استخراج ماتریس سختی دینامیکی تیر تیموشنکوی جدارنازک پرشده با مصالح برشی

الهام قندی[۱]، بهزاد رافضی[۲]

۱- دانشجوی دکترای عمران- سازه، دانشگاه صنعتی سهند

۲- استادیار دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی سهند

ghandi.elham@gmail.com

خلاصه

هدف اصلی این تحقیق استخراج ماتریس سختی دینامیکی برای حرکت وابسته‌ی خمشی- پیچشی تیر تیموشنکوی جدارنازک پرشده با مصالح برشی می‌باشد. تیر مورد نظر شامل یک لایه خارجی جدارنازک می‌باشد که توسط مصالح مقاوم در برابر برش پرشده است. حین فرمول‌بندی اثرات تغییرشکل برشی و اینرسی دورانی برای لایه جدارنازک خارجی در نظر گرفته شده است. بنابراین لایه جدارنازک خارجی دارای صلبیت‌های خمشی، تابیدگی(warping)، برشی و سن- ونان می‌باشد در صورتیکه هسته‌ی برشی فقط دارای صلبیت‌های برشی و سن- ونان می‌باشد. استخراج فرکانس‌های طبیعی با استفاده از ماتریس سختی دینامیکی به یک مساله ویژه مقدار غیر جبری می‌انجامد که برای حل آن از الگوریتم Wittrick-Williams استفاده شده است. در نهایت با استفاده از مثالهایی صحت تئوری ارائه شده تائید شده است.

کلمات کلیدی: تئوری تیموشنکو، ماتریس سختی دینامیکی دقیق، حرکت وابسته‌ی خمشی-پیچشی، تیرهای جدارنازک

۱. مقدمه

یکی از روش‌های توانمند حل مسائل ارتعاشی در مهندسی سازه، مخصوصا زمانی که فرکانس‌های طبیعی بالاتر و دقت بیشتری مورد نیاز است، استفاده از روش ماتریس سختی دینامیکی است. استفاده از ماتریس سختی دینامیکی در تحلیل ارتعاشی تیرها نسبت به روش عناصر محدود دارای مزایایی است. در روش عناصر محدود مشخصات ارتعاشی یک عضو با استفاده از توابع شکل فرضی برای تغییرشکل‌های آن عضو بدست می‌آیند بنابراین دقیق نیستند، در صورتی که در روش ماتریس سختی دینامیکی مشخصات ارتعاشی عضو از حل تحلیلی معادلات دیفرانسیل حاکم بر حرکت ارتعاشی آن عضو به صورت دقیق تعیین می‌شوند. همچنین این روش قابلیت محاسبه تعداد بیشماری از فرکانس‌های طبیعی سازه را دارا می‌باشد.

محققین زیادی ماتریس سختی دینامیکی تیرهای مبتنی بر تئوری اولر- برنولی- سن- ونان را استخراج کردند، اما زمانی که در نظر گرفتن اثرات تغییرشکل برشی و اینرسی دورانی اجتناب ناپذیر است، استفاده از تئوری تیر تیموشنکو ضروری می‌باشد. ماتریس سختی دینامیکی تیر تیموشنکو تحت اثر بار محوری نخستین بار توسط Williams و Howson [۱] بسط داده شده است. Banerjee [۲] عبارات صریحی برای درایه‌های ماتریس سختی دینامیکی حاکم بر حرکت وابسته‌ی خمشی- پیچشی تیر تیموشنکوی یکنواخت استخراج کرد. بعدها Banerjee [۳] با در نظر گرفتن اثر بار محوری کار فوق [۲] را بسط داد. Tanaka [۴] ارتعاش وابسته‌ی خمشی- پیچشی تیرهای تیموشنکو را با در نظر گرفتن اثر صلبیت تابیدگی مورد مطالعه قرار داده است. Banerjee [۵] ماتریس سختی دینامیکی تیر تیموشنکوی تابخورده (Twisted)را استخراج کرده است. رافضی و Howson [۶] ماتریس سختی دینامیکی تیر برشی- پیچشی سه بعدی با مقطع نامتقارن را استخراج کردند. چنین تیرهایی مجاز به تغییرشکل‌های وابسته‌ی پیچشی- برشی هستند ولی اجازه‌ی تغییر شکل خمشی را ندارند. همچنین ایشان [۷] تیر برشی- پیچشی مذکور را به عنوان هسته برای تیر دو ماده‌ای سه‌بعدی با مقطع نامتقارن استفاده کردند. این تیر از یک لایه‌ی جدارنازک خارجی که به صورت مرکب با هسته‌ی برشی کار می‌کند تشکیل شده است. ایشان برای مدل‌سازی لایه خارجی تیر مذکور از تئوری اولر- برنولی استفاده کردند و ماتریس سختی دینامیکی تیر مذکور را استخراج کردند.

در این مقاله کار رافضی و Howson [۷] با جایگزین کردن تئوری اولر- برنولی با تئوری تیموشنکو در مدل‌سازی لایه جدارنازک خارجی انجام شده است. بنابراین در این مقاله لایه جدارنازک خارجی دارای صلبیت‌های خمشی، برشی، سن- ونان و تابیدگی است در صورتیکه مصالح هسته فقط دارای صلبیت‌های برشی و سن- ونان می‌باشد. استخراج فرکانس‌های طبیعی با استفاده از ماتریس سختی دینامیکی به یک مساله ویژه مقدار غیر جبری می‌انجامد که برای حل این مساله ویژه مقدار از الگوریتم Wittrick-Williams استفاده گردیده است.