5th Conference on Recent Research in Science and Technology
پنجمین همایش پژوهش‌های نوین در علوم و فناوری
بهار ۱۳۹۵
Spring 2016

مقایسه رفتار گروه شمع‌های مقطع متغیر و مقطع ثابت در خاک‌های لایه‌ای به روش اجزاء محدود

شهریار رضایی فرد جهرمی
کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش خاک و پی دانشگاه آزاد اسلامی همدان
Shahriar.rfj@gmail.com

محمدجواد کاظمینی
دکتری مهندسی عمران - مهندسی خاک دانشگاه آزاد اسلامی علوم و تحقیقات تهران، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج
Mjkazemeini@gmail.com

Archive of SID

چکیده

*شمع‌ها عناصر لاغر و ستونی هستند که به صورت قائم و یا کمی مایل برای انتقال بارها به لایه‌های عمیق‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اکثر مطالعات انجام شده در مورد شمع‌ها تاکنون، فرض بر قرار گرفتن شمع در خاک تک لایه می‌باشد ولی در عمل موارد زیادی وجود دارد که شمع در خاک به صورت چند لایه با خواص و ویژگی‌های مختلف قرار دارد و در این شرایط ممکن است شمع رفتار متفاوتی نسبت به خاک تک لایه داشته باشد. در این پژوهش به مطالعه، بررسی و مقایسه رفتار گروه شمع مقطع متغیر و مقطع ثابت در خاک لایه‌ای با استفاده از مدل‌سازی عددی به روش اجزاء محدود پرداخته‌ایم که این پارامترهای رفتاری شامل ظرفیت باربری، نشست و ... می‌باشد. برای مدل‌سازی از دوگروه شمع ۴*۴ با مقطع متغیر و مقطع ثابت و سر شمعی با ضخامت ۰.۵ متر و نیز در شش نسبت S/D = ۳،۴،۵،۶،۷،۸ استفاده شده است. طول شمع‌ها در هر دو گروه ۱۵ متر که یک بار قائم ۱۰۰۰۰ کیلونیوتن نیز به آن‌ها اعمال شده است. خاک در نظر گرفته شده متشکل از سه لایه با خواص متفاوت می‌باشد. مدل رفتاری خاک مدل مور-کولمب و برای شمع از مدل الاستیک خطی استفاده شده است. پس از تجزیه و تحلیل مدل‌ها مشخص گردید که در یک نسبت S/D یکسان به ازای بار محوری مشخص، میزان نشست در گروه شمع‌های مقطع متغیر کمتر از گروه شمع مقطع ثابت می‌باشد. همچنین در یک چیدمان و نسبت S/D مشخص میزان ظرفیت باربری گروه شمع مقطع متغیر بیشتر ازگروه شمع مقطع ثابت است. در ارزیابی های بعدی به تاثیر نسبت S/D بر رفتار این دو گروه شمع پرداخته شد. رابطه ظرفیت باربری و نشست با نسبت S/D نشان داد که با افزایش این نسبت، ظرفیت باربری افزایش و نشست کاهش می‌یابد.*

کلمات کلیدی: گروه شمع، شمع مقطع متغیر، شمع مقطع ثابت، خاک لایه‌ای.

۱. مقدمه

امروزه با افزایش جمعیت و گسترش مناطق شهری و صنعتی، روی آوردن به ساخت و سازهای عظیم و مرتفع اجتناب ناپذیر است. همین امر باعث شده که استفاده از پی‌های سطحی به خصوص در مناطقی که لایه‌های سطحی خاک از توان باربری کافی برخوردار نبوده، انتخاب مناسبی نباشد. در این موارد به جای استفاده از پی‌های سطحی، از پی‌های عمیق یا به عبارت دیگر از شمع‌ها بهره گرفته می‌شود. شمع‌ها المان‌های لاغر و ستونی شکلی هستند که به صورت قائم و یا کمی مایل برای انتقال بارها به لایه‌های عمیق‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای انتقال بارهای مورد نظر، اگر یک شمع جوابگوی

www.SID.ir

انتظارات ما نباشد، از گروه شمع که متشکل ازچند شمع در کنار هم بـا آرایشـی خـاص و از پـیش محاسـبه شـده مـی‌باشـند، استفاده می‌شود. شمع‌ها با نفوذ تا لایه‌های زیرین خاک یا سنگ بستر و با انتقال بـار سـازه بـه بخـش‌هـایی از خـاک کـه از استحکام و توان باربری بیشتری برخوردارند، امکان احداث سازه‌های بزرگ‌تر را در سطح زمین فراهم می‌کنند.

شمع‌ها از نظر هندسی انواع مختلفی دارند که می‌توان به شمع‌های مقطع متغیر، مقطع ثابت و ... اشاره کـرد. یکـی از ایـن نوع شمع‌ها، شمع مقطع متغیر است که می‌توان آن را از ابتدایی‌ترین شمع‌های ساخت بشر دانست. در شمع‌های مقطع متغیر با افزایش تدریجی طول شمع و تحت زاویه باریک شدگی، سطح مقطع شمع کاهش یافته و در نهایت نوک شمع، سطح مقطع کمتری نسبت به سر شمع پیدا می‌کند. نوع دیگری از شمع‌ها، شمع مقطع ثابت می‌باشد کـه در آن بـا افـزایش طـول شـمع، سطح مقطع در تمام طول شمع ثابت بوده و تغییر نمی‌کند.

در این مقاله به مقایسه رفتار گروه شمع‌های مقطع متغیر و مقطع ثابت در خاک‌های لایه‌ای می‌پردازیم. در اکثـر مطالعـات انجام شده در مورد شمع‌ها تا کنون، فرض بر قرار گرفتن شمع در خاک تک لایه‌ای می‌باشد و روابط ارائه شده نیز بر این فـرض استوار است ولی در عمل موارد زیادی وجود دارد که شمع در خاک به صورت چند لایه‌ای با خواص و ویژگی‌های مختلـف قـرار دارد و در این شرایط استفاده از روابط قبلی به خصوص برای محاسبه ظرفیت باربری و نشست شمع مناسب به نظر نمـی‌رسـد. روابط استفاده شده باید به گونه‌ای باشد که خواص و ویژگی‌های تمامی لایه‌ها در تعیین ظرفیت باربری و نشسـت شـمع در آن دخیل باشد.

حال این سوال مطرح می‌شود که در خاک‌های لایه‌ای شمع‌های مقطع متغیر و مقطع ثابت چه رفتاری از خود نشـان مـی-دهند و میزان نشست، ظرفیت باربری و ... آن‌ها در مقایسه با یکدیگر به چه میزان خواهد بود. در این پژوهش تلاش می‌شود بـا مطالعه این مسئله به کمک مدل سازی سه بعدی توسط نرم‌افزار Plaxis 3D Foundation که بر اساس روش عددی المان محدود استوار است، به این موضوع پرداخته شود. بنابراین تعدادی از پارامترهایی که در رفتار گروه شـمع‌هـا تـاثیر مـی‌گذارنـد مانند قطر شمع‌ها، طول شمع‌ها، مشخصات لایه‌های خاک و ... در مدل‌سازی در نظر گرفته می‌شود و پس از تجزیه و تحلیل به مقایسه ظرفیت باربری، نشست و ... در گروه شمع‌های مقطع متغیر و مقطع ثابت با یکدیگر در خاک‌های لایه‌ای می‌پردازیم.

در سال ۱۳۹۲ مردانی، علی‌الهی و پورسهراب به شبیه‌سازی مسأله بارگذاری شمع در دستگاه سـانتریفیوژ آلارد پرداختنـد. برای این منظور آن‌ها شمع با قطر و طول‌های مختلف را در خاک ماسه‌ای مدل کردند.نتایج بدست آمده تاثیر قطـر و طـول در ظرفیت باربری فشاری شمع‌های مخروطی را نشان داد.(مردانی، علی‌الهی و پورسهراب،۱۳۹۲)

در سال ۱۳۹۳ کریمی، مردوخ پور دو گروه شمع با پارامترهای مشخص مانند طول، فواصل مرکز به مرکز و قطر مشخص را در خاک دو لایه دارای یک لایه ضعیف و یک لایه قوی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند زمانی که لایه ضـعیف روی لایـه قوی قرار دارد با افزایش ضخامت لایه ضعیف ظرفیت باربری گروه شمع کاهش می‌یابد و برای حالتی کـه لایـه قـوی روی لایـه ضعیف قرار داشته باشد با افزایش ضخامت لایه قوی ظرفیت باربری گروه شمع افزایش می‌یابد.(کریمی و مردوخ پور،۱۳۹۳)

در سال ۲۰۰۹ Ai و Han به تنش‌های ایجاد شده در شمع در خاک الاستیک پرداختند. آن‌ها خاک را به صورت لایه‌ای و دارای ۸ لایه با خواص و ویژگی‌های متفاوت در نظر گرفتند و برای تجزیه و تحلیل از روش گیبسـون اسـتفاده کردنـد. پـس از تجزیه و تحلیل نتایج به مقایسه اختلاف تنش ایجاد شده در نیمه بالایی و نیمه پایینی شمع پرداختنـد و دریافتنـد کـه محـل قرارگیری لایه قوی و لایه ضعیف خاک تاثیری زیادی در تنش ایجاد شده در شمع دارد.(Ai And Han,2009)

در سال ۲۰۱۴ Salgado ،Tehrani و Prezzi به بررسی جابه‌جایی و عوامل تاثیرگذار آن روی شـمع و گـروه شـمع در خاک لایه‌ای پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود از فرمولاسیون اصل کار مجازی، حسـاب دیفرانسـیل و انتگـرال اسـتفاده کردنـد. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد در پاسخ به بارگذاری جانبی شمع‌ها عوامل مختلفی مانند شرایط بارگذاری، آرایش شمع‌ها، فواصل شمع‌ها از یکدیگر و سختی شمع بسیار تاثیرگذار می‌باشند.(Salgado et al.,2014)

در سال ۲۰۰۶ Zhao، Zhang و Zou به تعیین میزان جابه‌جایی و نشست در شمع پرداختند. در مطالعه انجام شده آن-ها شمع را در خاک الاستیک دارای ۴ لایه مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و در تحقیق خود از تئـوری واکـنش بسـتر و سـری توانی استفاده کردند و دریافتند محل قرارگیری لایه‌های ضعیف و قوی خاک در میزان و محل نیروی وارد شده به شمع بسـیار تاثیرگذار می‌باشد.(Zhang et al.,2006)

www.SID.ir

در سال ۲۰۱۴ Tang و Ling واکنش گروه شمع در برابر بارهای زلزله در خاک روان‌گرا را بررسی کردند و از آزمایش میز لرزان برای بررسی رفتار دینامیکی سرشمع مسلح بتنی در طول روان‌گرایی خاک استفاده کردند.(Tang And Ling,2014)

در سال ۲۰۱۱ Maheshwari و Sarkar یک گروه شمع را در خاک روانگرا در نظر گرفتند و به بررسی رفتار لرزه‌ای شمع‌ها بصورت پارامتری پرداختند. آن‌ها میزان اثرات بارگذاری و سختی خاک بر رفتار لرزه‌ای سیستم خاک و شمع را با توجه به رفتار غیرخطی، برای طیف گسترده‌ای از فرکانس‌ها مورد مطالعه قرار دادند.(Maheshwari and Sarkar,2011)

در سال ۲۰۰۸ Milla'n و Domi'nguez به بررسی مدل ساده شده برای آنالیز دینامیکی سازه‌های واقع بر شمع و گروه شمع‌ها در خاک‌های ویسکوالاستیک و پرالاستیک پرداختند. ضرایب سختی دینامیکی به دست آمده با نتایج موجود مقایسه شد و نشان داد که این مدل، بیانگر رفتار دینامیکی شمع می‌باشد.(Milla'n And Domi'nguez,2008)

در سال ۲۰۰۸ Turan و El naggar به بررسی رفتار جانبی گروه میکروشمع‌ها تحت تاثیر بارهای دینامیکی و استاتیکی پرداختند. در این پژوهش واکنش استاتیکی و دینامیکی سازه مسلح شده با گروه میکرو شمع‌ها در خاک هموژن با استفاده از روش FEM 3D مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش نشان می‌دهد که میکرو شمع‌های جاسازی شده در یک مقطع، ممکن است باعث افزایس لنگرهای خمشی مجاز تا ۱۰۰٪ شوند.(Turan And El naggar,2008)

۲. کلیات

۲-۱. صحت سنجی

در این مقاله به منظور صحه‌گذاری بر نتایج مدل‌سازی عددی، به مقایسه نتایج حاصله از اعتبار سنجی خود نرم افزار Plaxis 3D و نتایج بدست آمده از مدل‌سازی با نرم‌افزار Plaxis 3D پرداخته شده است. یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های مواد در تحلیل عددی تعیین مدل رفتاری آن‌ها می‌باشد که دقت در انتخاب مدل رفتاری صحیح مستقیما بر روی نتایج تحلیل، تاثیرگذار خواهد بود. در این پژوهش برای خاک از مدل مور-کولمب و برای شمع مدل الاستیک خطی استفاده شده است. همچنین پارامترهای خاک و شمع مورد استفاده در مدل‌سازی بر اساس پارامترهای موجود در اعتبارسنجی نرم‌افزار در نظر گرفته شده است که در جدول ۱ مشخصات خاک و در جدول ۲ مشخصات شمع قید شده است. طول شمع مفروض ۹.۵ متر و قطر آن ۱.۳ متر می‌باشد. با استفاده از مشخصات ارائه شده در جداول زیر مدل‌سازی شمع در نرم افزار انجام گرفته است.

جدول ۱- مشخصات خاک

مشخصات	واحد	خاک
وزن مخصوص غیر اشباع	γ [KN/m3]	۲۰
وزن مخصوص اشباع	γ [KN/m3]	۲۰
مدول یانگ	E [KN/m2]	۶۰۰۰۰
چسبندگی	C [KN/m2]	۰.۳
ضریب پواسون	υ [-]	۰.۳
زاویه اصطکاک داخلی	φ [°]	۲۰
زاویه اتساع خاک	ψ [°]	۲۲.۵

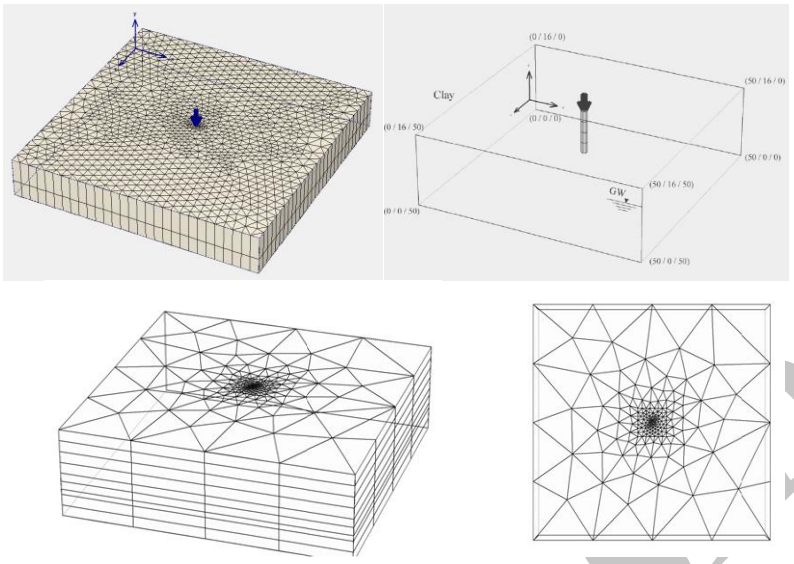
جدول ۲- مشخصات شمع

مشخصات	واحد	شمع
وزن مخصوص	γ [KN/m3]	۲۴
مدول یانگ	E [KN/m2]	۳۰۰۰۰۰۰۰
ضریب پواسون	υ [-]	۰.۲
ضخامت	m	۱.۳
طول	m	۹.۵

Archive of SID

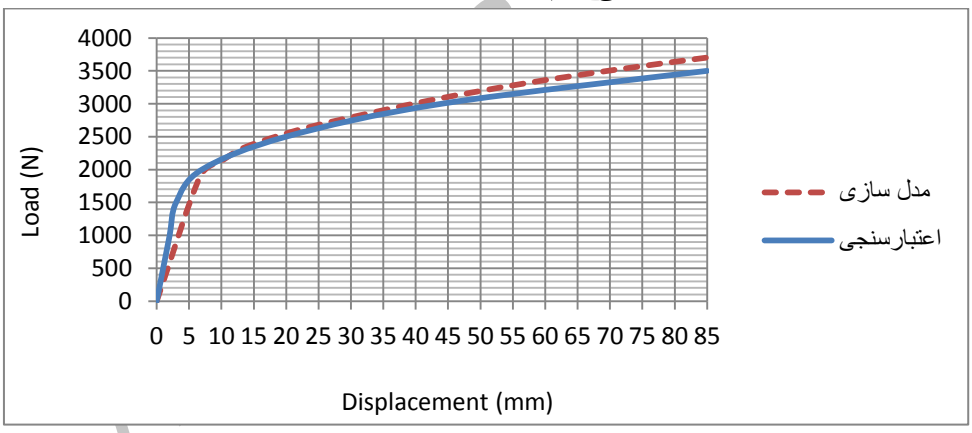
www.SID.ir

شمع از نوع شمع مقطع ثابت می‌باشد که در محیط خاکی متشکل از یک لایه خاک مدل شده است. برای مدل کردن شمع در این محیط، ابعاد ۵۰*۵۰ و ارتفاع ۱۶ متر برای لایه خاک درنظر گرفته شده است که شمع در مرکز آن قرار دارد.



شکل ۱- هندسه و مش بندی مدل اعتبارسنجی خود نرم افزار

پس از آنالیز مدل انجام گرفته شده توسط نرم افزار، نمودار۱- بار- نشست شمع از آن استخراج گردید. سپس به مقایسه نمودار بدست آمده از مدل‌سازی و نمودار موجود در اعتبار سنجی نرم‌افزار می پردازیم و میزان ظرفیت باربری شمع با ۸۵ میلیمتر نشست را در هردو مدل با یکدیگر مقایسه می‌کنیم.



نمودار ۱- مقایسه بار-نشست در هر دو مدل اعتبارسنجی و مدل‌سازی توسط نرم افزار

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می گردد شمع مدل‌سازی شده در نشست به میزان ۸۵ میلیمتر باری معادل ۳۵۰۰ کیلونیوتن به آن وارد شده است که در اعتبار سنجی خود نرم افزار برای همین میزان نشست بار ۳۷۰۷ کیلونیوتن وارد شده است.(Turan And El naggar,2008)

جدول ۳- میزان خطای مدل سازی و اعتبارسنجی

طول شمع (متر)	ظرفیت باربری با ۸۵ میلیمتر نشست اعتبارسنجی	ظرفیت باربری با ۸۵ میلیمتر نشست مدل سازی	درصد خطا
۹.۵	KN۳۷۰۷	KN۳۵۰۰	۵

درصد خطای محاسبه شده برای ظرفیت باربری نهایی با تغییر مکان ۸۵ میلیمتر، ۵ درصد می‌باشد که نشان دهنده اطمینان از صحت مدل‌سازی در نرم افزار می‌باشد.

www.SID.ir

۲-۲. تعریف مسئله

در ادامه تحلیل به منظور بررسی ظرفیت باربری، نشست و ... گروه شمع‌های مقطع متغیر و مقطع ثابت در خاک لایه‌ای، مدل‌سازی‌های عددی انجام گرفته است. گروه شمع ۴*۴ با پلان مفروض، با سر شمعی متصل به زمین با ضخامت ۰.۵ متر و نیز در شش نسبت S/D = ۳،۴،۵،۶،۷،۸ مدل‌سازی و تحلیل گردیده است. طول شمع در همه گروه‌ها ثابت و ۱۵ متر می‌باشد و فاصله مرکز شمع بیرونی تا لبه سرشمع ۱.۵D در نظر گرفته شده است. یک بار ثابت ۱۰۰۰۰ کیلونیوتن به شمع‌ها اعمال شده است. مدل رفتاری برای خاک مدل مور-کولمب و برای شمع از مدل الاستیک خطی استفاده شده است و سایر مشخصات شمع و لایه‌های خاک در جداول ۴ ، ۵ و ۶ موجود است.

جدول ۴- مشخصات لایه‌های خاک

مشخصات	واحد	لایه اول خاک	لایه دوم خاک	لایه سوم خاک
وزن مخصوص غیر اشباع	γ [KN/m3]	۱۷.۶	۱۷.۵	۱۶.۳
وزن مخصوص اشباع	γ [KN/m3]	۲۰	۱۹.۹	۱۸.۷
مدول یانگ	E [KN/m2]	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
چسبندگی	C [KN/m2]	۱	۱	۱
ضریب پواسون	υ [-]	۰.۳	۰.۲۸	۰.۲
زاویه اصطکاک داخلی	φ [°]	۳۷	۳۰	۳۳
زاویه اتساع خاک	ψ [°]	۷	۱	۳
ضخامت	t [m]	۵	۳	۲۲

جدول ۵- مشخصات شمع و سرشمع

مشخصات	واحد	سرشمع	شمع
وزن مخصوص	γ [KN/m3]	۲۴	۲۴
مدول یانگ	E [KN/m2]	۲۰۰۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰۰
ضخامت	m	۰.۵	-

جدول ۶- ابعاد شمع‌های مقطع متغیر و مقطع ثابت

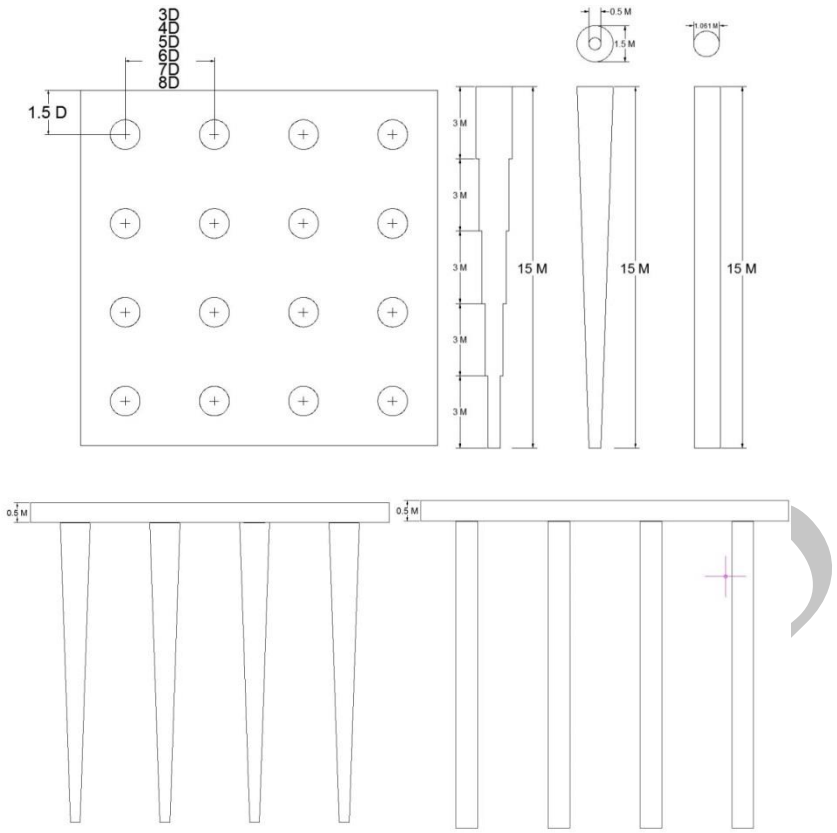
	حجم گروه شمع	قطر بالای شمع	قطر پایین شمع	زاویه باریدگی (α)
مقطع متغیر	۲۱۲.۱۶ متر مکعب	۱.۵ متر	۰.۵ متر	۱.۹۱ درجه
مقطع ثابت	۲۱۲.۰۸۵ مترمکعب	۱.۰۶۱ متر	۱.۰۶۱ متر	۰ درجه

۲-۳. مشخصات هندسی و چیدمان گروه شمع در مدل‌ها

برای مدل‌سازی گروه شمع‌های مقطع متغیر و مقطع ثابت، شمع‌ها در همه‌ی مدل‌ها هم طول و هم حجم در نظر گرفته شده‌اند لذا در گروه شمع‌های مقطع ثابت تمامی شمع‌ها دارای قطری معادل ۱.۰۶ متر وطول ۱۵ متر می‌باشند. به‌منظور مدل-سازی شمع مقطع متغیر از ۵ قطعه ۳ متری استفاده شده است که قطر بالای شمع ۱.۵ متر و قطر انتهای شمع ۰.۵ متر می‌باشد که از بالا به پایین، شمع دارای زاویه باریک شدگی ۱.۹۱ درجه می‌باشد. سایر مشخصات هندسی گروه شمع مقطع متغیر و مقطع ثابت و در شکل ۲ موجود است.

Archive of SID

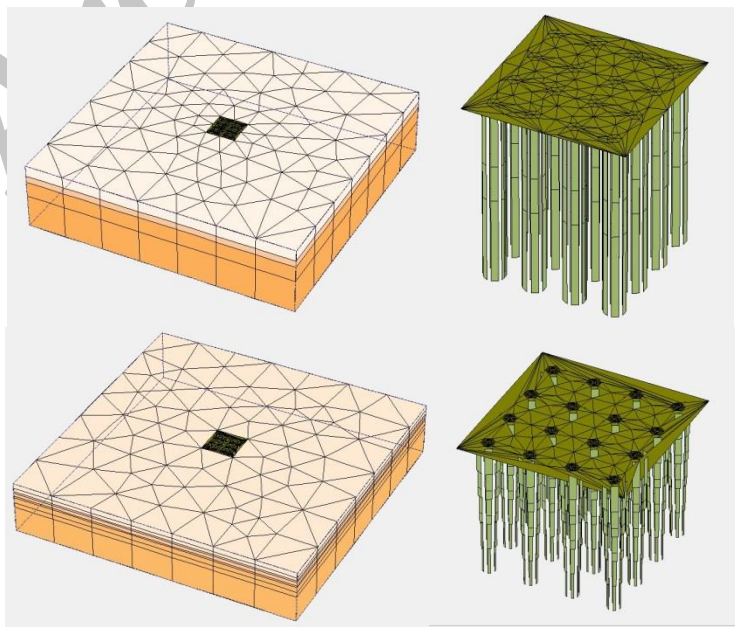
www.SID.ir



شکل ۲- مشخصات هندسی گروه شمع مقطع متغیر و مقطع ثابت

۲-۴. مدل‌سازی و خروجی در نرم افزار

ابتدایی‌ترین کار در مدل‌سازی در نرم افزار تعریف هندسه محیط مدل در نرم افزار می باشد. برای مدل‌سازی این دو گروه شمع، ابتدا محیط خاک در نرم افزار مدل می‌شود و پس از آن به مدل‌سازی شمع‌ها و سرشمع پرداخته می‌شود. بعد از انجام هندسه مدل و تخصیص پارامترهای مورد نیاز، مش‌بندی مدل صورت می‌گیرد. در این مرحله می‌توان میزان مش بندی‌ها را برای انجام دقیق‌تر محاسبات افزایش داد. پس از ترسیم صحیح هندسه مدل و تخصیص پارامترهای مواد، مرحله محاسبات را انجام می دهیم.



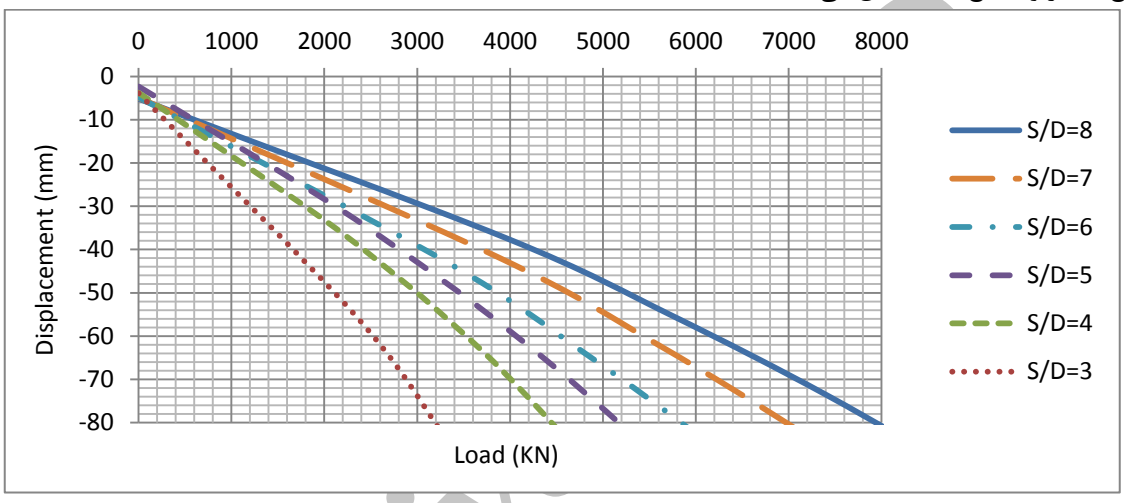
شکل ۳- مش بندی گروه شمع در نرم افزار

www.SID.ir

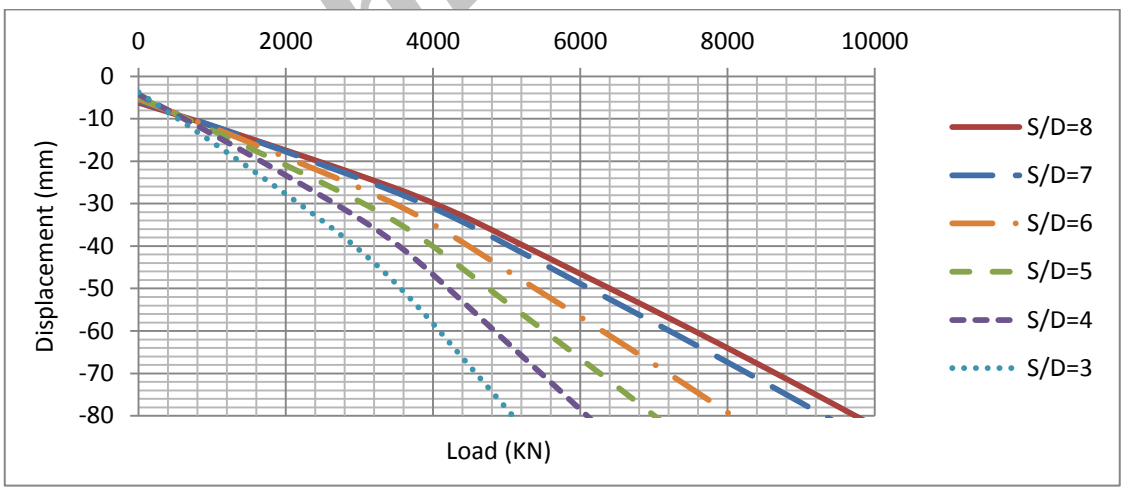
برای انجام محاسبات باید تعداد فاز محاسبات را مشخص کنیم که در این پژوهش سه فاز مختلف در نظر گرفته شده است. فاز اول یا فاز شرایط اولیه، شامل محیط خاکی و لایه های خاک بدون شمع، سرشمع و بارهای وارده می‌باشد. در فاز دوم شمع و سرشمع اضافه می‌گردد و در فاز سوم محاسبات، نیرو ها به شمع و سرشمع اعمال می گردد. پس از فازبندی محاسبات، مدل اجرا شده و خروجی و نمودارهای مورد نیاز به منظور بررسی و مقایسه از آن استخراج می‌گردد.

۲-۵. بررسی اثر S/D مختلف بر ظرفیت باربری گروه شمع

برای ارزیابی تاثیر نسبت S/D بروی ظرفیت باربری، در هر دو گروه شمع از ۱۲ مدل نرم‌افزاری استفاده شده است که میزان ظرفیت باربری به ازای نشست ۸۰ میلیمتر مورد بررسی قرار گرفته است. از نمودارهای ۲ و ۳ می‌توان دریافت با افزایش نسبت S/D از ۳ به ۸ میزان ظرفیت باربری به ازای ۸۰ میلیمتر نشست افزایش یافته است. این نتیجه در هر دو گروه شمع مقطع متغیر و مقطع ثابت صدق می کند.



نمودار ۲- بار-جا به جایی گروه شمع مقطع ثابت با نسبت S/D=۳،۴،۵،۶،۷،۸

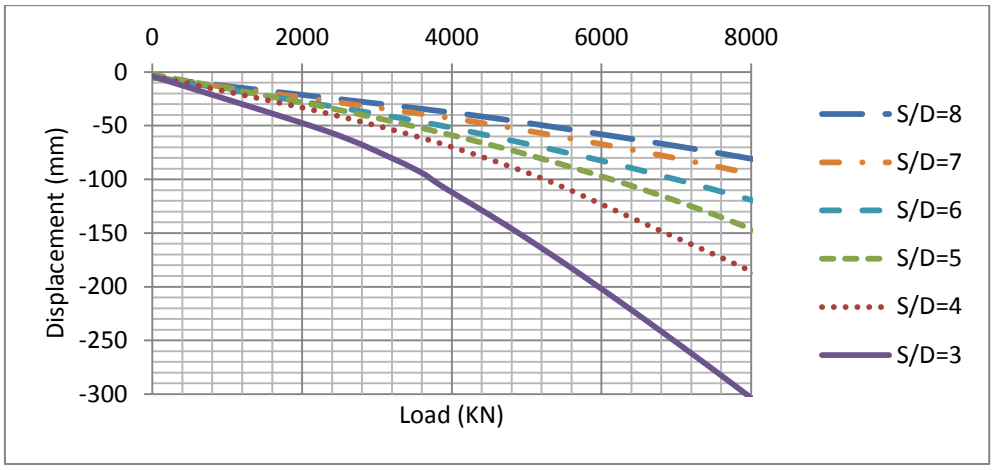


نمودار ۳- بار-جا به جایی گروه شمع مقطع متغیر با نسبت S/D=۳،۴،۵،۶،۷،۸

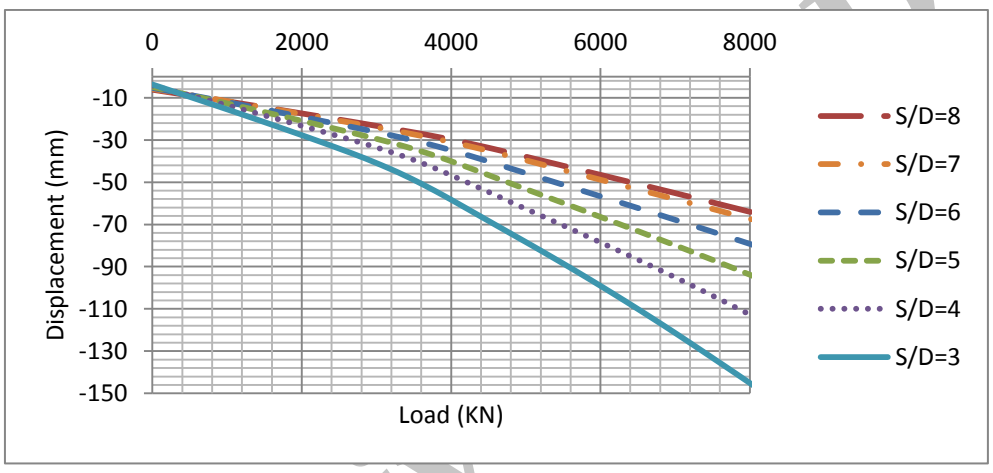
۲-۶. بررسی اثر S/D مختلف بر نشست گروه شمع

به منظور بررسی تاثیرپذیری نشست گروه شمع از نسبت S/D در ۱۲ مدل نرم‌افزاری، به مقایسه میزان نشست هر گروه شمع با بار ثابت ۸۰۰۰ کیلونیوتن و نسبت S/D های مختلف پرداخته‌ایم. از نمودارهای ۴و۵ می‌توان دریافت با افزایش نسبت S/D از ۳ به ۸ میزان نشست در هر دو گروه شمع مقطع متغیر و مقطع ثابت کاهش می یابد.

www.SID.ir



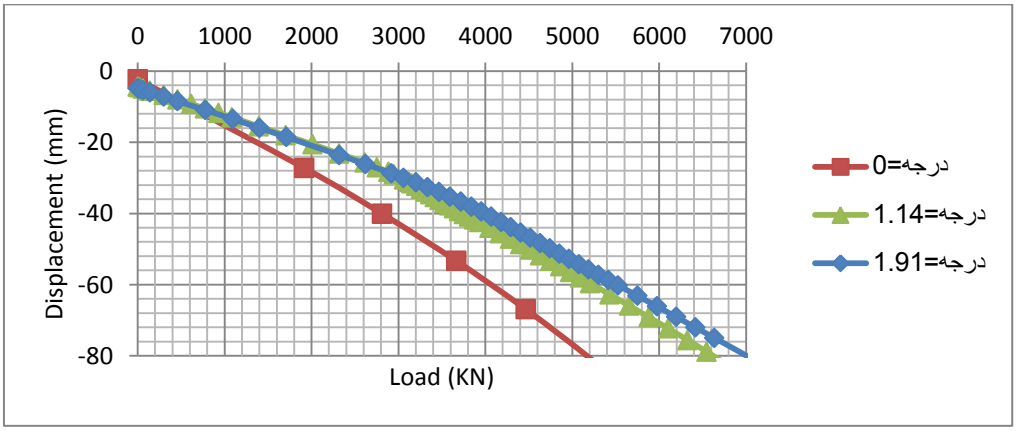
نمودار ۴- بار-نشست گروه شمع مقطع ثابت با نسبت S/D=۳،۴،۵،۶،۷،۸



نمودار ۵- بار-نشست گروه شمع مقطع متغیر با نسبت S/D=۳،۴،۵،۶،۷،۸

۲-۷. ظرفیت باربری گروه شمع با زاویه باریک شدگی متفاوت

برای بررسی تاثیر زاویه باریک‌شدگی بر ظرفیت باربری، از یک گروه شمع با زاویه‌های باریک‌شدگی ۰ و ۱.۱۴ و ۱.۹۱ درجه استفاده شده است. همان طور که در نمودار ۶ مشخص است به ازای ۸۰ میلیمتر جا به جایی، گروه شمع با زاویه باریک شدگی ۰ درجه ۵۲۹۴ کیلونیوتن بار، با زاویه باریک‌شدگی ۱.۱۴ درجه ۶۳۰۰ کیلونیوتن بار و با زاویه باریک‌شدگی ۱.۹۱ درجه ۷۰۵۱ کیلونیوتن بار را دریافت می‌کنند. می‌توان نتیجه گرفت با افزایش زاویه باریک شدگی از ۰ درجه به ۱.۹۱ درجه، در یک مقدار ثابت جا به جایی میزان ظرفیت باربری گروه شمع افزایش می‌یابد.

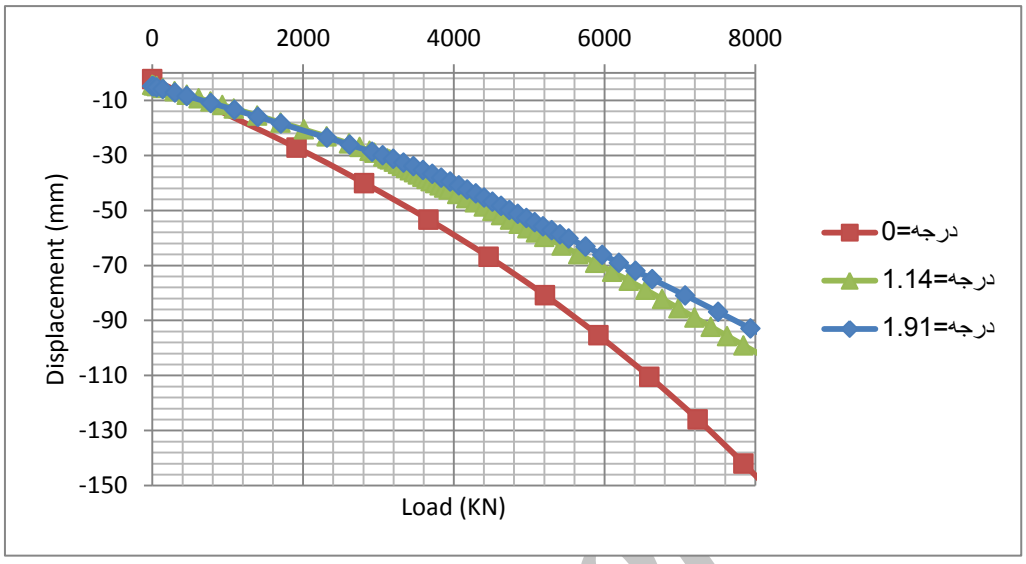


نمودار ۶- بار-جا به جایی گروه شمع با زاویه باریک شدگی متفاوت

www.SID.ir

۲-۸. نشست گروه شمع با زاویه باریک شدگی متفاوت

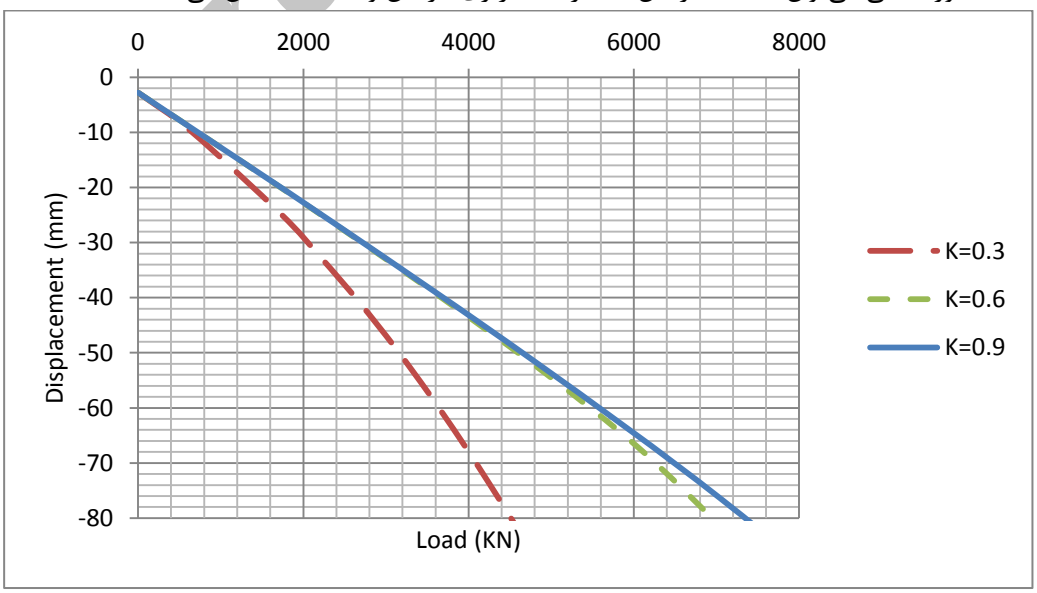
در ارزیابی نشست گروه شمع با زاویه باریک‌شدگی متفاوت، میزان نشست این گروه‌ها را به ازای بار ثابت ۸۰۰۰ کیلونیوتن مورد بررسی قرار دادیم. در نمودار۷ گروه شمع با بار ثابت ۸۰۰۰ کیلو نیوتن با زاویه باریک‌شدگی ۰ درجه دارای نشست ۱۴۶ میلیمتر، با زاویه باریک شدگی ۱.۱۴درجه نشست ۱۰۷ میلیمتر و با زاویه باریک شدگی ۱.۹۱درجه نشست ۹۲ میلیمتر است. از این مقایسه می‌توان نتیجه گرفت هر چه زاویه باریک‌شدگی گروه شمع از ۰ درجه به ۱.۹۱درجه افزایش یابد، میزان نشست کاهش پیدا می‌کند.



نمودار ۷- بار-نشست گروه شمع با زاویه باریک شدگی متفاوت

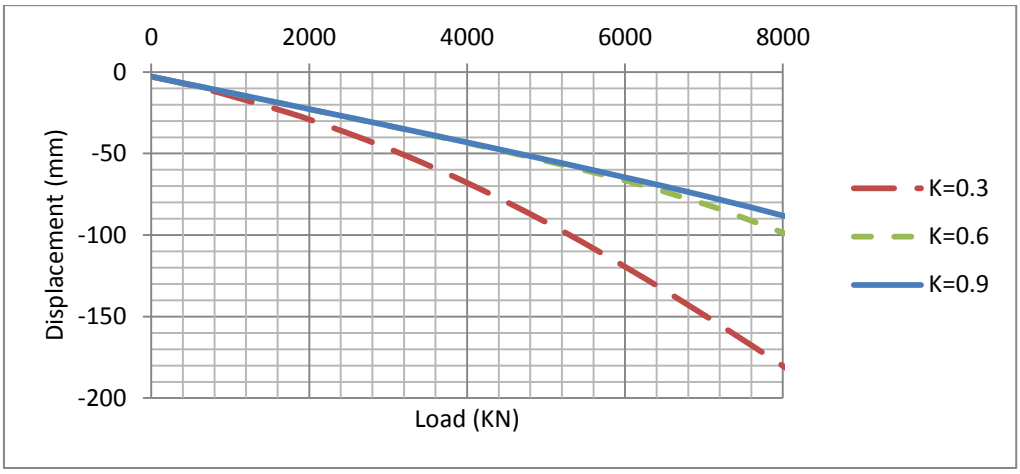
۲-۹. بررسی تاثیر پارامتر K بر رفتار گروه شمع مقطع متغیرو مقطع ثابت

به منظور بررسی تاثیر پارامتر K بر ظرفیت باربری و نشست گروه شمع مقطع متغیر و مقطع ثابت در دو گروه شمع در خاکی با پارامترهای یکسان و نسبت S/D=۴ و K=۰.۳،۰.۶،۰.۹ پرداخته شده است. با استفاده از نمودارهای ۸،۹،۱۰،۱۱ به بررسی تاثیر این پارامتر پرداخته شده است. از بررسی تاثیر پارامتر K در دو گروه شمع مقطع متغیر و مقطع ثابت بر ظرفیت باربری و نشست می‌توان دریافت ظرفیت باربری هر دو گروه شمع در K=۰.۶ بیشتر از ظرفیت باربری در K=۰.۳ و کمتر از K=۰.۹ است. به صورت کلی می‌توان گفت با افزایش K ظرفیت باربری افزایش و نشست کاهش می‌یابد.

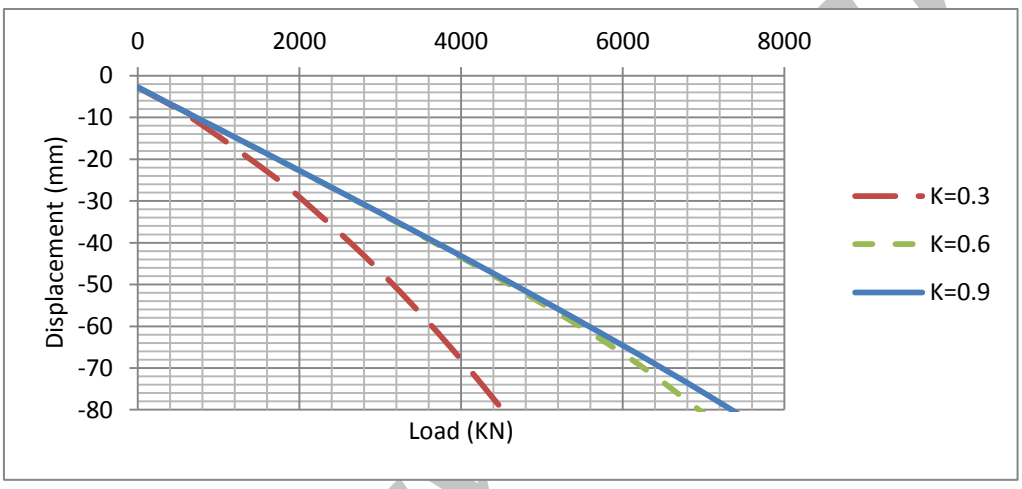


نمودار ۸- ظرفیت باربری گروه شمع مقطع ثابت S/D=۴ و K=۰.۳،۰.۶،۰.۹

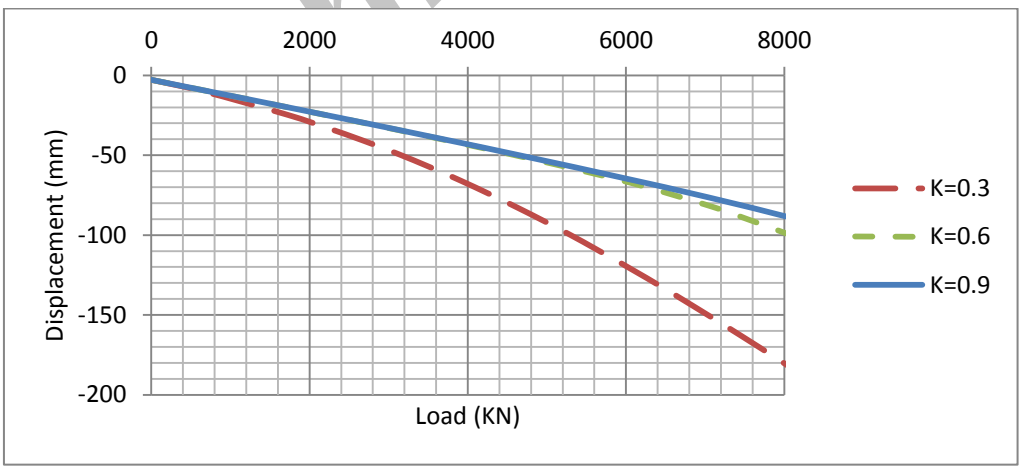
www.SID.ir



نمودار ۹- نشست گروه شمع مقطع ثابت S/D=۴ و K=۰.۳،۰.۶،۰.۹



نمودار ۱۰- ظرفیت باربری گروه شمع مقطع متغیر S/D=۴ و K=۰.۳،۰.۶،۰.۹



نمودار ۱۱- نشست گروه شمع مقطع متغیر S/D=4 و K=0.3 , 0.6 , 0.9

۳.جمع بندی و نتیجه گیری

در این پژوهش، نتایج بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که برای گروه شمع ۴*۴ در یک نسبت S/D یکسان، ظرفیت باربری گروه شمع مقطع ثابت به ازای ۸۰ میلیمتر نشست کمتر از شمع مقطع متغیر می‌باشد. اطمینان از این نتیجه زمانی حاصل شد که برای تمامی S/D ها این نتیجه صادق بود.

www.SID.ir

در آنالیز نتایج مشخص گردید که در یک نسبت S/D یکسان از گروه شمع‌های مقطع متغیر و مقطع ثابت به ازای یک میزان بار محوری مشخص، میزان نشست در گروه شمع‌های مقطع متغیر کمتر از گروه شمع مقطع ثابت می‌باشد و برای بررسی بیشتر این موضوع در تمام نسبت های S/D مورد ارزیابی قرار گرفت که در همه آن‌ها به نتیجه مشابهی رسیدیم.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت در یک چیدمان و نسبت S/D مشخص میزان ظرفیت باربری گروه شمع مقطع متغیر بیشتر ازگروه شمع مقطع ثابت است و همچنین میزان نشست نیز در گروه شمع مقطع متغیر کمتر ازگروه شمع مقطع ثابت می‌باشد.

در ارزیابی های بعدی به تاثیر نسبت S/D بر ظرفیت باربری گروه شمع مقطع متغیر و مقطع ثابت پرداختیم و از نمودارهای بدست آمده از نرم افزار و مقایسه آن‌ها با یکدیگر، دریافتیم ظرفیت باربری با افزایش نسبت S/D رابطه مستقیم دارد و هرچه این نسبت از ۳ به ۸ افزایش یابد میزان ظرفیت باربری نیز افزایش می‌یابد. برای تاثیرپذیری میزان نشست از نسبت S/D مقایسه‌ای صورت گرفت که پس از مقایسه نمودارها با نسبت S/D مختلف، دریافتیم که با افزایش این نسبت از ۳ به ۸ میزان نشست با یک بار ثابت در گروه شمع‌های مقطع متغیر و مقطع ثابت کاهش می‌یابد.

در بررسی تاثیر زاویه باریک شدگی بر ظرفیت باربری گروه شمع با زوایای ۰ ، ۱.۱۴ ، ۱.۹۱ درجه می‌توان دریافت با افزایش زاویه باریک شدگی از ۰ درجه به ۱.۹۱ درجه، میزان ظرفیت باربری گروه شمع در یک مقدار ثابت جا به جایی، افزایش می‌یابد. در ارزیابی نشست گروه شمع با زاویه باریک‌شدگی متفاوت ۰ ، ۱.۱۴ ، ۱.۹۱ درجه میزان نشست این گروه‌ها را به ازای بار ثابت مورد بررسی قرار گرفت. از این مقایسه می‌توان نتیجه گرفت هر چه زاویه باریک‌شدگی گروه شمع از ۰ درجه به ۱.۹۱ درجه میل کند، میزان نشست کاهش پیدا می‌کند.

از بررسی تاثیر پارامتر K در دو گروه شمع مقطع متغیر و مقطع ثابت بر ظرفیت باربری و نشست می‌توان دریافت ظرفیت باربری هر دو گروه شمع در K=۰.۶ بیشتر از ظرفیت باربری در K=۰.۳ و کمتر از K=۰.۹ است. همچنین میزان نشست هر دو گروه شمع در K=۰.۶ بیشتر از نشست K=۰.۳ و کمتر از K=۰.۹ است.

منابع

– کریمی، طاها، مردوخ پور، علیرضا (۱۳۹۳). مطالعه عددی گروه شمع تحت بار جانبی در خاک دو لایه. اولین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی پی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران.

– مردانی، زهرا، علیالهی، حمید، پورسهراب، اشکان (۱۳۹۲). بررسی عوامل تأثیرگذار بر ظرفیت باربری فشاری شمع‌های باریک شونده با استفاده از روش عددی. اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه محقق اردبیلی.

– Ai, Z.Y And Han, J (2009). Boundary element analysis of axially loaded piles embedded in a multi-layered soil. Computers and Geotechnics , 36, 427–434.

– Maheshwari, B.K and Sarkar, Rajib (2011). Seismic Behavior of Soil-Pile-Structure Interaction in Liquefiable Soils. international journal of geomechanics, 11, 335-347.

– Milla´n, M.A and Domi´nguez, J (2008). Simplified BEM/FEM model for dynamic analysis of structures on piles and pile groups in viscoelastic and poroelastic soils. Engineering Analysis with Boundary Elements, 33, 25-34.

– Salgado, R And Tehrani, F.S. And Prezzi, M. (2014). Analysis of laterally loaded pile groups in multilayered elastic soil. Computers and Geotechnics, 62, 136–153.

– Tang, Liang and Ling, Xianzhang, (2014). Response of a RC pile group in liquefiable soil. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 67, 301-315.

– Turan, Alper and El Naggar, Hesham (2008). Lateral behavior of micro-pile groups under static and dynamic loads. Canadian conference on Geohazards, 4.

– Zhang, Ling And Zhao, Minghua And Zou, Xinjun (2006). Behavior of Laterally Loaded Piles in Multilayered Soils, Int. J. Geomech.

Archive of SID

www.SID.ir

Compare The Behavior of Variable Section and Fixed Section Piles Group In Multi-Layered Soils Using the Finite Element Method

Shahriar Rezaei Fard Jahromi
Department of Geotechnic, Faculty of Technical and Engineering, University of Hamedan, Hamedan, Iran, E-mail: Shahriar.rfj@gmail.com

Mohammad Javad Kazemeini
Department of Civil Engineering, Faculty of Technical and Engineering, University of Karaj, Karaj, Iran, E-mail: Mjkazemeini@gmail.com

Archive of SID

Abstract. The structural piles are known as slender column which is able to pass the structure loads into the lower layers. In most studies on Piles, the pile is buried in one layer soil which is not a realistic assumption. The objective of this study is investigating, analyzing and comparing a group of piles behavior with both fixed and variable section in multiple layers soil, using numeric computation and finite element method. The pile's behavior parameters include bearing capacity, sitting and etc. As a case study, two groups of 4*4 piles with fixed and variable section and 0.5 meters diameter and S/D=3,4,5,6,7,8 have been modeled. The 15 meters long piles are under 10000 KN loading and the soil is consisted of three exclusive layers. The soil behavior model is assumed as Mohr–Coulomb model and pile have linear elastic behavior. Analyzing estimated models represents lower sittings of the variable section pile groups comparing the fixed section pile groups in same S/D portion and equal axle loading. In addition it is found that the bearing capacity of variable section piles are higher that fixed sections in same S/D portion and piles organization. Evaluating the S/D portion effect on the piles group behavior shows the bearing capacity and sitting are directly related to S/D portion. In other words, increasing the S/D portion would cause the higher bearing capacity and lower sittings.

Keywords: Pile group, Variable Section and Fixed Section Pile, Multi-Layered Soil.

www.SID.ir