



مقایسه روش‌های استاتیکی معادل و دینامیکی تاریخچه پاسخ در تحلیل لرزه‌ای توربین بادی

وهاب اسماعیلی^۱، احسان محتشمی^۱، مصطفی صالحی احمدآباد^۲، احمد شوشتری^۳

۱- کارشناس پژوهشکده هواخورشید، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

۲- کارشناس ارشد سازه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

۳- استادیار گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

Email: va.esmaeili@alumni.um.ac.ir

خلاصه

در این مقاله، کفایت و دقت روش تحلیل استاتیکی معادل در برآورد پاسخ لرزه‌ای برج توربین بادی بررسی می‌شود. بدین منظور، یک توربین ۱/۵ مگاواتی تحت اثر رکورد زلزله آلسترو قرار داده می‌شود و پاسخ‌های نیرویی و تغییر مکانی سازه به روش تحلیل استاتیکی معادل محاسبه می‌گردد. همچنین، روش تحلیل تاریخچه پاسخ به عنوان پاسخ مرجع انتخاب شده و نتایج روش تحلیل استاتیکی معادل، برای چهار نوع خاک معرفی شده در آیین‌نامه، با آن مقایسه می‌شود. برای بارگذاری لرزه‌ای برج توربین، از ضوابط آیین‌نامه‌های ایران و آمریکا استفاده شده است. تحلیل سازه برج نیز در نرم‌افزار OpenSees به انجام رسیده است. نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان می‌دهند، روش استاتیکی معادل همواره مقادیرهای برش، لنگر خمشی و جابه‌جایی برج را بیش‌تر از بیشینه مقادیر حاصل از تحلیل تاریخچه پاسخ تخمین می‌زند. این اختلاف، برای بیشینه جابه‌جایی نوک برج توربین مورد نظر، در ضعیف‌ترین خاک آیین‌نامه، به حدود سه برابر می‌رسد. دلیل این امر را می‌توان به نحوه توزیع نیروی زلزله در ارتفاع برج در روش تحلیل استاتیکی معادل نسبت داد. افزون بر این، انجام تحلیل در حوزه زمان یا فرکانس می‌تواند بر نحوه توزیع بیشینه برش و بیشینه لنگر خمشی در ارتفاع برج تأثیر گذار باشد.

کلمات کلیدی: تحلیل لرزه‌ای، توربین بادی، تحلیل استاتیکی معادل، تحلیل تاریخچه پاسخ، OpenSees.

۱. مقدمه

امروزه انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر مانند انرژی خورشید و باد، توجه صنایع در سراسر جهان را به خود جلب کرده است. توربین‌های بادی به عنوان یکی از ابزارهای اصلی تولید انرژی پاک شناخته می‌شوند و با توجه به نیاز روزافزون جهان به انرژی، تمایل به ساخت و بهره‌برداری از آن‌ها روز به روز در حال افزایش است. از این رو، برای طراحی استاندارد و مطلوب، شناخت رفتار دینامیکی و نوسانی سازه توربین بادی تحت اثر بارهای مختلف ضروری می‌باشد. بر اساس ضوابط و دستورالعمل‌های طراحی توربین بادی [۱-۳]، ارزیابی عملکرد لرزه‌ای توربین‌های بادی بر اساس بارگذاری لرزه‌ای موجود در آیین‌نامه‌های ساختمانی می‌باشد. در این آیین‌نامه‌ها، چند روش معتبر برای بارگذاری لرزه‌ای ساختمان‌ها ارائه شده است که ساده‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها، روش بارگذاری استاتیکی معادل می‌باشد. در این روش، تحریک تکیه‌گاهی ناشی از زمین لرزه با نیروهای جانبی در ارتفاع سازه جایگزین می‌گردد. در تعیین مقدار نیروهای جانبی، عامل‌های بسیاری مانند ویژگی‌های مودال، هندسی و مکانیکی سازه، مشخصات خاک و لرزه خیزی ساختگاه تأثیر دارند. با این حال، در آیین‌نامه‌های بارگذاری و طراحی ساختمانی و حتی تفسیر آن‌ها، به طور مستقیم به توربین‌های بادی اشاره نشده است. همچنین باید توجه داشت، تفاوت‌های اساسی میان یک توربین بادی و ساختمان وجود دارد. توربین‌های بادی برخلاف ساختمان‌ها، مکانی برای سکونت و تردد انسان نیستند.

^۱ کارشناس پژوهشکده هواخورشید، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ کارشناس ارشد سازه، دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ استادیار گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد