



## تحلیل عددی رفتار کمانشی شمع های بتنی تحت بارگذاری محوری در خاک های ماسه ای

مهراب جسمانی<sup>۱</sup>، سیده هدی نبوی<sup>۲</sup>

۱- دکتری مهندسی عمران، مکانیک خاک و پی، دانشیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین

۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین

hoda\_n1982@yahoo.com Email:

### خلاصه

شمع ها در حالت اجرا در خاک های بسیار سست و کم مقاومت و در سازه هایی همانند پل ها و اسکله های دریایی که طول قابل توجهی از آن به صورت آزاد و محافظت نشده بالای سطح زمین قرار دارد، در معرض خطر کمانش قرار دارند. به دلیل پیچیده بودن مسئله کمانش شمع و تأثیر آن بر ناپایداری سازه، لازم است رفتار و اندرکنش شمع در خاک را به روش دقیقی شناخت. در این رابطه مطالعات آزمایشگاهی متعددی رفتار کمانشی شمع را مورد بررسی قرار داده اند اما تحقیقات تئوری و کامپیوتری اندکی در این زمینه مخصوصاً در حالت بارگذاری محوری شمع موجود می باشد. در تحقیق حاضر مجموعه تحلیل هایی بر اساس روش عددی با استفاده از یک نرم افزار المان محدود بر روی شمع های بتنی کاملاً مدفون و نیمه مدفون در خاک ماسه ای تحت بارگذاری قائم با کمک مدلسازی الاستوپلاستیک و سه بعدی انجام شد. سپس نتایج تحلیل عددی با نتایج مطالعات آزمایشگاهی پیشین مقایسه گردید و ملاحظه شد تطابق خوب و قابل قبولی بین نتایج موجود می باشد. پس از کالیبره کردن نتایج و اطمینان از صحت عملکرد نرم افزار، آنالیز حساسیتی با تغییر پارامترهای طول کلی و آزاد (محافظت نشده) شمع، خصوصیات ژئوتکنیکی خاک از قبیل چسبندگی، زاویه اصطکاک، وزن مخصوص و مدول الاستیسیته انجام شد و تأثیر پارامترهای مذکور بر بار کمانشی شمع مورد بررسی قرار گرفت.

کلمات کلیدی: شمع بتنی، ظرفیت کمانشی، بارهای محوری، مدلسازی عددی

### ۱. مقدمه

شمع ها بعنوان المان های سازه ای طولی که بصورت بلند و لاغر برای انتقال بار روسازه از لایه های سست و کم مقاومت فوقانی به لایه های مقاوم و متراکم تحتانی بکار می روند بعضاً در معرض خطر کمانش قرار دارند. کمانش را می توان بصورت تغییر شکل ناگهانی سازه در اثر گذار از حد بحرانی تعریف نمود. به دلیل پیچیده بودن مسئله کمانش شمع و تأثیر آن بر ناپایداری سازه، لازم است رفتار و اندرکنش شمع در خاک را به روش دقیقی شناخت. گراند هلم در سال ۱۹۲۹ اظهار داشت برای شمع های قائم که در خاک بسیار سست اجرا می شوند احتمال وقوع پدیده کمانش وجود دارد [۱]. از طرف دیگر، با افزایش استفاده از شمع های بلند و لاغر در سازه های دریایی و پل ها که طول قابل توجهی از شمع در بالای سطح زمین ادامه پیدا می کند، تحقیقات متعددی به منظور ارزیابی هر چه دقیقتر بارهای کمانشی شمع جهت در نظرگیری در مسائل طراحی صورت گرفته است. دیویسون و راینسون (۱۹۶۵) معادلات تفاضلی تغییر شکل کمانشی شمع را برای برآورد بارهای بحرانی با فرض تغییرات ثابت و افزایش خطی برای مدول عکس العمل بستر خاک، بکار گرفتند. در آن تحقیق شمع های نیمه مدفون بعنوان ستون های در انتها گیردار عمل می کردند. تحلیل انجام گرفته با استفاده از این روش، محدود به طول مدفون بی بعد بزرگتر از ۴ می شد [۲]. بولز (۱۹۷۴) برنامه کامپیوتری تهیه کرد که توانایی محاسبه بار کمانشی شمع های کاملاً مدفون و نیمه مدفون را داشت این برنامه کامپیوتری به روش اجزا محدود نوشته شده بود [۳]. گبر و همکارانش (۱۹۹۷) راه حل کلی را با استفاده از روش کمینه انرژی پتانسیل برای تخمین طول معادل کمانش و ظرفیت کمانشی بحرانی برای شمع های اصطکاکی بلند و لاغر در خاک رس ارائه دادند [۴]. لین و چنگ (۲۰۰۲) با استفاده از روش پتانسیل انرژی و توابع شکل برای شمع های با شرایط تکیه گاهی متفاوت بارهای کمانشی شمع های کاملاً مدفون و نیمه مدفون را در یک محیط لایه ای الاستیک مورد مطالعه قرار دادند و اظهار داشتند که در مقایسه با پارامترهایی از قبیل خصوصیات سختی خاک، ضخامت لایه خاک و نحوه توزیع بار محوری، پارامتر طول محافظت نشده شمع بیشترین تأثیر را بر بار کمانشی دارد [۵]. شیلدز (۲۰۰۷) تحقیقاتی در مورد کمانش در میکروپایل ها انجام داد. وی بارهای کمانشی بدست آمده از روابط و روش های نیمه تجربی و بارهای مجاز بدست آمده از کدها و آیین نامه های رایج را مورد مقایسه قرار داد و بیان نمود که بطور کلی کمانش در غالب میکروپایل هایی که به روش متداول طراحی می شوند مسئله نگران کننده ای نیست اما کمانش می تواند بعنوان یک فاکتور کنترل کننده طراحی در استفاده از کدها و آیین نامه های