

شبیه سازی عددی اتصالات سه راهی کامپوزیتی تقویت شده با پیش شکل های منسوجی

محمدحسین قطره نبی^۱/هادی دبیریان^۱/فریدرضا بیگلری^۲

چکیده

در این پژوهش تاثیر یکپارچگی تقویت کننده منسوج بر روی مقاومت اتصالات سه راهی در برابر فشار هیدرواستاتیک از طریق آزمون های تجربی و شبیه سازی عددی بررسی شد. آزمون کشش بر روی تک لایه های کامپوزیتی و آزمون فشار هیدرواستاتیک بر روی اتصالات یکپارچه و غیریکپارچه انجام شد. به منظور شبیه سازی عددی از روش المان محدود و همگن سازی در دو مقیاس مزو و ماکرو استفاده شد. نتایج شبیه سازی اتصال سه راهی نشان داد که تنش اصلی معادل 60 MPa در اتصال غیر یکپارچه تحت فشار داخلی $1/2 \text{ MPa}$ و در اتصال یکپارچه تحت فشار داخلی $1/75 \text{ MPa}$ شکل می گیرد. این نتیجه بیانگر مقاومت بهتر اتصالات یکپارچه در برابر فشار هیدرواستاتیک می باشد.

۱-مقدمه

کامپوزیت های منسوجی به دلیل بافت رفتگی فاز تقویت کننده خواص مطلوب تری را در جهت ضخامت لایه کامپوزیتی دارا هستند و مقاومت دو چندان در برابر گسترش ترک در حین شکست و تسلیم از خود نشان می دهند. این امر سبب شده که رفتار کامپوزیت های منسوجی به صورت شبه ورقه ای در نظر گرفته شود. تحقیقات متعدد با بهره بردن از روش المان محدود به همراه روش همگن سازی نشان داده است که می تواند رفتار کامپوزیت منسوجی را با دقت مناسبی پیش بینی کند. بدین طریق با بررسی واحد ساختمانی کامپوزیت در مقیاس مزو و سپس بررسی قطعه کامپوزیتی در مقیاس ماکرو حل عددی ساختار کامپوزیتی انجام می شود. لیف و گلاسکین و وسیلیادیس و همکاران معادلات ریاضی مربوط به هندسه یک حلقه در پارچه حلقوی -پودی با طرح بافت ساده در فضای سه بعدی را ارائه دادند. این معادلات با استفاده از پارامترهای پارچه، هندسه یک حلقه را تولید میکنند. شکرچی زاده و همکاران با استفاده از مدل هندسی پیشنهاد شده توسط وسیلیادیس و با استفاده از روش همگن سازی، یک مدل میکرو مکانیکی و یک شبیه سازی عددی را برای پیش بینی خواص کامپوزیت حلقوی -پودی ارائه کردند. خارکوا و همکاران از مدل هندسی پیشنهاد شده توسط لیف و گلاسکین برای شبیه سازی عددی رفتار کامپوزیت تقویت شده با پارچه حلقوی -پودی با طرح بافت ساده استفاده کردند. عبقری و همکاران از مدل پیشنهادی توسط وسیلیادیس و اصلاح آن برای ارائه مدل هندسی حلقه پارچه با طرح بافت ریب 1×1 استفاده کردند و سپس با کدنویسی در نرم افزار آباکوس شبیه سازی عددی را انجام دادند.

جدول ۱: مدول الاستیسیته تک لایه های کامپوزیتی تقویت شده با پارچه حلقوی -پودی در راستای رج و ردیف

مدول الاستیسیته در راستای رج (MPa)	۱۱۴۰/۱۶	
مدول الاستیسیته در راستای ردیف (MPa)	۱۷۰۸/۲۷	
جدول ۲: فشار ترکیبگی نمونه های اتصالات سه راهی کامپوزیتی بر حسب bar		
نمونه شماره ۱	اتصالات یکپارچه	۱۷
نمونه شماره ۲	اتصالات غیر یکپارچه	۱۹
نمونه شماره ۳	۱۸ (عدم شکستگی)	۹
		۴

۲- اصول تجربی

به منظور تولید پیش شکل اتصال سه راهی از ماشین تخت باف الکترونیکی اشتول ۱ با گنج ۷ سوزن بر اینچ و عرض ۱۲۷ سانتیمتر استفاده شد. نمونه های پیش شکل یکپارچه اتصال سه راهی از طریق طرح بافت کیسه ای و با استفاده از نخ شیشه بافته شدند. نمونه های اتصالات سه راهی کامپوزیتی به صورت دو لایه از طریق رزین زنی دستی با استفاده از رزین اپوکسی، تولید گردیدند. اتصالات یکپارچه توسط پیش شکل های یکپارچه تقویت شدند. جهت تولید اتصالات سه راهی غیر یکپارچه، ناحیه های افقی و عمودی اتصالات به صورت جداگانه تولید شدند و سپس با استفاده از جوش کامپوزیتی به یکدیگر متصل شدند.

شکل ۱ اتصالات کامپوزیتی یکپارچه و غیر یکپارچه را نمایش می دهد. آزمایش کشش نیز با استفاده از سه نمونه در هر راستای رج و ردیف مطابق با استاندارد ASTM D ۳۰۳۹ انجام شد. جدول ۱ نتایج حاصل از این آزمایش را نشان می دهد. در آزمایش مقاومت اتصالات سه راهی در برابر فشار هیدرواستاتیک دو دهانه از سه دهانه اتصالات سه راهی توسط سرپوش، پوشیده شده و از دهانه دیگر آب با فشار وارد لوله می شود.

با افزایش فشار سیال، نمونه ها در فشار مشخصی دچار نشتی می شوند و این فشار به عنوان فشار شکست نمونه ها ثبت گردید. جدول ۲ مقادیر مربوطه را نشان می دهد. شبیه سازی عددی شبیه سازی عددی با استفاده از روش المان محدود با استفاده از نرم افزار آباکوس ۲۰۱۶ در دو مقیاس مزو و ماکرو انجام شد. در مرحله اول رفتار کششی واحد ساختمانی در مقیاس مزو شبیه سازی شده است.



ب



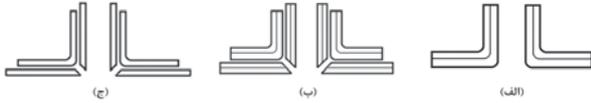
الف

شکل ۱: الف) اتصال یکپارچه کامپوزیتی ب) اتصال غیر یکپارچه کامپوزیتی



جدول ۴: مقادیر شبیه سازی عددی و آزمایش عملی برای مدول الاستیسیته در راستای رج و ردیف

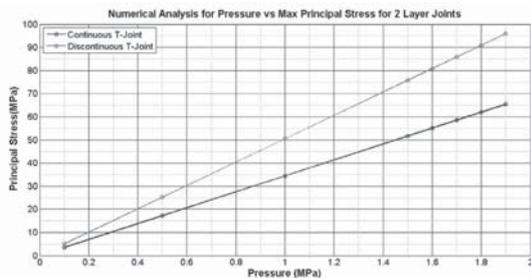
Ecourse Error	Ecourse (MPa)	Ewake Error	Ewake (MPa)	آزمایش تجربی
-	۱۱۴۰/۱۷	-	۱۷۰۸/۲۷	واحد ساختمانی ۱
۲۷/۶٪	۸۲۵/۱	۹۸/۷٪	۳۳۹۵/۵	واحد ساختمانی ۲
۲۵/۶٪	۷۲۳/۸۴	۲۷/۲٪	۲۱۷۲/۸	واحد ساختمانی ۳
۲۰/۵٪	۹۰۶/۱۶	۴٪	۱۷۷۹/۳	



شکل ۴: الف) لایه چینی دو لایه اتصال یکپارچه در ناحیه تماس (ب) لایه چینی چهار لایه اتصال غیر یکپارچه در ناحیه تماس (ج) لایه چینی دو لایه اتصال غیر یکپارچه در ناحیه تماس

غیر یکپارچه رانمی دهد.

شبیه سازی انجام شده برای این دو ساختار بیانگر مقاومت بیشتر اتصالات غیر یکپارچه بود، در حالی که انتظار می رفت که یکپارچگی اتصالات منجر به بهبود مقاومت در برابر فشار داخلی شود. در شکل ۴ الف و ب مشاهده میشود که اتصالات یکپارچه تنها دارای ۲ لایه و اتصالات غیر یکپارچه دارای ۴ لایه در ناحیه تماس لوله های افقی و عمودی هستند. این تفاوت در تعداد لایه های می تواند توجهی برای نتایج آزمایش عملی و شبیه سازی عددی باشد. اگر لایه چینی اتصال غیر یکپارچه همانند اتصالات یکپارچه به صورت دو لایه همانند شکل ۴ ج تعریف شود، نتایج شبیه سازی عددی بیانگر مقاومت بیشتر اتصالات یکپارچه خواهد بود. شکل ۵ نمودار بیشترین تنش اصلی بر حسب فشار را نشان می دهد.



شکل ۵: تغییرات بیشترین تنش اصلی بر حسب فشار داخلی برای اتصال های سه راهی یکپارچه دو لایه و غیر یکپارچه دو لایه

۵- نتیجه گیری

در این مقاله رفتار اتصالات کامپوزیتی یکپارچه و غیر یکپارچه تقویت شده با پیش شکل های حلقوی-پودی از طریق آزمایش عملی و شبیه سازی عددی بررسی شد. برای انجام شبیه سازی عددی از روش المان محدود به همراه روش همگن سازی در دو مقیاس مزو و ماکرو استفاده شد. با بررسی نتایج واحدهای ساختمانی و مقایسه آنها با آزمایش کشش، واحد ساختمانی مناسب جهت استفاده در روش همگن سازی انتخاب شد. سپس شبیه سازی اتصالات سه راهی در مقیاس ماکرو به صورت پوسته صورت گرفت. نتایج شبیه سازی اتصالات سه راهی نشان داد که در اتصال یکپارچه، به ازای فشار ثابت، تنش های اصلی کمتری در قیاس با اتصال غیر یکپارچه ایجاد می شوند. به عبارت دیگر در شرایط یکسان هندسه و ساختار لایه کامپوزیتی، فشار هیدرواستاتیکی تحمل شده تا تنش حد نهایی اتصالات یکپارچه، بیشتر از اتصالات غیر یکپارچه است.

پی نوشت

- ۱- دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- ۲- دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی امیر کبیر



شکل ۲: الف) واحد ساختمانی ۱ (ب) واحد ساختمانی ۲ (ج) واحد ساختمانی ۳

جدول ۳: مقادیر پیش بینی شده در شبیه سازی واحد ساختمانی ۳ کامپوزیت

$E_{t(wale)}$ (MPa)	$E_{t(consr)}$ (MPa)	$E_{st(bakss)}$ (MPa)	V_{12}	V_{13}	V_{23}	G_{12} (MPa)	G_{13} (MPa)	G_{23} (MPa)
۱۸۲۷/۷	۷۲۸/۸	۳۷۰/۵۹	۰/۳۹	۰/۳۶۳	۰/۳۲۴۷	۶۴۲/۵۶	۷۰۷/۱۰	۲۸۲/۸۹

با استفاده از مدل هندسی لیف-گلاسکین یک الگوریتم به زبان برنامه نویسی پایتون برای انجام شبیه سازی عددی نوشته شد و خواص کششی واحد ساختمانی پیش بینی شد.

شکل ۲ واحدهای ساختمانی مورد استفاده در مقیاس مزو را نشان میدهد. مقایسه نتایج برای هر واحد ساختمانی با نتایج آزمایش کشش نشان داد که واحد ساختمانی ۳ دارای کمترین درصد خطا در پیش بینی خواص صفحه کامپوزیتی است.

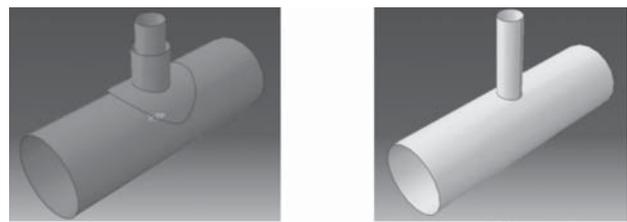
جدول ۳ نیز مقادیر پیش بینی شده توسط واحد ساختمانی ۳ را برای لایه کامپوزیتی اتصالات سه راهی نشان می دهد. سطح مقطع نخ به صورت دایروی در نظر گرفته شده است. مواد به صورت صلب همگن در نظر گرفته شدند و مش بندی با استفاده از المان سه بعدی چهار وجهی درجه چهار ($C3D10$) انجام شد.

شرایط مرزی تناوبی و بارگذاری نیز متناسب با هندسه واحد ساختمانی تعریف شدند. در مرحله دوم با در دست داشتن خواص صفحه کامپوزیتی از مرحله اول، رفتار اتصال سه راهی تحت فشار هیدرواستاتیکی، به صورت پوسته با هندسه مخصوص به خود، شبیه سازی شده است. شکل ۳ هندسه ایجاد شده در محیط نرم افزار را برای اتصال سه راهی یکپارچه و غیر یکپارچه نشان میدهد.

مشخصات صفحه کامپوزیتی با استفاده از مقادیر جدول ۳ تعریف شد و سپس چند لایه های کامپوزیتی با جهت گیری متناسب با قرار گیری رج و ردیف در ساختار اتصالات سه راهی تعریف شد. در المان بندی اتصال سه راهی از المان نوع پوسته ($S4R$ و $S3$) استفاده شده است. شرایط مرزی نیز متناسب با هر دهنه تعریف شد و فشارهای داخلی متفاوت به پوسته اعمال شد.

۴- نتایج و بحث

با استفاده از مشخصات لایه های کامپوزیتی مورد استفاده در آزمایش کشش، رفتار کششی تمامی واحدهای ساختمانی شبیه سازی شدند. مقایسه نتایج عددی با آزمایش عملی بیانگر این بود که واحد ساختمانی ۳ کمترین خطا را در پیش بینی خواص لایه کامپوزیتی داراست. جدول ۴ مقادیر مربوط به واحدهای ساختمانی متفاوت را نشان میدهد. نتایج آزمایش مقاومت اتصالات سه راهی در برابر فشار داخلی هیدرواستاتیکی امکان اظهار نظر قطعی درباره مقاومت اتصالات یکپارچه و



شکل ۳: الف) هندسه اتصال سه راهی یکپارچه (ب) هندسه اتصال سه راهی غیر یکپارچه