



حل نیمه تحلیلی معادلات حاکم بر ورق های ایزوتروپیک ضخیم تحت ارتعاشات اجباری

حسن صبوری^۱، بیژن برومند^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

sabouri_arash@yahoo.com
boromand@cc.iut.ac.ir

خلاصه

موضوع این مقاله حل نیمه تحلیلی معادلات دینامیکی حاکم بر محیط سه بعدی ورق، بدون محدودیت در ضخامت، شکل بارگذاری و شرایط مرزی می باشد. این معادلات شامل معادلات تعادل حاکم بر کل محیط ورق، تنش سطحی در سطوح بالا و پایین و همچنین ارضاء شرایط مرزی در لبه ها اعم از شرایط مرزی نیرویی و تغییر مکانی می باشند. برای حل این معادلات از سری توابع پایه هموار و همچنین از تبدیلی ویژه برای ارضاء شرایط مرزی حاکم بر لبه ها استفاده شده است، که منجر به ارضاء معادلات و شرایط مرزی با دقت بالا می شوند. همچنین در روش ارائه شده در این مقاله از آنجا که معادله حرکت کاملاً تحلیلی ارضاء می شود، خطاهای معمول در روش های مرسوم برای آنالیز رفتار ورق کاهش می یابد.

کلمات کلیدی: تحلیل دینامیکی، ورق، ارتعاشات اجباری، توابع پایه، روش بدون شبکه.

۱. مقدمه

کاربرد فراوان ورق ها در علوم هوا فضا و صنایع دریائی و به طور کلی محیط های تحت ارتعاش اجباری موجب توجه روزافزون مهندسين نسبت به اینگونه مسائل شده است. از اینرو حل معادلات مربوط به این مسائل از جمله مهمترین مسائل پیش روی محققین می باشد. به دلیل پیچیدگی آنالیز تنش و جابجایی در این مسائل، با استفاده از روش های موجود، ارضاء شرایط حاکم بر محیط بدون در نظر گیری برخی ساده سازی ها مقدور نمی باشد. علاوه بر این حل های ارائه شده بر اساس روش های موجود، در کنار مزایا و نقاط قوت، گاه خطاهای محسوس و محدودیت هایی را به دنبال دارند. برای نمونه صرف نظر کردن از تغییر شکل های برشی عرضی که در تئوری های کلاسیک لایه ای ارائه شده است، موجب به دست آمدن تغییر شکل های کم و فرکانس طبیعی زیاد می شود. از جمله تلاش های اولیه صورت گرفته در زمینه حل تیرها و ورق ها، حل صفحات نازک بر اساس تئوری کرشهف می باشد، که به تئوری کلاسیک ورق نیز شهرت دارد. با توجه به فرضیات کرشهف، تئوری کلاسیک ورق قادر به بیان کردن میزان کرنش برشی عرضی یا تنش برشی عرضی نمی باشد، که این خود موجب به وجود آمدن نتایج نادرست در تحلیل صفحات ضخیم می شد و استفاده از این تئوری را در حد تحلیل صفحات نازک محدود می نمود. به همین علت تئوری های تغییر شکل های برشی درجه اول [۱] و درجات بالاتر [۲] برای تحلیل دقیقتر این گونه ورق ها ارائه شده است. بنای این تئوری ها بر اساس فرضیه ریسنر-میندلین [۳] و [۴] می باشد. این فرضیه موجب به وجود آمدن تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول شد. در این فرضیه محدودیت موجود در تئوری کلاسیک ورق اصلاح شده است و فرض بر این است که صفحات عمود بر صفحه میانی، چرخش های مستقلی در راستای محور های اصلی تجربه می کنند. تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول موجب حصول تنش برشی ثابت در ضخامت صفحه می شود که با جواب معادله تعادل که این تنش ها را به صورت توابع درجه دو معرفی می کند در تضاد می باشد. پس از گسترش روابط مربوط به تئوری تغییر شکل برشی مرتبه اول و مراتب بالاتر، محققین زیادی روابط اجزاء محدود را بر اساس این تئوری ها گسترش دادند، که ثمره آن به وجود آمدن المان هایی بود که روابط مربوط به این تئوری ها را ارضاء می نمودند. هر چند این المان ها بسیار کارآمد بودند، ولی هنوز مشکلاتی در آن ها وجود داشت. از جمله مشکلاتی که این دسته از المان ها با آن مواجه بودند می توان به قفل برشی، به وجود آمدن