شبیه سازی سه بعدی شالوده توربین‌های بادی به روش عددی اختلاف محدود

نوید ناظران[۱]، سید احسان سیدی حسینی‌نیا[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش مکانیک خاک و مهندسی پی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

navid.nazeran@stu.um.ac.ir
eseyedi@um.ac.ir

خلاصه

تجدیدناپذیر بودن سوخت‌های فسیلی و تأثیر آلودگی‌های ناشی از آن‌ها بر محیط‌زیست، علاقه‌ی کشورها به استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، از جمله انرژی باد را افزایش داده است. از توربین‌های بادی برای تبدیل انرژی باد به الکتریسیته استفاده می‌شود و این سازه‌ها نیز همانند هر سازه‌ی دیگری برای نصب به شالوده نیاز دارند. در تحلیل و طراحی شالوده توجه به ماهیت دینامیکی سازه‌ی توربین‌های بادی و اثرات ارتعاشی ناشی از آن بر خاک زیر شالوده، ضروری است. با توجه به رفتار غیرخطی خاک و پیچیدگی‌های ناشی از تحلیل دینامیکی، استفاده از روش‌های عددی در تحلیل و طراحی شالوده‌ی توربین‌های بادی اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. در این پژوهش شالوده‌ی یک توربین بادی ۱۰۰ کیلوواتی و خاک پیرامون آن به کمک نرم‌افزار $FLAC^{3D}$ مدل‌سازی و رفتار خاک تحت بارهای چرخه‌ای بررسی شده است. در پایان، مقادیر نشست و تنش‌های ایجاد شده در خاک مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

کلمات کلیدی: شالوده، خاک، توربین بادی، مدل‌سازی عددی، تحلیل دینامیکی

۱. مقدمه

با توجه به مسائل زیست‌محیطی و راهبردهای صرفه‌جویانه در بهره‌برداری از منابع انرژی، استفاده از انرژی باد در مقایسه با سایر صورت‌های انرژی به دلیل کاهش هزینه‌های تولید برق، اشتغال‌زایی و عدم آلودگی محیط زیست در کشورهای پیشرفته و بسیاری از کشورهای دیگر،توانسته در میان منابع تجدیدپذیر به عنوان یک منبع جدید تأمین برق در سطح جهان مطرح شود. امروزه علاوه بر استفاده از توربین‌های بادی واقع در خشکی، استفاده از توربین‌های بادی فراساحلی نیز با توجه به سطح بادخیزی گسترده در دریاها توسعه یافته است. از آن‌جا کهسازه‌ی توربین بادی هم مانند هر سازه‌ی دیگری برای استقرار بر روی زمین به شالوده نیاز دارد، پژوهشگران انواع مختلفی از شالوده‌ها را بسته به شرایط پروژه مانند لایه‌بندی خاک، نوع و ترکیب بارهای وارد شده، عملکرد سازه‌ای، روش نصب و اقتصادی بودن طرح پیشنهاد می‌کنند.

توربین‌های بادی دارای بارگذاری پیچیده‌ای هستند و در عمر مفید ۲۰ ساله‌ی خود بارها و لنگرهایی را در هر سه جهت مختصاتی تحمل می‌کنند. این نیروها از وزن توربین بادی، نیروی باد وارد بر بدنه‌ی برج و نیروی ناشی از چرخش پره‌ها (و نیروی موج در توربین‌های بادی فراساحلی) سرچشمه می‌گیرند.آیین‌نامه‌های مختلفی از جمله آیین‌نامه‌ی کمیته‌ی بین‌المللی برق و الکترونیک[۱] (IEC)، آیین‌نامه‌ی DNV (مخصوص توربین‌های بادی فراساحلی)، آیین‌نامه‌ی DNV/Risø و آیین‌نامه‌ی GL[۲] برای طراحی، نصب و بهره‌برداری توربین‌های بادی وجود دارند که می‌توان بارهای وارد بر توربین‌های بادی را از آن‌ها استخراج نمود. در سال ۲۰۱۱، انجمن مهندسین عمران آمریکا[۳] (ASCE) با همکاری مؤسسه‌ی انرژی بادی آمریکا[۴] (AWEA) یک توصیه‌نامه‌ی اجرایی را برای طراحی سازه‌های نگهدارنده‌ی توربین‌های بادی واقع در خشکی[۵] ارائه کردند.

---

[1] International Electrotechnical Commission
[2] Germanischer Lloyd
[3] American Society of Civil Engineers
[4] American Wind Energy Association
[5] Recommended Practice for Compliance of Large Land-based Wind Turbine Support Structures