیر - ستون بتن مسلح توسط لایه

## های دوجته GFRP

دکتر فخرالدین دانش ، مهندس اسماعیل اسماعیلی ، دکتر ساسان عشقی

سالهست که عملکرد اتصالات در سازه های بتن مسلح به عنوان عاملی موثر بر رفتار کلی سازه های بتن مسلح تحت بارهای جانبی بزرگ، شناخته شده است . ارائه و اجرای جزئیات لرزه ای تیرها و ستون ها و یا مقاوم سازی این اعضا به منظور رسیدن به یک مکانیزم خرابی شکل پذیر بدون توجه به نقش اتصالات کافی نخواهد بود. چرا که در یک سازه بتن مسلح برای رسیدن این المانها به ظرفیت های غیرالاستیک نهایی و یا مورد نظر، عملکرد مناسب و حفظ یکپارچگی اتصالات این عناصر و انتقال کامل بارها بین تیر و ستون امری اجتناب ناپذیر است . متون تخصصی درباره اتصالات تیر - ستون بتن مسلح به دو گروه تقسیم می شوند :

۱- مطالعات مربوط به اتصالات با جزئیات طراحی مناسب و در نتیجه توسعه و بررسی مقررات آیین نامه ها برای ساخت و سازه های جدید

۲- مطالعات انجام شده به منظور بررسی عملکرد و ارائه روشهای مقاوم سازی و تعمیر اتصالات در سازه های موجود طراحی شده براساس آیین نامه های قدیمی بدون قواعد ویژه لرزه ای

آغاز مطالعه اتصالات گروه اول به اوایل سال ۱۹۶۷ زمانی که نتایج اولیه آزمایشات Hanson و Corner منتشر شد باز می گردد . در همین سال اولین گردهمایی کمیته ACI-ASCE در مورد اتصالات در سازه ها با عنوان ACI-ASCE 352 برگزار شد .ماموریت این کمیته (( مطالعه جزئیات طراحی اتصالات در اعضای بتنی و توسعه راهنماهای اجرایی برای طراحان و سازندگان )) بود . از آن زمان به بعد آزمایشات و مطالعات تحلیلی زیادی با موضوع (( مشکلات اتصالات )) به منظور تعیین تاثیر پارامترهای مختلف بر مقاومت و شکل پذیری اتصالات و در نتیجه توسعه مقررات آیین نامه ها به منظور اجتناب از خرابی اتصالات و تضمین مکانیزم های خرابی شکل پذیر انجام شد. اولین راهنمای طراحی اتصالات تیر- ستون بتن مسلح در سال ۱۹۷۶ تحت عنوان ACI-ASCE 352R-76 در آمریکا و در سال ۱۹۸۲ با عنوان NZS 3101.1982 در نیوزلند منتشر شدند. پیش از پذیرش راهنماهای مذکور مرجع Blume و همکارانش در ویرایشهای ۱۹۷۰ و ۱۹۶۰ کتاب آبی انجمن مهندسين سازه کالیفرنیا (SEADC) تنها مرجع راهنما برای جزئیات شکل پذیر اتصالات بود که هیچگونه الزام اجرائی نداشت. بنابراین ، ساختمانهای ساخته شده قبل از ۱۹۷۶ ضعف های عمده ای در

ناحیه اتصال خواهند داشت . بسیاری از خرابیهای فاجعه انگیز در زلزله های ۱۹۷۸ ژاپن ، ۱۹۸۰ ایتالیا ، ۱۹۸۱ یونان ، ۱۹۸۵ مکزیک ، ۱۹۹۹ تایوان ، ۲۰۰۲ ترکیه ( شکل-۱) بیانگر ضعف های عمده اتصالات طرح شده با آئین نامه های قدیمی بدون در بر گرفتن مقررات لرزه ای برای اتصالات و یا بدون لحاظ این گونه مقررات در اجرا علی رغم ساخته شدن در زمان وجود آئین نامه های جدید می باشند.



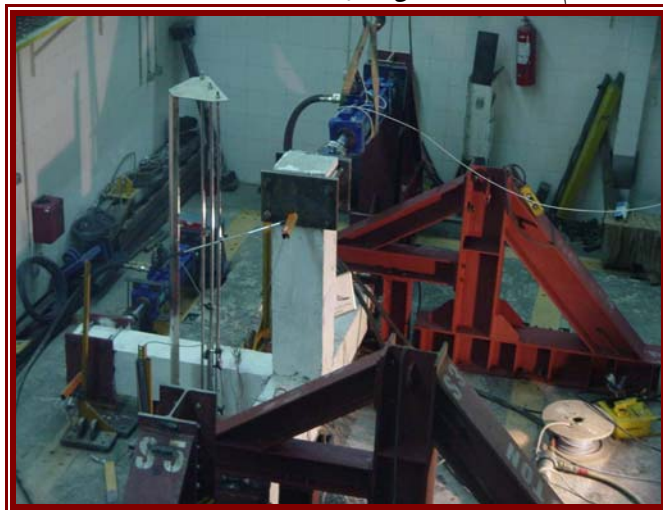
شکل-۱) خرابی در اتصالات ساختمانهای بتن مسلح در زلزله ۱۹۹۹ ترکیه

خصوصاً پس از زمین لرزه ۱۹۸۵ مکزیک، حجم زیادی از مطالعات برای شناسایی جزئیات اجرایی ساختمانهای طرح شده بر مبنای قوانین غیر لرزه ای و نیز توسعه روشهای مقاوم سازی آنها اختصاص داده شد . با این وجود ، اکثر الگوهای تعمیر و تقویت یا به دلیل عدم توجه به اعضای سقف و یا محدودیت های معماری دامنه کاربرد محدودی دارند. آخرین توصیه های کمیته مشترک ACI-ASCE در سال ۲۰۰۲ بیان می کند که (( چنین اتصالاتی نیاز به مطالعات بیشتر برای بررسی کفایت جزئیات آنها و نیز توسعه راهنمایهای ارزیابی برای بهسازی دارند )) . روشهای بهبود عملکرد اتصالات قدیمی نیاز به مطالعه دارند و اطلاعات کمی پیرامون مقاوم سازی و تعمیر اتصالات موجود است . از میان روشهای تقویت استفاده شده روش تقویت با کامپوزیتهای مسلح به الیاف با توجه به ویژگیهایی نظیر سهولت اجرا ، وزن کم و نیز عدم اختلال در کاربری و معماری سازه در میان مهندسان از محبوبیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به آنکه تقریباً تمامی مطالعات انجام گرفته در مورد تقویت اتصالات تیر- ستون ساختمانهای بتن مسلح با کامپوزیتهای مسلح به الیاف (FRP) بر روی نمونه های ساده شده و

یکطرفه اتصالات می باشد لذا به صورت مستقیم قابل کاربرد در مورد سازه های واقعی نمی باشند. از میان ضعفهای موجود در اتصالات ضعف برشی به سبب عدم تعبیه میلگردهای عرضی محصور کننده در ناحیه اتصال خصوصاً در اتصالات گوشه ساختمانهای بتن مسلح آسیب پذیرترین المان را در این نواحی ایجاد می کند. به علت وجود تیر عرضی ارائه یک روش تقویت از طریق قنداق کردن بتن هسته این ناحیه و در نتیجه بالا بردن مقاومت برشی اتصال به گونه ای که حالت خرابی به سمت تشکیل مفصل پلاستیک تیر سوق یابد کار چندان ساده ای نیست. با توجه به مطالب عنوان شده در تحقیق حاضر یک اتصال تیر- ستون گوشه ۳ بعدی تمام مقیاس و مشابه که عمداً در ناحیه اتصال آن از میلگردها و حلقه های عرضی استفاده نشده بود تا تقریباً بحرانی ترین شرایط برشی در ناحیه اتصال حاکم گردد طراحی شد. سپس یک تحلیل اجزای محدود مقدماتی با نرم افزار ABAQUS به عنوان پیش نیاز انجام آزمایشات و بررسی الگوی تقویت برشی مناسب انجام گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحلیل ساختار یک مطالعه آزمایشگاهی برنامه ریزی شد و دو نمونه مشابه از اتصال مورد مطالعه، ساخته شدند. یکی از دو نمونه به عنوان نمونه مرجع به منظور مطالعه رفتار کلی آن در قالب حالت خرابی نهایی، شکل پذیری، سختی، تغییر شکل برشی اتصال و جذب انرژی تحت بار گذاری دو جهته مورد آزمایش قرار گرفت. سپس ناحیه اتصال نمونه دوم توسط لایه های کامپوزیتی دارای الیاف شیشه بافته شده در دو جهت متعامد محصور شد. لایه های کامپوزیت محصور کننده در محل حضور تیرها با استفاده از یک سیستم مکانیکی مهار شد. نمونه تقویت شده مورد آزمایش قرار گرفت و سپس مشخصه های رفتاری آن در قیاس با نمونه مرجع مطالعه گردید. مولفه های ارزیابی ارتقای رفتار نمونه تقویت شده در این تحقیق عبارتند از: حالت خرابی نهایی، شکل پذیری، سختی، تغییر شکل برشی اتصال و جذب انرژی

اگرچه نمونه تقویت شده قادر به توسعه نیروهای نهایی تیرها و تشکیل مفصل پلاستیک کامل در انتهای تیرها نشد و اندکی پس از تسلیم میلگردهای طولی تیرها با خرد شدن بتن هسته اتصال و لغزش میلگردهای طولی تیرها در این ناحیه به مقاومت نهایی خود رسید اما بهبودهای قابل توجهی را در رفتار کلی اتصال ایجاد کرد که شامل ۵۰ درصد در افزایش بار نوک تیر، ۶۰ درصد افزایش شکل پذیری، ۳۸ درصد افزایش مقاومت برشی نهایی، ۱۴ درصد افزایش سختی اولیه به همراه نرخ کاهش سختی کمتر در قیاس با نمونه مرجع می باشد که بیانگر عملکرد مناسب کامپوزیت GFRP استفاده شده در ناحیه اتصال است. مهار مکانیکی استفاده شده به خوبی در جلوگیری از جدایش کامپوزیت از بتن عمل کرد. با توجه به موارد عنوان شده می توان نتایج زیر را استنباط نمود:

- ۱- اگرچه مفصل پلاستیک کامل در نمونه تقویت شده شکل نگرفت و اندکی پس از تسلیم میلگردهای طولی تیر سیستم اتصال به مقاومت برشی نهایی خود رسید اما تکنیک استفاده شده به خوبی قادر به ارتقاء مشخصه های رفتاری سازه اتصال از قبیل بار نهایی، مقاومت برشی اتصال، شکل پذیری، سختی و انرژی جذب شده می باشد
- ۲- کامپوزیت GFRP دو جهته همراه با مهارهای مکانیکی بکار رفته با محصور کردن بتن هسته اتصال به خوبی منجر به افزایش مقاومت فشاری پشتوان قطری بتنی شکل گرفته در این ناحیه شدند که نهایتاً مقاومت برشی بیشتری در ناحیه اتصال را به همراه داشت.
- ۳- تکنیک تقویت ارائه شده براحتی و بدون نیاز به سوراخکاری در سطح بتن سازه و اختلال در معماری در یک زمان کم به سهولت قابل اجراست.



آزمایش نمونه اتصال تقویت شده