

بررسی رفتار تیرهای مختلط با دهانه‌های بزرگ با نرم افزار آباکوس

نگین عیسی زاده

کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرمی، گرمی، ایران

امین قنادی اصل*

استادیار، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

Negin.civil2012@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۰۶/۱۲

چکیده:

استفاده از بتن به همراه فولاد در سازه‌ها می‌تواند نقش مؤثری در بهبود رفتار سازه یعنی افزایش مقاومت و شکل پذیری، ایفا نماید. در بسیاری از موارد در سازه‌های فولادی که ضوابط شکل پذیری قابل ملاحظه را ارضا نمی‌کنند. تیرهای مختلط فولادی بتنی شامل یک تیر فولادی هستند که بر روی آن بلوک بتنی با استفاده از اتصالات برشی نصب می‌شود. در ساخت و ساز سنتی تیرهای مرکب، بلوک‌های بتنی بدون اتصالات خاص روی تیر فولادی قرار می‌گیرد و توسط آن حمایت می‌شود. از آنجا که در این حالت هیچ اتصالی بین بلوک بتنی و تیر فولادی قرار ندارد، تحت اثر بارهای مختلف، هرکدام به شکل مستقل واکنش عمل می‌کنند. در این تحقیق تیر مختلط با رویی بتنی و تیر فولادی ثابتی را مدل سازی با نرم افزار المان محدود ABAQUS مدل و صحت‌سنجی با مدل آزمایشگاهی انجام یافته است و در ادامه شش دسته (میلگرد - اصطکاک - نبشی - میلگرد L شکل - ناودانی - دو ردیف میلگرد - دو ردیف نبشی) که تفاوت نمونه‌ها فقط در نحوه اتصال بتن به فولاد بوده مدل‌سازی و برای هر شش سری پنج ضخامت متفاوت در نظر گرفته شده و تحقیق گردیده است که در نتیجه مطالب زیر نتیجه‌گیری شده است. افزایش تعداد برشگیرها باعث افزایش مقاومت در تیرهای مرکب می‌شود. با افزایش تعداد برشگیرهای ساده به دو ردیف میزان ده درصد مقاومت نهایی خمشی تیرهای مرکب را افزایش می‌دهد. تاثیر بین برشگیرهای ناودانی و نبشی تفاوت چندانی نشان نمی‌دهد. تاثیر بین برشگیرهای ساده و L شکل در حدود ۲ درصد فرق کرده است

کلید واژگان: تیر مختلط، دهانه‌های بزرگ، آباکوس، تیرهای فولادی

۱- مقدمه

در سال ۱۹۹۳، آمادیو و فرگا کونو^۴ در زمینه اثر خزش بتن و انقباض در تیرهای کامپوزیت، مطالعاتی را انجام دادند.

حجار و شرکاه^۵، برای ستونهای لوله‌ای شکل فولادی پر شده با بتن تحقیق کردند.

سالاری و همکاران^۶ (۱۹۹۷) برای تیرهای کامپوزیت تحت بارهای دینامیکی مطالعاتی را انجام دادند.

در سال ۱۹۸۶، سیامپی و کالسیمو^۷، اولین بار اقدام به پیشنهاد استفاده مداوم از فرمول انعطاف‌پذیری از یک عنصر غیر خطی تیر برنولی در چارچوب یک برنامه تحلیل غیر خطی بصورت کلی نمودند.

اسپسکونه^۸ و همکاران (۱۹۹۶) با انجام مطالعاتی به این نتیجه رسیدند که در انتخاب توابع درون نیرویی که به شدت به تعادل بستگی داشته و شامل تعادل بین جابجایی تیرها و نیروهای داخلی می‌باشند، تلاش برای گسترش مزایای استفاده از یک فرمول انعطاف‌پذیری نیروی بر اساس این موارد بایستی افزایش یابد.

یاسین^۹ ۱۹۹۴؛ ایوب و فیلیپو^{۱۰} ۱۹۹۷؛ موتی^{۱۱} و همکاران ۱۹۹۷؛ نوانهوفر و فیلیپو^{۱۲} ۱۹۹۸؛ سالاری و همکاران (۱۹۹۸). به غیر از مطالعه نوانهوفر و فیلیپو (۱۹۹۸)، که محدود به رفتار خطی مواد الاستیک، مطالعات دیگر برای غلبه بر دشواری استخراج توابع درون یابی نیروی که به شدت برآورد تعادل متصل به فرض‌های ساختگی است.

فرمولاسیون‌های یاسین (۱۹۹۴)، موتی و همکاران (۱۹۹۷)، ایوب و فیلیپو (۱۹۹۷) تعامل بین دو مولفه به گره پایان عنصر محدود و فرض یک درون یابی خطی نیروهای باند و یا اصطکاک در آن میان است. برای غلبه بر این ضعف سالاری و همکاران (۱۹۹۸) باند سفارش توابع توزیع نیروی بالاتر را پیشنهاد دادند. با این حال، عدم شفافیت در مورد رابطه بین توزیع لغزش در عنصر و جابجایی نهایی عنصر وجود دارد. نتایج تحلیلی، ناپیوستگی بین عنصر جابجایی لغزش در نقض اصول تغییرات را نشان می‌دهد. همچنین روشن است که این عنصر توسعه یافته را می‌توان به جای بارهای عنصر توزیع شده بکار برد. [۶]

با در نظر گرفتن محدودیت‌های فرمول جابجایی نوانهوفر و فیلیپو (۱۹۹۸) و دشواری انتخاب توابع درون یابی نیرو است که به شدت برآورد تعادل برای مشکلات با تعامل قوی بین جابجایی و نیروهای داخلی وجود دارد، ایوب و فیلیپو (۱۹۹۹) یک فرمول جدید را پیشنهاد دادند که برای تقویت توابع درون یابی مستقل برای جابجایی محوری و تقویت تنش فولاد است. این فرمول، ترکیبی از مزایای استفاده از جابجایی و نیروی فرمولاسیون است که بیشتر به محدودیت‌های خود غلبه دارد. [۲۱]

قاسمی و همکارانش در سال ۲۰۱۶ مطالعاتی را بر روی رفتار تیرهای مختلط انجام دادند. تیری که در این مطالعه در نظر گرفته شده، از یک تقویت پیش ساخته، ساخته شده است صفحه بتنی با ابعاد $X \times 300$

استفاده از بتن به همراه فولاد در سازه‌ها می‌تواند نقش مؤثری در بهبود رفتار سازه یعنی افزایش مقاومت و شکل‌پذیری، ایفا نماید. در بسیاری از موارد در سازه‌های فولادی که ضوابط شکل‌پذیری قابل ملاحظه را ارضا نمی‌کنند، استفاده از بتن و به کار بردن قشر بتنی فوقانی در آنها همراه با آرما توری مناسب، در ارتقاء رفتار لرزه‌ای با جلوگیری از کماتش‌های جزئی و کلی، تأمین دیافراگم مؤثر، بهبود جریان انتقال تنش‌ها، جایگزینی به عنوان ورق پیوستگی، کاهش اعوجاج ناحیه پانلی، بهبود قابل ملاحظه رفتار و عملکرد اتصال، تأمین یکپارچگی و انسجام سیستم برای مقابله با گسیختگی پیش‌رونده و تأمین مقاومت جانبی با شکل‌پذیری مطلوب، میسر خواهد بود.

تیرهای مختلط فولادی بتنی شامل یک تیر فولادی هستند که بر روی آن بلوک بتنی با استفاده از اتصالات برشی نصب می‌شود. در ساخت و ساز سنتی تیرهای مرکب، بلوک‌های بتنی بدون اتصالات خاص روی تیر فولادی قرار می‌گیرد و توسط آن حمایت می‌شود. از آنجا که در این حالت هیچ اتصالی بین بلوک بتنی و تیر فولادی قرار ندارد، تحت اثر بارهای مختلف، هر کدام به شکل مستقل واکنش عمل می‌کنند. وقتی در اتصال میان بلوک بتنی و تیر فولادی از اتصالات برشی استفاده می‌شود، امکان لغزش میان این دو عضو از بین می‌رود و در کنار هم مانند یک تیر مرکب یکپارچه عمل می‌کنند. رفتار تیر مختلط تحت بارهای مختلف مانند رفتار تیرهای T شکل است. مفهوم اساسی در ساخت تیرهای مختلط، بر این واقعیت استوار است که قدرت تحمل فشار در بتن بیشتر از فولاد است و فولاد در تحمل کشش بهتر عمل می‌کند. با استفاده از ترکیب عملکرد این دو، بیشترین بهره از مزایا و قابلیت‌های فولاد و بتن در کنار هم به دست می‌آید.

۲- تحقیقات پیشین

در سال ۱۹۷۱، مک گروگ و بالدوین^۱ پیشنهاد کردند که میتوان با استفاده از یک مدل تحلیلی ساده ثابت نمود که قدرت یک تیر آهن کامپوزیت با تعامل جزئی را می‌تواند با الحاق غیر خطی مشتق شده از مقاومت تیر برای مواردی شدیدتر از تعامل و تعامل کامل بدست آورد. [۵]

در سال ۱۹۹۱، برای مطالعه رفتار غیر خطی از اعضای کامپوزیت، مدل‌های عمل کامپوزیت کامل به توابع درون جابجایی با گسسته فیبر از سطح مقطع و روابط تنش- کرنش تک محوره از مواد تشکیل‌دهنده توسط میرزا و شرابک^۲ معرفی شدند.

در سال ۱۹۹۵، برای تجزیه و تحلیل ستون کامپوزیت تحت خمش تک محوره و تحت خمش دو محوره ال طولیل و همکاران^۳ مطالعاتی را انجام دادند.

⁷ Ciampi and Carlesimo

⁸ Specone

⁹ Yasin

¹⁰ Ayub and Filippou

¹¹ Monti

¹² Neuenhofer and Filippou

¹ McGarrough and Baldwin

² Mirza and Sherabek

³ Al Tavitl

⁴ Amadio and Fragiaco

⁵ Hajjar

⁶ Salery

جزئی تیرهای ترکیبی به کار گرفته شده است. و جابجایی مربوطه بر اساس المانهای محدود تشکیل شده است، که با آن تجزیه و تحلیل ارتعاش آزاد، تجزیه و تحلیل گذرا پاسخ به لرزه‌ای و تحرک بار به انجام می‌شود و مدل ریاضی و برنامه اجرا شده را و ویژگی‌های پویا را بررسی می‌شود. از مقایسه میان مدل‌های کلاسیک، مدل مرتبه بالاتر Reddy، مدل استرس هواپیما و مدل نظم بالاتر؛ مدل تیر مرکب پیشنهاد شده، تایید شده است که بسیار عالی و امیدوار به عملی شدن توسط برنامه اجرایی مهندسی است. در نمونه‌های عددی، پیدا شده است که صحت بیشتر تنش برشی می‌تواند توسط مدل بالاترین سفارش نسبت به مدل تیمسکو ترجیح داده شود و در نظر گرفته شود و انعطاف‌پذیری تعامل سطح مشترک تاثیر معناداری روی پویایی رفتار دارد. در تجزیه و تحلیل واکنش‌های ساختاری به بار متحرک، اثرات آشکار ناشی از بار حرکتی ضبط می‌شود، که آگاهی از عمل مهندسی و طراحی است [۲۵].

در سال ۲۰۱۶ در مطالعه‌ای تحت عنوان " اثر کرنش محدود روی ارتعاش آزاد غیرخطی از کامپوزیت یک سویه تیموشنکو با استفاده از GDQM"، ارتعاش آزاد یک پرتو تیموشنکو ارتوتروپ کامپوزیتی یک طرفه بر اساس کرن نهایی مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از تانسور کرنش سبز-لاگرانژ و شامل تمام شرایط غیرخطی تانسور و نیز استفاده از اصل همپلتون، معادلات حرکت و شرایط مرزی پرتو بدست می‌آید. با استفاده از روش جداسازی در حالت تک-هماهنگ، متغیرهای زمان و مکانی از یکدیگر جدا می‌شوند و در نهایت معادلات حرکت و شرایط مرزی با توجه به متغیر مکانی به دست می‌آیند. برای حل معادلات، روش دیفرانسیلی دیفرانسیل متداول عمومی (GDQM) اعمال می‌شود و پس از آن انحراف و چرخش مقطعی پرتو در حالت های خطی و غیر خطی کشیده می‌شوند و با یکدیگر مقایسه می‌شوند. همچنین، فرکانس کامپوزیتهای کربن / اپوکسی و تیرهای مرکب اپوکسی برای شرایط مرزی مختلف بر اساس محدوده کرنش محاسبه شده است. فرکانس محاسبه شده از ارتعاش آزاد غیر خطی تیر با استفاده از فرض کرنش محدود برای هندسه های مختلف با یک Von Karman مقایسه شده است.

در این تحقیق، ارتعاش آزاد از یک تیرچه Timoshenko متشکل از یک طرفه بر اساس اسپانای محدود انجام شد. معادله و محدوده مرزی با استفاده از اصل همپلتون بدست آمد. درگام نخست، سوالات با استفاده از یک راه حل تک-هماهنگ جدا شدند و سپس با استفاده از GDQM برای شرایط مرزی مختلف حل شدند. نتایج بدست آمده است که دامنه منحنی انحراف و چرخش عرضی پرتو تحت شرایط مرزی ساده به سادگی برای حالت غیر خطی کمتر از خطی است. نتایج به دست آمده برای ساده به سادگی نشان داد که تفاوت بین حالت خطی و غیر خطی قابل توجه بود در این مقاله نشان داده شد که فرکانس کرنش محدود فرض شده با $L/h = 10$ نزدیک به Von Karman بود و همچنین با کاهش L/h ، اختلاف بین کرنش‌های محدود و Von Karman فرض شده افزایش یافته است. همچنین نتایج نشان داد که فرکانس‌های بدون اندازه برای شیشه / اپوکسی بیشتر از کربن / پروکسی برای شرایط مرزی مختلف بود. [۲۴]

800 x 100 میلی‌متر) با مشخصات فولادی (INP 120) تحت تیر تقویت فولاد که باید در منطقه مثبت وجود داشته باشد صفحه بتن مسلح پیش ساخته تقویت شده قرارداد شده است. در حالی که صفحه تولید می‌شود. رزین اپوکسی برای اتصال بین تخته بتونه پیش ساخته و پروفیل فولادی استفاده می‌شود. نیروهای کشویی و بلند بین پیش ساخته تقویت شده است. سطح بتن و پروفیل فولادی توسط خواص اپوکسی رزین آکلو تیناسیون منتقل می‌شوند. نتایج حاصل شده در این مطالعه تجربی مطابق با نتایج محاسبات نظری که انجام شده می‌باشد. در این مطالعه از همکاری بین تخته بتن مسلح پیش ساخته و پروفیل فولادی، اثر تغییرات کیفیت بتن بر روی مقاومت کششی مورد بررسی قرار گرفت و پیشنهادات خاصی نیز ارائه شده است [۴].

کریستین دلا در سال ۲۰۱۵ یک اثر مدل عنصر محدود از یک بعد با استفاده از یک نظریه پیشنهادی بالاتر تیر در رابطه با تعامل برشی جزئی برای پیش بینی قابل اعتماد از پاسخ ناپذیری تیرهای مرکب دارای دو لایه مواد متصل به ستون‌های برشی ایجاد شده را مورد مطالعه قرار دادند. این امر با در نظر گرفتن تغییرات درجه سوم جابه جایی طولی در عمق این دو لایه مواد جداگانه به دست می‌آید. ستون (شمع) های برش قابل تغییر شکل به عنوان چشمه‌های برشی در طول رابط طراحی شده‌اند. تئوری پلاستیسیته فون میسس با قاعده سخت‌گیری ایزوتروپیک و مدل مکانیک آسیب در داخل مدل عنصر محدودی پیشنهاد شده برای شبیه‌سازی پاسخ ناپایداری مواد تیر در نظر گرفته شده است. یک روش قوس طولی مبتنی بر تلفات برای به دست آوردن پاسخ حداکثر پست از این تیرها به کار گرفته شده است. قابلیت مدل پیشنهادی با اعتبارسنجی مدل با نتایج آزمایشگاهی موجود و همچنین نتایج عددی حاصل از تجزیه و تحلیل عناصر محدود نهایی ارزیابی شده است [۵].

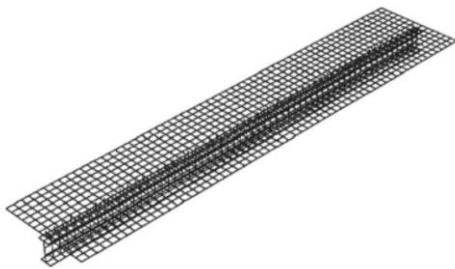
یانگ و همکارانش در سال ۲۰۱۵ [۲۵] ارتفاعات بالایی تیر سینماتیک کانت، که بالاترین هردو تغییرات طولی و عرضی تیر را در نظر گرفته و به مدل پویای دو لایه تراکم جزئی تیر مرکب اعمال کردند. برای ایجاد و حل مشکل ریاضی، عنصر محدود تیموشنکو مدل تیر مرکب باهدف مقایسه همچنین در این مقاله ارائه شده است. این عملکرد عددی و قابلیت اطمینان عناصر محدود ارائه شده، تایید شده توسط مقایسه با نتایج ABAQUS با استفاده از مدل تنش هواپیما و آنهایی که بر اساس نظریه بلندترین تیرهای ردی و تیرهای کلاسیک و یا مطبوعات است. علاوه بر آن حمایت زیبایی‌شناسی و جابجایی بار پیشنهاد شده مدل تیر مرکب وجود دارد، که ارائه شده است و پس از آن، تاثیر پارامترها از جمله نرخ استهلاک ارتعاش، سرعت بار حرکتی، رطوبت‌نسیبی و سختی مواجهه با رفتار مکانیکی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. نتایج عددی نشان می‌دهد که مدل پرتوهای کامپوزیت بالاتر حاضر می‌تواند با دقت بیشتری در تجزیه و تحلیل پویا نسبت به مدل‌های کلاسیک و ردی، و اثرات تاثیر بار متحرک همراه با تعامل جزئی بین زیر لایه‌ها باید به نتیجه برسد در نظر گرفته شود. از نتایج تحقیق فوق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

تئوری پرتو نظم بالاتر کانت که هر دو حالت جابه‌جایی مرتبه بالاتر و عرضی محوری، را در نظر گرفته است، در مشکل پویا دو لایه تعامل

جدول ۱ - مشخصات ارائه شد هدر مقاله برای مدل سازی نمونه

مصلح	مشخصات	مقادیر
فولاد تیر آهن	تنش تسلیم (MPa)	۲۶۵
	تنش نهایی (MPa)	۴۱۰
	مدول الاستیسیته (MPa)	۲۰۵×۱۰ ^۳
	ضریب پواسون	۰/۳
	کرنش نهایی	۰/۲۵
فولاد میلگرد	تنش تسلیم (MPa)	۲۵۰
	تنش نهایی (MPa)	۳۵۰
	مدول الاستیسیته (MPa)	۲۰۰×۱۰ ^۳
	ضریب پواسون	۰/۳
	کرنش نهایی	۰/۲۵
بتن	مقاومت فشاری (MPa)	۴۲/۵
	مقاومت کششی (MPa)	۳/۵۵۳
	مدول الاستیسیته (MPa)	۳۲۹۲۰
	ضریب پواسون	۰/۱۵
	کرنش نهایی گسیختگی	۰/۰۰۴۵
فولاد برشگیرها	فاصله برشگیرها (mm)	۱۱۰
	تعداد ردیف	۲
	تنش تسلیم (MPa)	۴۳۵
	تنش نهایی (MPa)	۵۶۵
	مدول الاستیسیته (MPa)	۲۰۰×۱۰ ^۳
	ضریب پواسون	۰/۳
	کرنش نهایی	۰/۲۵

در شکل ۳ مدل نمونه در نرم افزار المان محدود مشاهده می شود و در شکل ۴ نتیجه بارگذاری تیر مرکب را با دهانه ۵۵۰ سانتی متر و بارگذاری گسترده بر روی آن مشاهده می شود.



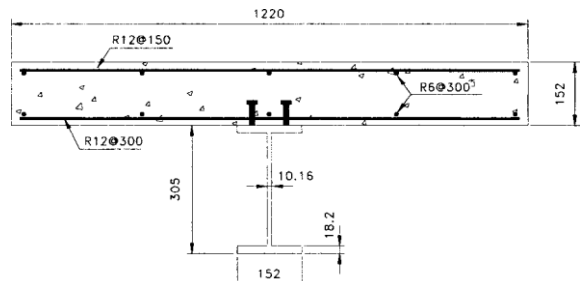
شکل ۳- مدل نمونه در نرم افزار المان محدود

۳- بررسی مقاله صحت سنجی شده

در این قسمت یک مقاله از تیرهای مرکب که نتایج آزمایشگاهی در دست بوده برای صحت سنجی مدل نرم افزار المان محدود Abaqus در نظر گرفته است این مقاله در ژورنال مهندسی سازه^{۱۳} ارائه شده است. تهیه این مقاله توسط آقای کین کوانگ لیانگ^{۱۴} به نام آنالیز مقاومتی تیرهای مرکب فولادی - بتنی تحت بارهای برشی - خمشی می باشد. [۲۳]

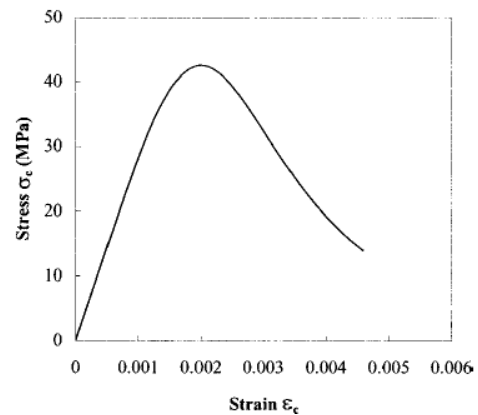
۳-۱- مدل مورد تست و مدل سازیها

مدل مورد تست شده را در این مقاله می توان در شکل ۱ مشاهده نمود که واحد اندازه ها در شکل مرجع [۲۳] بر اساس میلی متر مشخص شده است که در بالای تیر فولادی دال بتنی ۱۵/۲ سانتی متری دیده می شود.



شکل ۱- مقطع تیر مرکب مورد مطالعه شده [۲۳]

مطابق مقاله نمودار مدل بتنی مطابق با شکل ۲ و فولاد بتن و فولاد تیر آهن و فولاد میلگرد و برشگیرها مطابق با جدول ۱ قابل مشاهده بوده و در ادامه نیز مطابق با این مطالب داده شده است.

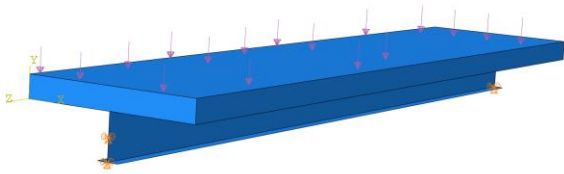


شکل ۲- نمودار تنش فشاری - کرنش بتن

¹⁴ Qing Quan Liang

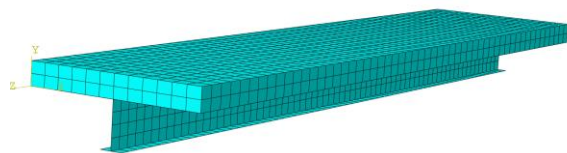
¹³ JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING ©ASCE/OCTOBER 2005/1593

است که می‌توان در شکل ۶ نمونه در قسمت load قابل مشاهده است.

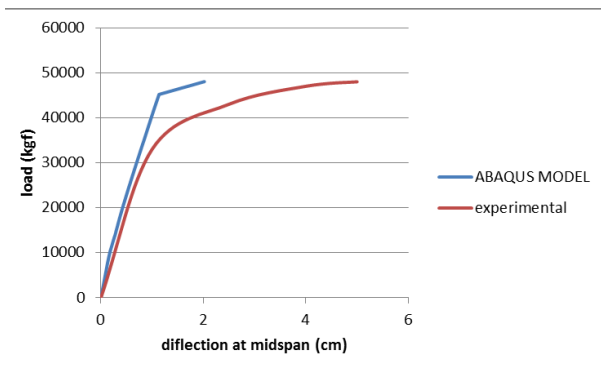


شکل ۶- نمونه در قسمت load

در قسمت mesh برای مش‌بندی و تقسیم المان به المانهای کوچکتر برای المان سه بعدی بتن از المان C3D8R15 مورد استفاده قرار گرفته و برای المان تیرآهن از المان S4R که یک المان صفحه‌ای چهار گره‌ای مستطیلی می‌باشد، استفاده شده است که در شکل ۷ می‌توان نمونه را در این قسمت مشاهده نمود. و شکل ۸ نتیجه منحنی بار- جابه جایی وسط تیر را می‌توان مشاهده نمود که با نتیجه آزمایشگاهی اختلاف کمی را نشان می‌دهد.



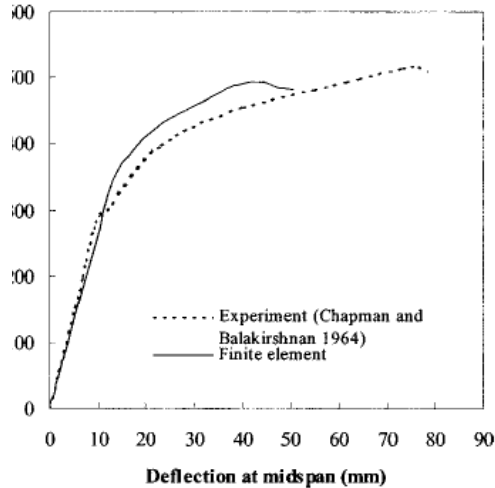
شکل ۷- تیر مرکب در قسمت MESH



شکل ۸- مقایسه منحنی بار - جابه جایی وسط تیر نمونه مدل سازی شده در نرم افزار المان محدود ABAQUS

۴- مشخصات و جزئیات مدل سازی

در این قسمت چند نمونه از تیرهای مرکب را که در قسمت برشگیر با یکدیگر فرق دارند را برای بار ثقلی آنالیز پوش آور با مشخصات جدول ۱ مدل سازی می‌شود و نتیجه آن در این بخش مشخص خواهد شد تمام مشخصات نمونه‌ها از مدل صحت‌سنجی گرفته شده است و مطابق با شکل ۱ مدل سازی شده است.

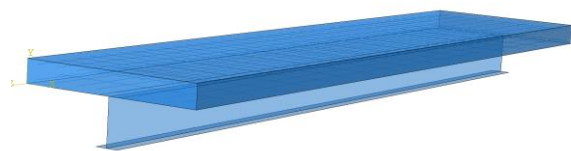


شکل ۴- نتیجه بارگذاری تیر مرکب و مقایسه با مدل سازی المان محدود مقاله مرجع [23]

۳-۲- مدل سازی نرم‌افزاری تحقیق در نرم‌افزار المان محدود ABAQUS

در این قسمت برای صحت‌سنجی نرم‌افزاری و مدل سازی نمونه مورد آزمایش شده مقاله فوق (مقاله ارائه شده توسط آقای لیانگ [۲۳]) را مجدداً مورد ارزیابی قرار داده شده است.

برای مدل‌سازی از قسمت PART بصورت المانهای سه بعدی (Solid) برای بتن و المان صفحه‌ای (shell) برای تیرآهن و از المان خطی (wire) برای مدل‌سازی میلگردها استفاده شده که بصورت واحد سانتی‌متر انجام یافته است که می‌توان مونتاژ شده را در شکل ۵ مشاهده نمود.

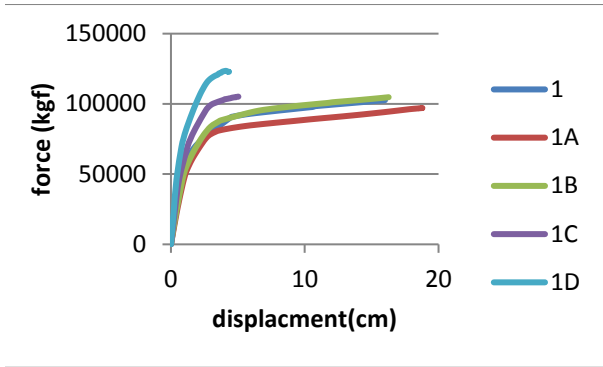


شکل ۵- نمونه مدل سازی شده برای صحت‌سنجی

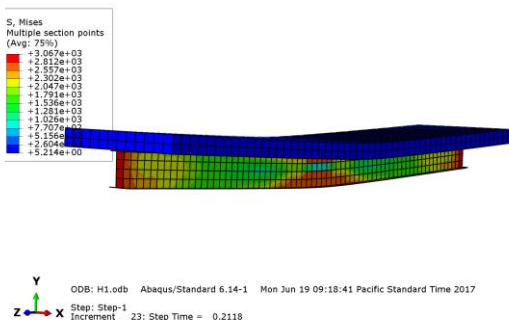
در قسمت property نرم‌افزار مطابق با جدول ۱ مشخصات فولاد و بتن داده ده که برای این منظور برای فولاد در قسمت پلاستیک گزینه plastic و برای بتن از گزینه concrete damage plasticity استفاده شده است.

در قسمت step برای این آزمایش بصورت بار استاتیکی از آنالیز general static که یک آنالیز غیر خطی بوده و در آن از غیر خطی هندسی کمک گرفته شده است، استفاده شده است.

برای اتصال میلگرد و ورق فوقانی تیر فولادی از دستور embedded rignon در قسمت interaction استفاده شده است و برای بارگذاری نمونه در قسمت load بار گسترده و برای تکیه‌گاه در قسمت boundry condition در ابتدا و انتهای تیرآهن تیکه‌گاه معرفی شده



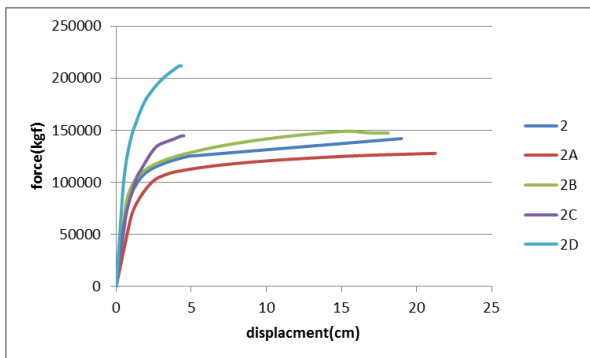
شکل ۹- نمودار پوش آور سری ۱ با اتصال اصطکاکی بتن و تیر



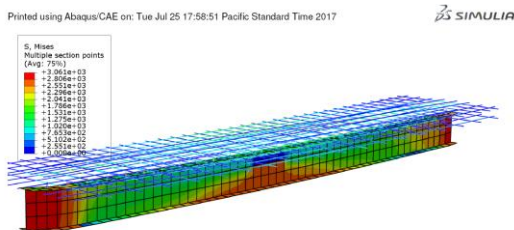
شکل ۱۰- توزیع تنش در تیر در نمونه ۱

۲-۵- نتایج نمونه‌های سری دو

در نمودار شکل ۵ نمودارهای این سری که اتصال تیر به بتن به صورت دو ردیف گل میخ ساده می‌باشد منحنی بار- جابه جایی وسط نمونه‌ها را تجمعی می‌توان مشاهده نمود.



شکل ۱۱- نمودار پوش آور سری ۲ با اتصال دو ردیف گل میخ ساده بتن و تیر



شکل ۱۲- توزیع تنش در تیر در نمونه ۲ (با حذف بتن برای نمایش)

جدول ۲- نام و مشخصات نمونه‌ها

نام نمونه ها	نام نمونه ها	ضخامت دال بتنی (سانتی متر)
سری ۱ (اصطکاکی)	۱	۱۵/۲
	A1	۱۲/۲
	B1	۱۸/۲
	C1	۲۲/۸
	D1	۳۰/۴
سری ۲ (دو ردیف گل میخ ساده)	2	۱۵/۲
	A2	۱۲/۲
	B2	۱۸/۲
	C2	۲۲/۸
	D2	۳۰/۴
سری ۳ (یک ردیف گل میخ L شکل)	3	۱۵/۲
	A3	۱۲/۲
	B3	۱۸/۲
	C3	۲۲/۸
	D3	۳۰/۴
سری ۴ (یک ردیف گل میخ ساده)	4	۱۵/۲
	A4	۱۲/۲
	B4	۱۸/۲
	C4	۲۲/۸
	D4	۳۰/۴
سری ۵ (برش گیر ناودانی)	5	۱۵/۲
	A5	۱۲/۲
	B5	۱۸/۲
	C5	۲۲/۸
	D5	۳۰/۴
سری ۶ (برشگیر نبشی)	6	۱۵/۲
	A6	۱۲/۲
	B6	۱۸/۲
	C6	۲۲/۸
	D6	۳۰/۴

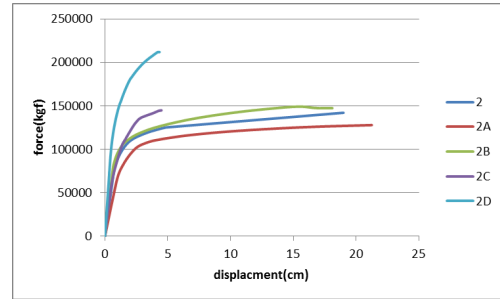
۵- نتایج تحلیلی

۱-۵- نتایج نمونه‌های سری یک

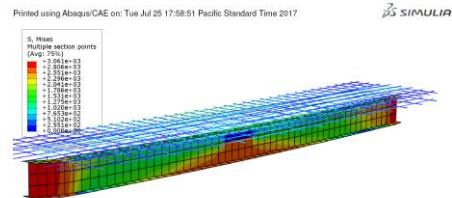
در نمودار شکل ۹ نمودارهای این سری که اتصال تیر به بتن به صورت اصطکاکی می‌باشد منحنی بار- جابه جایی وسط نمونه‌ها را تجمعی می‌توان مشاهده نمود.

۳-۵- نتایج نمونه‌های سری سه

در نمودار شکل ۱۳ نمودارهای این سری که اتصال تیر به بتن به صورت یک ردیف گل میخ L شکل می‌باشد منحنی بار- جابه جایی وسط نمونه‌ها را تجمعی می‌توان مشاهده نمود.



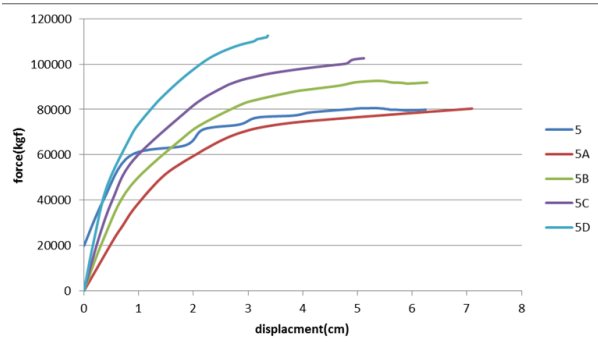
شکل ۱۳- نمودار پوش‌آور سری ۳ با اتصال یک ردیف گل میخ L شکل



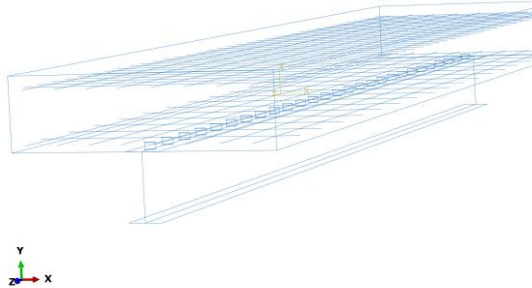
شکل ۱۴- توزیع تنش در تیر در نمونه ۳ (با حذف بتن برای نمایش)

۵-۵- نتایج نمونه‌های سری پنج

در نمودار شکل ۱۷ نمودارهای این سری که اتصال تیر به بتن به صورت یک ردیف گل میخ ناودانی می‌باشد منحنی بار- جابه جایی وسط نمونه‌ها را تجمعی می‌توان مشاهده نمود.



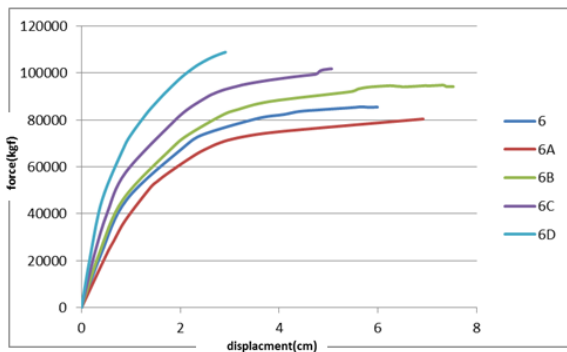
شکل ۱۷- نمودار پوش‌آور سری ۵ با اتصال یک ردیف گل ناودانی ساده بتن و تیر



شکل ۱۸- نمونه 5D و ناودانی اتصالی

۶-۵- نتایج نمونه‌های سری شش

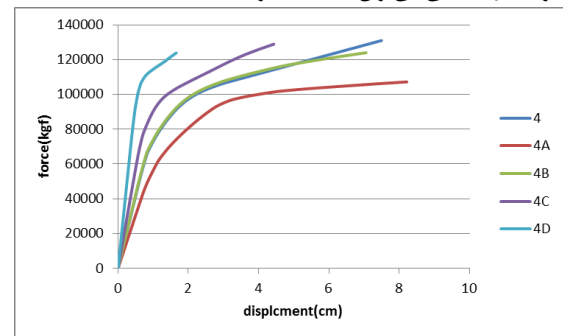
در نمودار شکل ۱۹ نمودارهای این سری که اتصال تیر به بتن به صورت یک ردیف گل میخ نبشی می‌باشد منحنی بار- جابه جایی وسط نمونه‌ها را تجمعی می‌توان مشاهده نمود.



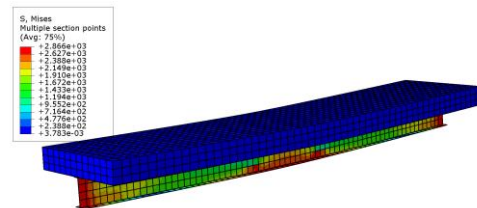
شکل ۱۹- نمودار پوش‌آور سری ۶ با اتصال یک ردیف گل نبشی ساده بتن و تیر

۴-۵- نتایج نمونه‌های سری چهار

در نمودار شکل ۱۵ نمودارهای این سری که اتصال تیر به بتن به صورت یک ردیف گل میخ ساده می‌باشد منحنی بار- جابه جایی وسط نمونه‌ها را تجمعی می‌توان مشاهده نمود.



شکل ۱۵- نمودار پوش‌آور سری ۴ با اتصال یک ردیف گل میخ ساده بتن و تیر

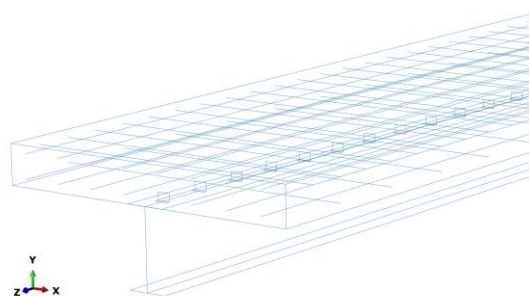


شکل ۱۶- توزیع تنش در تیر در نمونه ۴

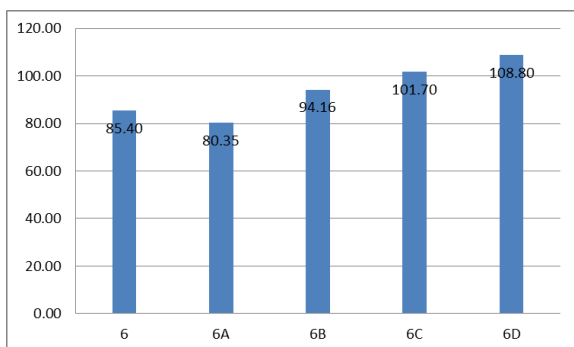
برشگیرها با توجه به نتایج تغییر چندانی نمی‌کند و تنها در تعداد آنها نمودار و مقادیر تغییر را ایجاد کرده است.

افزایش در ضخامت لایه بتنی تیر مختلط باعث افزایش مقاومت تیر ولی کاهش شکل‌پذیری آن می‌شود و لذا می‌توان با کاهش یا افزایش ضخامت شکل‌پذیری تیرهای مختلط را بررسی گردد.

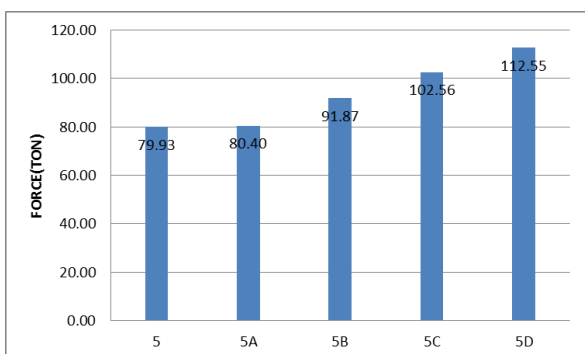
در شکل ۲۳ و ۲۴ نمودار افزایش ضخامت در دو حالت سری ۶ و ۵ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۰- نمونه 6D و نبشی



شکل ۲۳- افزایش ضخامت و تاثیر آن بر روی مقاومت باربری تیر سری ۶



شکل ۲۴- افزایش ضخامت و تاثیر آن بر روی مقاومت باربری تیر سری ۵

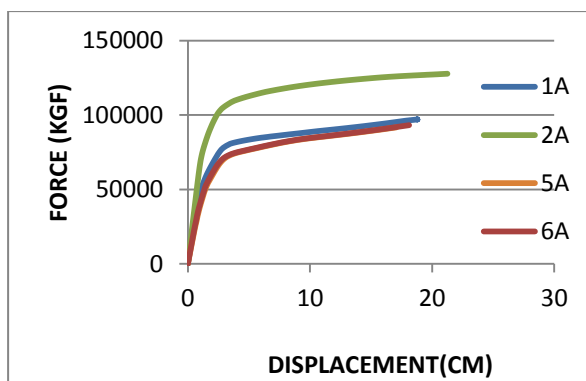
با توجه به شکل‌های ۲۳ و ۲۴ با افزایش ضخامت دال مقاومت نهایی تیرهای مختلط نیز افزایش پیدا می‌کند.

با توجه به جدول فوق و نتایج می‌توان نتایج زیر را گرفت

- افزایش تعداد برشگیرهای نبشی یا ناودانی به دو ردیف باعث افزایش مقاومت خمشی تیر حدود ۲۰ درصد می‌شود.
- با افزایش تعداد برشگیرهای ساده (میلگرد) به دو ردیف میزان ده درصد مقاومت نهایی خمشی تیرهای مرکب را افزایش می‌دهد.
- تاثیر بین برشگیرهای ناودانی و نبشی تفاوت چندانی نشان نمی‌دهد.
- تاثیر بین برشگیرهای ساده و L شکل در حدود ۲ درصد فرق کرده است.

۶- مقایسه نتایج شش سری با هم

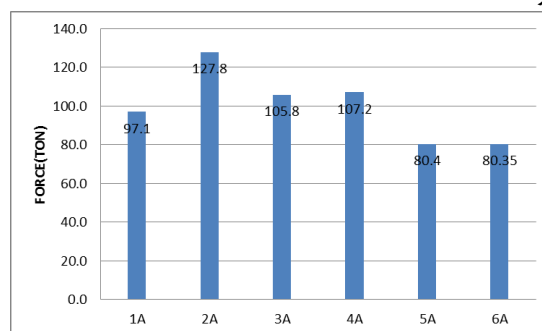
با توجه به مقایسه سری‌ها که همه از یک نوع برش‌گیر بودند را در شش قسمت مشخص شد در این قسمت نیاز به مقایسه و بررسی انجام گیرد لذا نمونه ۱۲ سانتی‌متری را در نظر گرفته و در تمام حالتها با یکدیگر در نمودار شکل ۲۱ نشان داده شده است.



شکل ۲۱- مقایسه انواع برشگیرها در مقاومت نهایی تیر مرکب در نمونه‌های با ضخامت ۱۲ سانتی‌متر

۷. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج فصل قبل نسبت به نتایج در تیرهای مرکب می‌توان میزان افزایش برشگیرها در مقاومت نهایی در شکل ۲۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۲۲- مقایسه نمونه‌ها از نظر مقاومت برای نمونه‌های ۱۲ سانتی‌متری

وجود برشگیر در تعداد باعث افزایش میزان مقاومت تیرهای مختلط در نمونه‌ها شده است و این امر بدیهی به نظر می‌رسد و شکل و نوع این

Mixed formulation of Nonlinear Steel-Concrete Composite Beam Element

13. Adekola, A. O., 1968, Partial interaction between elasticity connected elements of a composite beam. *Int. J. Solids and Struct.*, 4, 1125–1135.

14. Amadio, C., and Fragiacomio, M., 1993, A finite element model for the study of the creep and shrinkage effects in composite beams with deformable shear connections. *Costruzioni Metalliche*, (4), 213–228.

15. Ayoub, A., and Filippou, F. C. (1997). "A model for composite steel-concrete girders under cyclic loading." *ASCE Struct. Congr.* XV.

16. Ayoub, A., and Filippou, F. C. (1999). "Mixed formulation of bond slip problems under cyclic loads." *J. Struct. Engrg. ASCE*, 125(6), 661–671.

17. Bursi, O. S., and Ballerini, M. (1996). "Behavior of a steel-concrete composite substructure with full and partial shear connection." *Proc.*, 11th World Conf. on Earthquake Engrg.

18. Ciampi, V., and Carlesimo, L. (1986). "A nonlinear beam element for seismic analysis of structures." *Proc.*, 8th Eur. Conf. on Earthquake Engrg., 6.3/73–6.3/80.

19. Cosenza, E., and Mazzolani, S. (1993). "Analisi in campo lineare di travi composte con conessioni deformabili Formule esatte e risoluzioni alla differenza." 1st Indian Workshop on Compos. Struct., 1–21.

20. Daniels, B. J., and Crisinel, M. (1993). "Composite slab behavior and strength analysis. I Calculation procedure." *J. Struct. Engrg. ASCE*, 119(1), 16–35.

۲۱- شاپور طاهونی -۱۳۸۰- طراحی سازه‌های فولادی بر اساس آئین‌نامه فولاد ایران

22 – HELP ABAQUS 6-14

23- Qing Quan Liang, M.ASCE; Brian Uy, M.ASCE; Mark A. Bradford, M.ASCE; and Hamid R. Ronagh "Strength Analysis of Steel-Concrete Composite Beams in Combined Bending and Shear" *JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING* © ASCE / OCTOBER 2005 / 1593

24- Ahmad Reza Ghasemi and Masood Mohandes "The effect of finite strain on the nonlinear free vibration of a unidirectional composite Timoshenko beam using GDQM" *Advances in Aircraft and Spacecraft Science*, Vol. 3, No. 4 (2016) 379-397

1. Chen Yang, S. Olutunde Oyadiji, 2016, Detection of delamination in composite beams using frequency deviations due to concentrated mass loading, *J Composite Structures*

2. Qimao Liu, 2016, Exact sensitivity analysis of stresses and lightweight design of Timoshenko composite beams, *J Composite Structures*

3. Paul R. Heyliger, 2016, Elasticity alternatives to generalized Vlasov and Timoshenko models for composite beams, *J Composite Structures*

4. Gong W, Chen J, Patterson EA, 2015. An experimental study of the behaviour of delaminations composite panels subjected to bending. *J Composite Structures*

5. I.E.J. Henderson, X.Q. Zhu, B. Uy, O. Mirza, 2015, Dynamic behaviour of steel-concrete composite beams with different I types of shear connectors. Part I Experimental study

6. I.E.J. Henderson, X.Q. Zhu, B. Uy, O. Mirza, 2015, Dynamic behaviour of steel-concrete composite beams with different II types of shear connectors. Part II Modelling and comparison

7. Biscontini G, Morassi A, Wendel P. ,2000, Vibrations of steel-concrete composite Beams. *J Vibration Control* 691–714.

8. Morassi A, Rocchetto L. ,2003, A damage analysis of steel-concrete composite beams

via dynamic methods PartII. Analytical models and damage detection *Vibration Control*, 529–65.

9. Morassi A, Rocchetto L.,2003, A damage analysis of steel-concrete composite beams

via dynamic methods Part II. Analytical models and damage detection *Vibration Control*, 9 529–65.

10. DesRoches, R., McCormick, J. and Delemont, M., 2004, Cyclic properties of shape memory alloy wires and bars. *J. of Structural Engineering*, Vol. 130, No.1, PP. 38-46.

11. Liu, Z. and Goel, S. (1987). "Investigation of concrete filled steel tubes under cyclic bending and buckling." *Research Report UMCE 87-3*, Dept. of Civil Eng., Univ. of Michigan, Ann Arbor, USA.

12. Ashraf Ayoub, 1 Associate Member, ASCE, and Filip C. Filippou, 2 Member, ASCE.

25-Xiao Yang “Analytical Solutions for Free Vibration and Buckling of Composite Beams Using a Higher Order Beam Theory Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China

Investigating of Behavior of Composite Beams With Long Length Large Under Dynamic Loading with Abaqus

Negin Esazadeh

Master of civil engineering, Islamic Azad University, Germe Branch, Germe, Iran

Amin Ghannadial

Assistant professor, University Mohaghegh ardebili, Ardebil, Iran

Abstract:

The use of concrete in combination with steel in structures can play an important role in improving the structural behavior, ie increase in strength and formability. In many cases, in steel structures that do not meet the considerably shaping criteria. In this study, a solid concrete beam and steady steel beams were modeled using ABAQUS finite element software and verified by a laboratory model. In the following six groups, the difference in specimens was only in the manner of connecting concrete to steel, and for each of the six series, five different thicknesses were considered and investigated, which resulted in the following conclusions. Increasing the number of cutters increases the resistance of composite beams. By increasing the number of simple cut-offs into two rows, 10% of the final bending strength of the composite beams increases. The difference between the studs and the corners is not significantly different. The effect of simple cut-offs and L shapes has been around 2%.

Keywords: mixed beams behavior, large openings, dynamic loading.