www.technobetar.ir

بررسی تأثیر شرایط تکیه گاهی برکمانش شمع ستونها

دکتـر علیـــرضا رهایـی-دانشیار

امید زرکانـی-کارشناس ارشد عمران

دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتـی امیـرکبیر

چکیده :

با توجه به وسعت استفاده از شمع ستون ها در اجرای ساختمانها و پلها و شرایط خاک اطراف قسـمت مدفـون لازم است کمانش این اعضا متناسب با خاک اطراف مورد بررسی قرار گیرد.

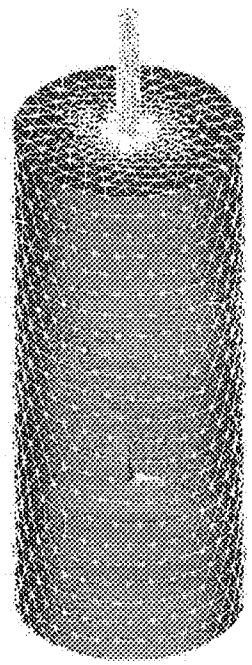
در تحقیقات انجام گرفته مدلهای مختلفی از شمع ها با طولها و قطرهای متنوع و شرایط تکیه- گاهی مختلـف (سـر شمع و انتهای شمع)در خاکهای دانه ای و چسبنده با استفاده از روش اجزا محدود و بصورت غیر خطـی انـالیز شـده و مقدار تغییر شکل در ترازهای مختلف و مقادیر تنشهای قائم و برشی در سر شمع و انتهای شمع بدسـت امـده اسـت و نتایج آن جهت مقایسه و درک بهـتـر بصورت جدول و گراف ذکر شده است.

سوابق مطالعاتی :

تحقیقات وسیع و همه جانبه ای درباره مقاومت نهایی شمع ها در برابر بارهای جانبی انجام گرفته است. امـا هنـوز هیچ روش ساده ای برای طرح شمع ارائه نشده است که در حالت کلی بتوان آن را بر هر نوع خاک و شمعی به کار بـرد ; نظیر مطالعات (Broms 1964)[1] که عکس العمل خاک رادر عمق ثـابت فـرض کـرد،(Tomlinson 1957)[2] با فرض تشکیل مفصل پلاستیک در نقطه شکست شمع که قـادر بـه تحمـل نـیروی برشـی اسـت شکسـت را در شمعـهای طویل در رس بررسی کرد و (Winterkorn 1975)[3] کـه شـمع را بصـورت سـتون صلـب در ناحیـه الاستیک در نظر گرفت و فرض کرد رابطه ای خطی بین شدت بار و تغییر مکان جانبی وجود دارد.

امکانات برای اعمال شرایط مرزی و همچنین اعمال بار (اعم از نقطه أی یا گسترده یا بار حجمی) ، نرم افزار مناسبی برای مدل کردن خاک و شمع می باشد. علاوه بر اینها ، ANSYS قادر است که انواع تحلیل های استاتیکی ، دینامیکی ، مودال و شبه دینامیکی را در حالات خطی و غیر خطی انجام دهد. خروجی های این نرم‌افزار شامل انواع تغییر شکل ها و تنش ها است.در این تحقیق از المانهای Solid 73, Solid 65 برای بتن و Plas 107 برای خاک استفاده شده است که همه این المانها سه بعدی،هشت گره ای وهر گره دارای سه درجه آزادی می باشند.رفتار این المانها الاستو پلاستیک می باشد که با مدلهای رفتاری مصالح همخوانی دارد.با توجه به هندسه مدلهای مطالعاتی ابعاد و تعداد المانها بگونه أی انتخاب می شود که آنالیز از دقت لازم برخوردار باشد.بطور متوسط در شمع بین ۹۰۰۰ الی ۱۰۵۰۰ المان و در خاک ،بسته به مدلها ۲۵۰۰۰ الی ۳۴۰۰۰ المان وجود دارد.تعداد گره ها نیز از ۷۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متغیر است.فرم المان بندی شمع و خاک در شکل ۱ نشان داده شده است.رفتار بتن و خاک بصورت الاستوپلاستیک است و معیار گسیختگی خاک نیز موهر-کولمب می باشد.نمودار تنش-کرنش و پوش گسیختگی خاک مطابق شکل ۲ می باشد و از آزمایش سه محوری UU روی نمونه دست نخورده ماسه رس دار SC بدست آمده است. معادله خط راست پوش گسیختگی عبارتست از $(\tau=c_{+}\sigma.\tan\varphi)$ $\tau=0.63+0.57\sigma$:

شکل ۱ –شکل المان بندی شده شمع و خاک



عوامل بسیار زیادی در مورد تغییر شکل ها و مقاومت نـهایی شـمع هـا در برابـر بارهـای جـانبی وجـود دارد کـه مهمترین آن سختی شمع است که بر روی تغییر مکان شمع اثر می گذارد و معین می کند که مکانیزم شکست از نـوع چرخش شمع کوتاه و صلب است یا بر اثر شکست خمشی یـک شـمع انعطـاف پذیـر و طویـل ایجـاد شـده اسـت. نـوع بارگذاری بر تغییر شکل شمع و حتی درجه تسلیم خاک تأثیر می گذارد ، خواه بار وارده از نوع بارهای دراز مـدت و یـا بار متناوب و یا از نوع ضربه ای باشد. عوامل خارجی نظیر آب شستگی اطراف شمع ها در بسـتر رودخانـه هـا ، انقبـاض فصلی خاک های رسی اطراف شمع و یا خاکبرداری های موضعی اطراف پایه ها (شمع ستون ها) به صورت یک عـامل منفی روی مقاومت خاک و تغییر شکل های شمع اثر می گذارد.

(Reese ;Cox & Koop 1974)[4] با فرض تغیـیر مقـاومت خـاک در سـطح زمیـن بـا عمـق خـاک تـاثیر پارامترهای φ و γ را در مقاومت نهایی شمع نشان دادند. (Duncan 1990) [5] بکمک روابـط بـدون بعـد تـاثیر قطـر ، سـختی خمشـی ، مقـاومت خـاک و رفتـار تنـش-کرنـش خـاک را بـر مقـاومت خمشـی شـمع هـــا بررســی کرد. (Reuss;Wang & Reese 1992) [6] با آزمایشات درجا تاثیر شرایط محیطـی را بـر شـمع هـا بررسـی کردند.

آنالیز شمع تحت بارهای جانبی ، یک موضوع اندرکنش خاک و سازه است که تغییر شکل وابسته به پاسخ خاک است و پاسخ خاک تابعی از تغییر شکل شمع است. این مسئله توسط معادلات ایستایی قـابل حـل نیسـت و بـاید توسـط یـک معادله دیفرانسیل تغییر مکان شمع محاسبه شود. فرضیات تئوریک این آنالیز توسط (Winkler) بیان شده است. به علت رابطه غیر خطی بین پاسخ خاک و تغییر شکل شـمع در سرتاسر طول آن حل این معادله توسط روش تکرار امکان پذیر است.

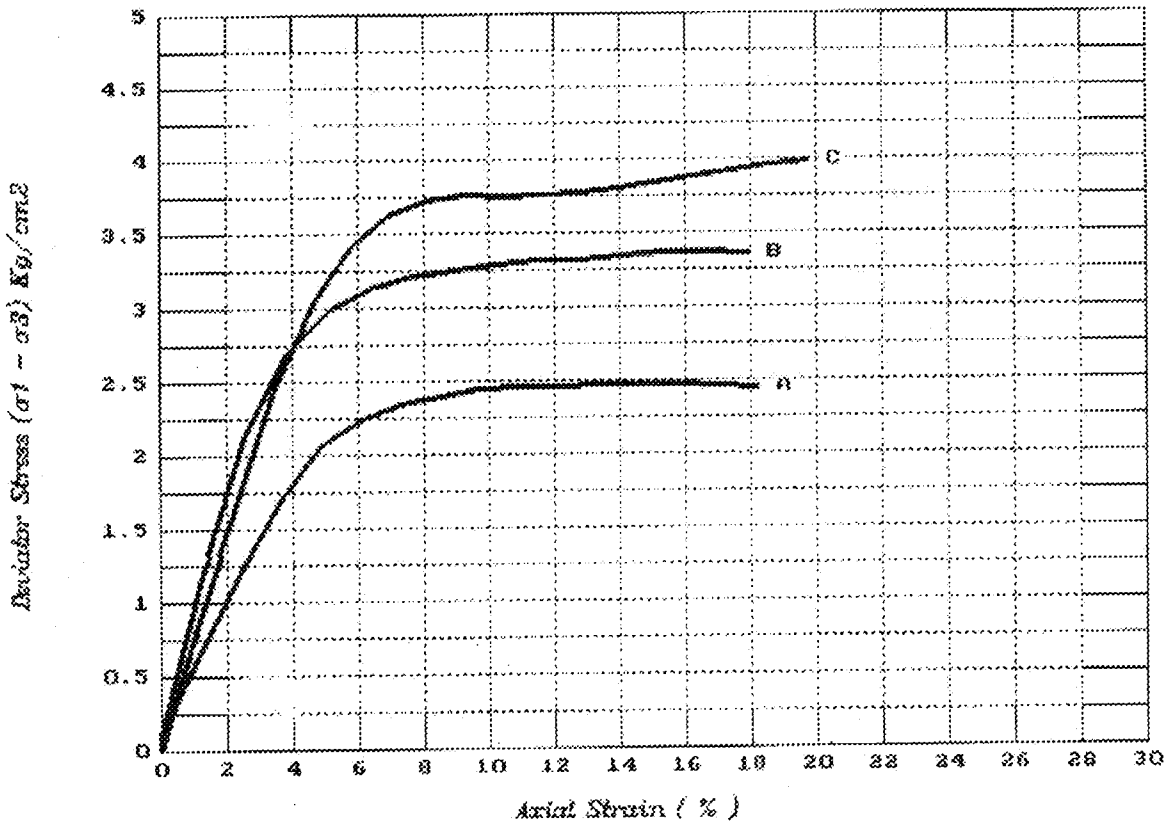
حل معادلات دیفرانسیل با روش اجزاء محدود درحالات مختلف شرایط مرزی و حدی توسط Heteny 1964 [2] (با جایگزینی تیر ستون بجای شمع و منظور کردن اثرات کمانش)، Coyle & Reese 1966 [7] (بـا فـرض چسبندگی غیر یکنواخت بین بدنه شمع و خاک و نحوه انتقال بار در شمع ها)، Reese & Sullivan 1980 [8] (تحلیل شمعهادر خاک رس بکمک نرم افزار COM624)، Norris 1986 [9] (مدل کردن شمع تحت بار جـانبی با تئوری BEF و با فرض اینکه φ صفر نیست)، Gowda 1991 [10] (آنالیز شمع در خاکهای لایـه ای بـا فـرض غیر یکنواخت بودن مدول بستر) و Ashour , Norris & Pilling 1998 [11] (آنالیز شمع تحت بـار جـانبی در خاکهای لایه ای بکمک روش گوه کرنش که مبتنی بر روش اجزا محدود است)،انجام پذیرفته است.

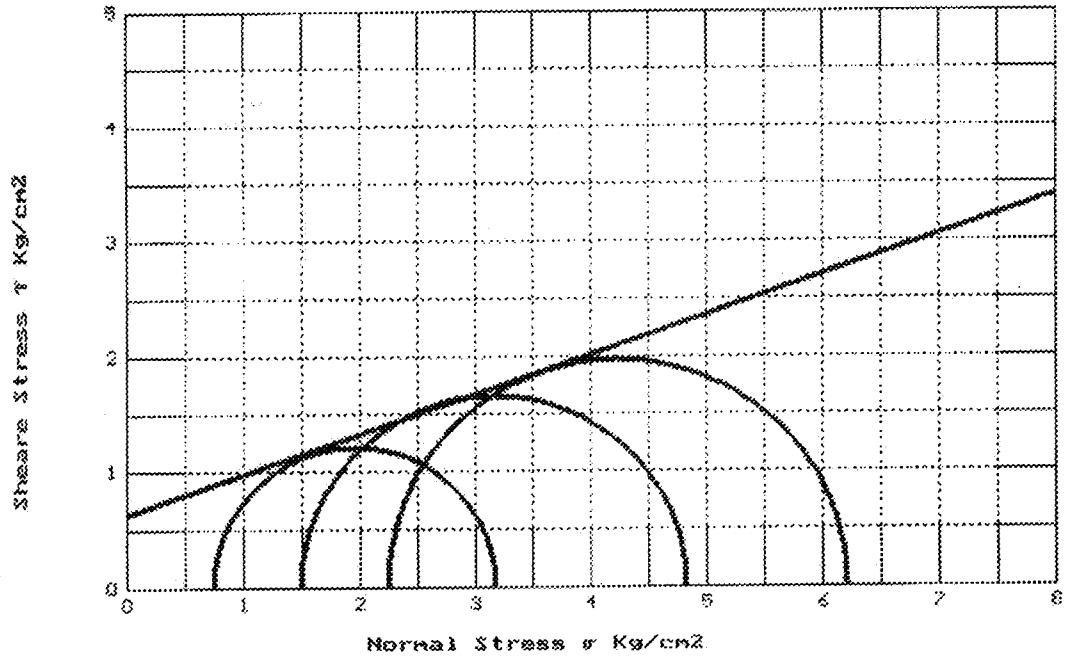
روش تـحلیل و مدل های مطالعاتی :

در مطالعات انجام گرفته برای آنالیز شمع و خاک از نرم افزار ANSYS 5.4 که قادر به تحلیل اندرکنش سـازه و خاک مبتنی بر روش اجزاء محدود است ، استفاده شده است. این نرم افزار به کمک انواع المان های خاصی که در آن برای مدل سازی انواع مصالح نظیر فولاد ، بتن ، خاک ، چـوب و حتـی مـواد کـامپوزیت وجـود دارد و همچنیـن تنـوع

www.technobetar.ir

Sample Order	Cell Pressure Kg/cm2	Max Stress Kg/cm2	Max Strain (%)
A	0.8	2.467	14.634
B	1.5	3.366	15.385
C	2.2	3.984	19.767
Type of test :		UU	
Type of sample :		UNDISTURBED	





شکل ۲ – نمودار تنش-کرنش خاک و پوش گسیختگی موهر-کلمب

مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن 21 Mpa درنظر گرفته شده است.پس از معرفی المانهای شمع و خاک باید برحسب فرض ، چگونگی رفتار اندرکنشی شمع و خاک را وارد مدل کرد. در این بررسی فرض شده است که "بین شمع و خاک امکان لغزش وجود دارد و ممکن است که دوران هر نقطه از شمع با دوران نقطه مجاورش در خاک برابر نباشد."

بنابراین از المانهای واسطه ای بین شمع و خاک استفاده شده است.خاصیت المانهای واسطه (Contact Elements) این است که می توانند دو محیط کاملاً متفاوت را به یکدیگر اتصال دهند و در این اتصال تغییر مکانها کاملاً از هر نقطه به نقطهٔ مجاور منتقل می شود ولی ضمن این انتقال تغییر مکان امکان لغزش دو سطح و دو المان مجاور که از دو جنس مختلفند ، وجود دارد. المان واسطهٔ بکار رفته در آنالیز این مدلها Contac 52 می باشد که دو نقطهٔ مجاور را بهم متصل می کند.

تعداد مدل های مطالعاتی مستقل در این پروژه پنج مدل است که هر یک تحت چند حالت بررسی می‌شود مدل مطالعاتی ۱ عبارت است از یک شمع بتنی به قطر ۱m و طول ۲۰ m که ۱۵m آن داخل خاک ماسه نیمه متراکم مدفون است. انتهای شمع در خاک شناور است. این مدل تحت سه حالت آنالیز شده است. حالت اول سر شمع آزاد است و فقط بار افقی و قائم به آن وارد می شود. در حالت دوم سر شمع گیردار است و به بارهای افقی و قائم ، لنگر نیز اضافه می شود. در حالت سوم سر شمع آزاد است و بارها ، افقی ، قائم و لنگر خمشی می باشند. مشخصات خاک ماسه ای متراکم در جدول ۱ ذکر شده است.

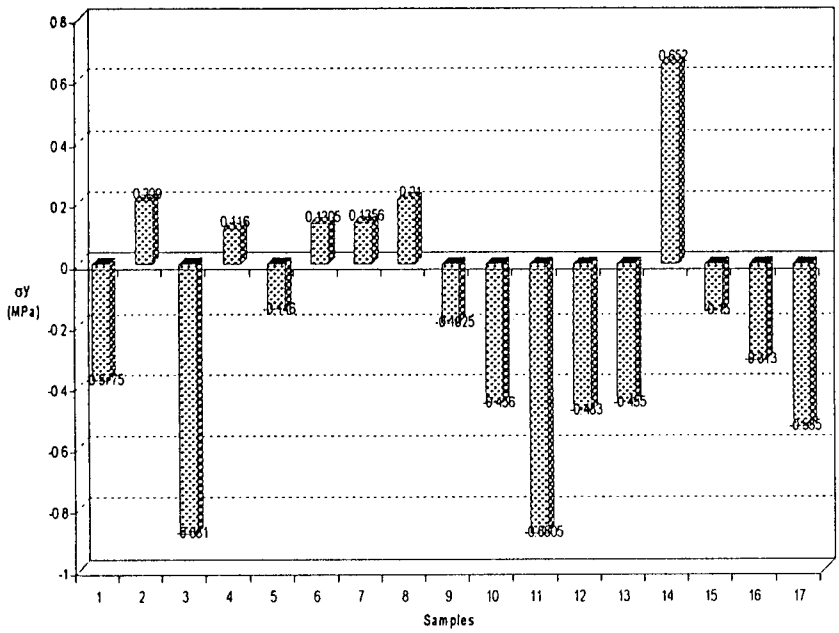
مدل مطالعاتی شماره ۲ عبارت است از شمع بتنی به قطر۱m و طول ۲۵ m که ۱۵ m آن داخل خاک رس نرم عادی تحکیم یافته است. انتهای شمع در خاک شناور است. این مدل تحت دو حالت آنالیز شده است. حالت اول سر شمع آزاد است و بارهای وارده افقی و قائم هستند. در حالت دوم با همین بارها ، فقط سر شمع گیردار است. مشخصات خاک رس در جدول ۱ ذکر شده است.

مدل مطالعاتی شماره ۳ عبارت است از شمع بتنی به قطر ۱m و طول ۲۷ m که ۱۵ m آن داخل خاک ماسه ای نیمه متراکم قرار دارد. انتهای شمع گیردار است. این مدل تحت دو حالت مختلف سر شمع (گیردار و آزاد) و تحت بارهای افقی و قائم (همزمان) آنالیز شده است. مشخصات خاک دانه ای مشابه مدل مطالعاتی ۱ است.

گیرداری انتهای شمع به وسیله فرورفتگی در یک لایه مقاوم (دج) تأمین می شود. طول فرورفتگی در این مدل ۲m است. مشخصات لایه دج در جدول ۱ ذکر شده است.

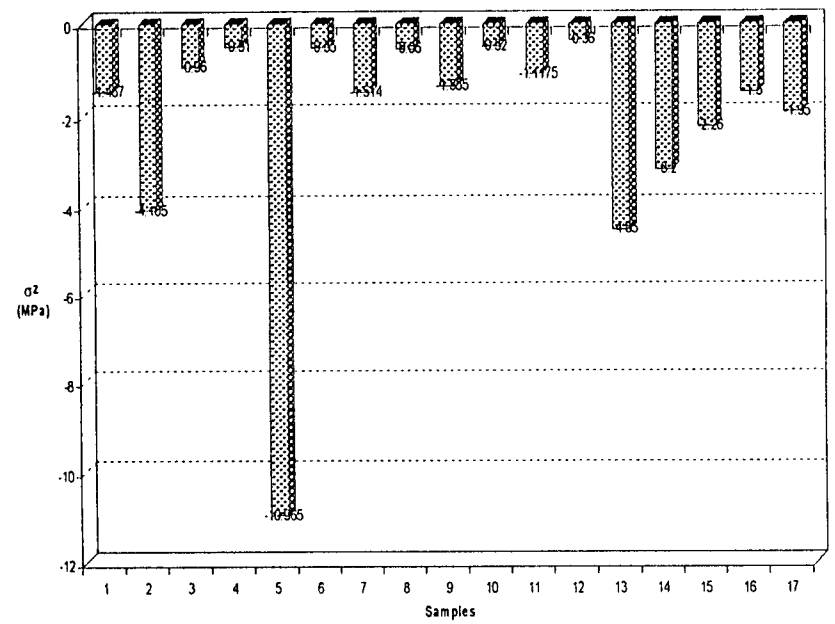
مدل مطالعاتی شماره ۴ عبارت است از شمع بتنی به قطر ۱m و طول ۲۵ m که ۱۵ m آن داخل خاک ماسه ای نیمه متراکم قرار دارد. انتهای شمع در خاک شناور است. این مدل تحت چهار حالت مختلف بررسی شده است. در دو حالت اول بارهای افقی و قائم همزمان وارد می شوند که یکبار سر شمع آزاد و بار دیگر گیردار است. در دو حالت بعدی بار فقط قائم است. به منظور تأثیر بیشتر قطر در تغییر شکل ها ، قطر شمع در این دو حالت به ۸۰ cm تقلیل می یابد

شکل ۳ مقدیر تنش افقی σy درسرشمع σy In Pile Shaft



Samples No.	سرشمع/نوع خاک/طول
1	آزاد/ماسه/۱۰
2	گیردار/ماسه/۱۰
3	آزاد/ /۲۵
4	گیردار/ /۲۵
5	آزاد/ /۲۰
6	گیردار/ /۲۰
7	آزاد/رس/۱۰
8	گیردار/رس/۱۰
9	آزاد/ /۱۵,۵
10	گیردار/ /۱۵,۵
11	آزاد/ماسه ودج/۱۰
12	گیردار/ماسه ودج/۱۰
13	گیردار/ماسه/۵
14	آزاد/ماسه/۵
15	آزاد/ماسه/۵
16	آزاد/ماسه/۱۰
17	گیردار/ماسه/۱۰

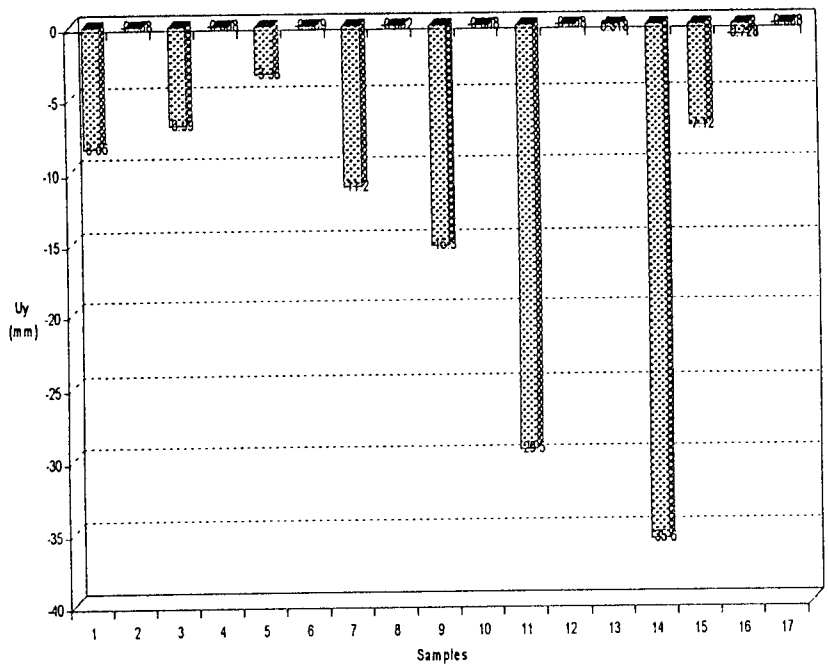
شکل ۴ مقدیر تنش قائم σz درسرشمع σz In Pile Shaft



Samples No.	سرشمع/نوع خاک/طول
1	آزاد/ماسه/۱۰
2	گیردار/ماسه/۱۰
3	آزاد/ /۲۵
4	گیردار/ /۲۵
5	آزاد/ /۲۰
6	گیردار/ /۲۰
7	آزاد/رس/۱۰
8	گیردار/رس/۱۰
9	آزاد/ /۱۵,۵
10	گیردار/ /۱۵,۵
11	آزاد/ماسه ودج/۱۰
12	گیردار/ماسه ودج/۱۰
13	گیردار/ماسه/۵
14	آزاد/ماسه/۵
15	آزاد/ماسه/۵
16	آزاد/ماسه/۱۰
17	گیردار/ماسه/۱۰

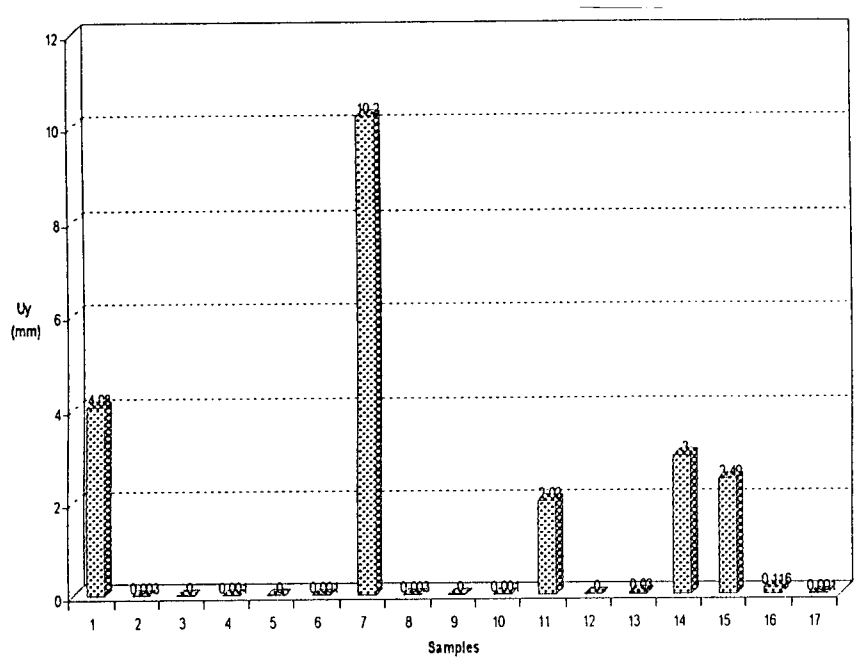
www.technobetar.ir

شکل۵ متغیر تغییر شکل افقی Uy درسرشمع Uy In Pile Shaft



Samples No.	سرشمع/نوع خاک/طول
1	آزاد/ماسه/۱۰
2	گیردار/ماسه/۱۰
3	آزاد/ /۲۵
4	گیردار/ /۲۵
5	آزاد/ /۲۰
6	گیردار/ /۲۰
7	آزاد/رس/۱۰
8	گیردار/رس/۱۰
9	آزاد/ /۱۵.۵
10	گیردار/ /۱۵.۵
11	آزاد/ماسه ودج/۱۰
12	گیردار/ماسه ودج/۱۰
13	گیردار/ماسه/۵
14	آزاد/ماسه/۵
15	آزاد/ماسه/۵
16	آزاد/ماسه/۱۰
17	گیردار/ماسه/۱۰

شکل ۶ متغیرتغییرشکل افقی Uy درتراززمین Uy In Ground Level



Samples No.	سرشمع/نوع خاک/طول
1	آزاد/ماسه/۱۰
2	گیردار/ماسه/۱۰
3	آزاد/ /۲۵
4	گیردار/ /۲۵
5	آزاد/ /۲۰
6	گیردار/ /۲۰
7	آزاد/رس/۱۰
8	گیردار/رس/۱۰
9	آزاد/ /۱۵.۵
10	گیردار/ /۱۵.۵
11	آزاد/ماسه ودج/۱۰
12	گیردار/ماسه ودج/۱۰
13	گیردار/ماسه/۵
14	آزاد/ماسه/۵
15	آزاد/ماسه/۵
16	آزاد/ماسه/۱۰
17	گیردار/ماسه/۱۰

و این نمونه یکبار با سر آزاد و یکبار با سر گیردار آنالیز می شود. مشخصات خـاک دانـه ای اطـراف شـمع مشـابه مـدل مطالعاتی ۱ است.

مدل مطالعاتی شماره ۵ عبارت است از شمع بتنی تکی به قطر ۱m که طول آن در حالات مختلف متغیر است. این مدل در شش حالت بررسی شده است. در کلیه حالات انتهای شمع گیردار است. در دو حـالت اول طـول شـمع ۲۵ m است و سر شمع یکبار آزاد و بار دیگر گیردار است. در دو حالت بعدی طول شمع ۲۰ m است و سر شـمع یکبـار آزاد و بار دیگر گیردار است. در دو حالت آخر طول شمع ۱۵/۵ m است و سر شمع یکبار آزاد و بار دیگر گیردار است. هدف از انتخاب طول های ۲۰m و ۱۵/۵m ، طول های اصلاح شده و توصیه شده از طرف انجمن بتن آمریکا ACI برای شمع های مدفون در خاک های دانه ای و چسبنده است.

جدول ۱-مشخصات خاک بکاررفته در مدلهای مطالعاتی

	γ KN/m^3	E_S (Mpa)	v	توضیحات
ماسه ای نیمه متراکم	16.8	65	0.3	$\Phi=30°$ $n_h=400$ KN/m^3
رس نرم	19.6	30	0.35	$C_u=80$ KPa K=5000 KN/m^2
شن وماسه متراکم	19.2	180	0.25	$E_p=65$ MPa

نتایج و جـمع بندی :

در ردیف ۱و۷ جدول مقایسه رفتار مصالح علامت × در ستون آخر بدین معناست که خاک به گسیختگی کـامل رسـیده است. مقایسه رفتار مصالح از روی منحنی های رفتاری هر کدام انجام می‌گیرد. برای مقایسه تنش ها و تغییر شـکل هـا در حداکثر ارتفاع آزاد یعنی سر شمع ، ابتدا نمونه شماره ۱ را به عنوان مبنا در نظر گرفته می شود(سطر اول جدول ۴) و نتایج آنالیز سایر نمونه ها نسبت به آن سنجیده می گردد.این مقایسـه بصـورت تغیـیرات درصـدی نشـان داده شـده است.عمل انتخاب نمونه شماره ۱ کاملاً اختیاری است. نتایج این مقایسه و نتایج آنالیز نمونه شماره ۱ در جـدول زیـر (جدول ۴) ذکر شده است. همچنین بعنوان نمونه مقادیرحاصل ازآنالیز برای تنش های σ_Y σ_z و تغیـیر شـکل Uy در شکل های ۳ و۴ و۵ نشان داده شده است.

www.technobetar.ir

جدول ۲ –شرایط در نظر گرفته شده برای مدل های مطالعاتی

شماره نمونه	وضعیت سرشمع	نوع خاک	وضعیت انتهای شمع	نوع بار وارده	طول آزاد m
۱	آزاد	ماسه متراکم	آزاد در خاک	افقی/قائم	۱۰
۲	گیردار	ماسه متراکم	آزاد در خاک	افقی/قائم	۱۰
۳	آزاد	–	گیردار	افقی/قائم	۲۵
٤	گیردار	–	گیردار	افقی/قائم	۲۵
٥	آزاد	–	گیردار	افقی/قائم	۲۰
٦	گیردار	–	گیردار	افقی/قائم	۲۰
۷	آزاد	رس نرم	آزاد در خاک	افقی/قائم	۱۰
۸	گیردار	رس نرم	آزاد در خاک	افقی/قائم	۱۰
۹	آزاد	–	گیردار	افقی/قائم	۱۵/۵
۱۰	گیردار	–	گیردار	افقی/قائم	۱۵/۵
۱۱	آزاد	ماسه متراکم	ثابت درلابعج	افقی/قائم	۱۰
۱۲	گیردار	ماسه متراکم	ثابت درلابعج	افقی/قائم	۱۰
۱۳	گیردار	ماسه متراکم	آزاد در خاک	افقی/قائم/لنگر	٥
۱٤	آزاد	ماسه متراکم	آزاد در خاک	افقی/قائم/لنگر	٥
۱٥	آزاد	ماسه متراکم	آزاد در خاک	افقی/قائم	٥
۱٦	آزاد	ماسه متراکم	آزاد در خاک	افقی/قائم	۱۰
۱۷	گیردار	ماسه متراکم	آزاد در خاک	افقی/قائم	۱۰

جدول ۳– مقایسه رفتار خطی و غیر خطی مصالح در حالات مختلف

شماره نمونه	تنش بتن MPa	نوع رفتار	تنش قائم خاک MPa	تنش افقی خاک MPa	نوع رفتار
۱	۱٦/٦	غیرخطی	0.767	0.123	غیرخطی*
۲	10.4	غیرخطی	0.16	0.0184	خطی
۳	5.17	خطی	x	x	x
٤	12.4	غیرخطی	x	x	x
٥	4.1	خطی	x	x	x
٦	10.97	غیرخطی	x	x	x
۷	17.2	غیرخطی	0.818	0.122	غیرخطی*
۸	10.4	غیرخطی	0.157	0.12	خطی
۹	11.2	غیرخطی	x	x	x
۱۰	7.3	خطی	x	x	x
۱۱	15.3	غیرخطی	0.269	0.17	غیرخطی
۱۲	10.8	غیرخطی	0.107	0.03	خطی
۱۳	15.7	غیرخطی	0.455	0.109	غیرخطی
۱٤	8.57	غیرخطی	0.389	0.098	غیرخطی
۱٥	10.5	غیرخطی	0.2	0.266	غیرخطی
۱٦	10.7	غیرخطی	0.213	0.113	غیرخطی
۱۷	3.44	خطی	0.158	0.0821	خطی

جدول ۴- مقایسه تنش ها و تغییر شکل ها در کلیه نمونه ها در حداکثر ارتفاع آزاد (سر شمع)

Base Sample	Ux mm	Uy mm	Uz mm	σx MPa	σy MPa	σz MPa	τxy MPa	τyz MPa	τxz MPa
1	-.212	-8.56	-7.8	-.366	-.3775	-1.467	-.093	-.5705	-.2365

Sample No.	Ux %	Uy %	Uz %	σx %	σy %	σz %	τxy %	τyz %	τxz %
2	-96.5	-99.9	-99.4	-130	-155.4	179.8	-96.7	-100.8	-78.8
3	216	-18.3	-56.5	140.7	133.3	-33.2	148.4	15.7	-138.9
4	-96.7	-99.9	-99.6	-110.7	-130	-65.2	-83.3	-122.8	-89.4
5	39.2	-60.5	117.9	-60.1	-61.3	180.5	-98.9	18.7	55.6
6	-96.7	-98.9	-99.6	-135.5	-136.9	-62.5	-74.7	-86.9	-87.3
7	3.77	30.8	34.6	7.92	-135	3.2	-53.2	-89.9	-57.7
8	-97.6	-99.9	-100	-132.6	-155.6	-62.6	-97.3	-100.8	-83.1
9	23.1	78.7	15.4	-47.7	-49	-7.6	-94	-19.1	2.5
10	-99.2	-99.9	-99.4	-12.3	20.8	-60.1	-76.3	-101.7	-100
11	9	244.6	-47.4	38.3	133.1	-23.8	582	-121	-155.8
12	-97.3	-99.9	-99.4	3	27.9	-75.4	-53.2	-101.7	-91.5
13	-82.6	-96.2	-97.4	152.2	20.5	210	-54.8	-106.1	3.63
14	-39.6	315	-.76	252.6	72.7	118.1	-26.3	-242	-36.7
15	-45.8	-16.8	-84.3	-226.7	-60.2	54	-61.6	9.6	24.7
16	-19.8	-91.5	-67.3	-12.8	17.1	2.24	26.8	-53	-58.5
17	-99.8	-99.9	-99.3	4.9	41.7	32.9	53.8	203	382

با بررسی در جدول فوق نتیجه می شود که برای کاهش تغییر شکل ها اعم از محوری یا جانبی (افقی یا قائم) بهتر است که اطراف شمع با خاک کوبیده شده که دارای مقاومت جانبی است و نه خاک دستی پر شود ، زیرا ماکزیمم تغییر مکان ها در نمونه با خاک فاقد مقاومت جانبی به وجود می آید(حدود ۱۰۰٪ افزایش). علاوه بر این کاهش طول آزاد شمع در کاهش تغییر شکل ها نقش مستقیم دارد(حدود ۴۰٪).

شرایط تکیه گاهی سر شمع (گیردار یا آزاد) تأثیر زیادی بر تنش قائم σ_z ندارد ولی بر تنشهای افقی σ_x ، σ_y مؤثر است و به نحو چشمگیری ، گیرداری سر شمع سبب کاهش تنش های افقی در سر شمع می شود(حدود ۹۰٪).

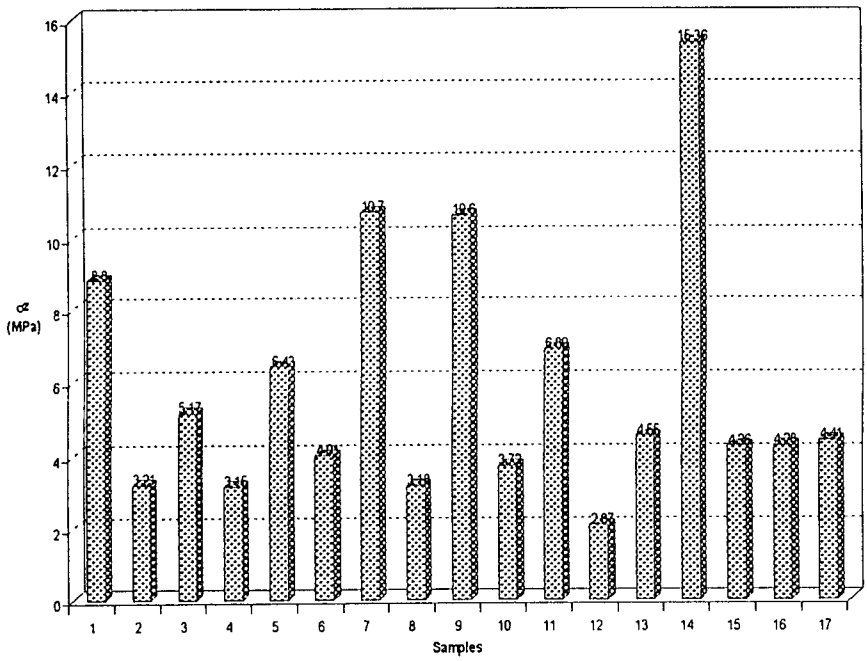
در مورد تنش های برشی تغییرات چندانی مشاهده نمی شود ، لذا ممکن است تغییر پارامترهای فوق الذکر تأثیر زیادی در تغییرات تنش برشی نداشته باشد.

در ادامه نتایج ، به بررسی نتایج حاصل از آنالیز برای تراز زمین می پردازیم که درجدول ۵ ذکر شده است. همچنین بعنوان نمونه مقادیر آنالیز برای تنش های σ_Y ، σ_z و تغییر شکل U_Y در شکل های ۶ و۷ و۸ برای تراز زمین نشان داده شده است.

با بررسی جدول فوق نتیجه می شود که کاهش یا افزایش طول آزاد تأثیری بر تغییر مکان های افقی U_X و قائم U_Z ندارد ولی در تغییر مکان U_Y (یعنی جهت اعمال بار جانبی) تأثیر گذار است به طوری که با افزایش طول آزاد در نمونه های با انتهای گیردار مقدار تغییر مکان جانبی کاهش می‌یابد(حدود ۵۰٪) و با افزایش طول آزاد در نمونه های با انتهای آزاد مقدار تغییر مکان جانبی افزایش می یابد(حدود ۷۰٪).

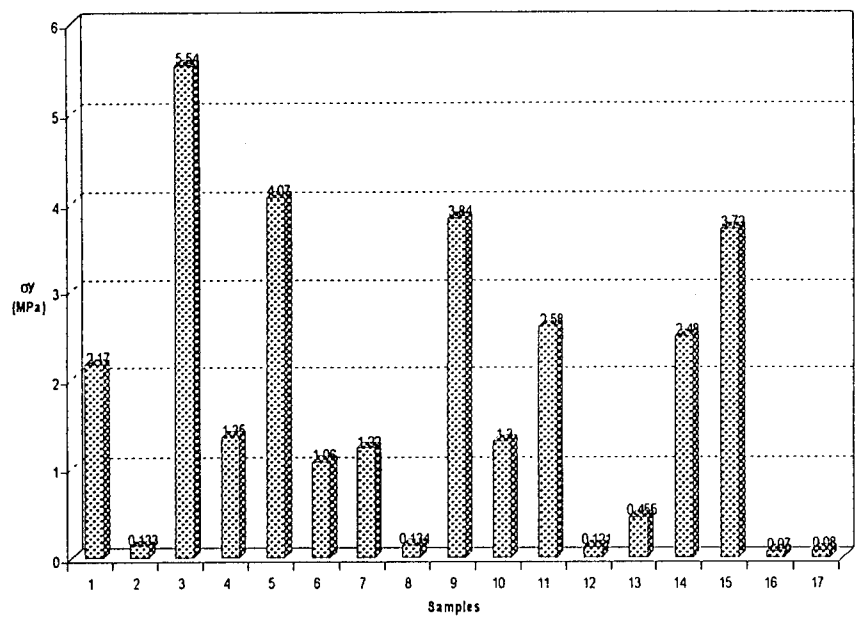
www.technobetar.ir

شکل ۷ مقایسه تنش قائم σ z درتراز زمین σ z In Ground Level



Samples No.	سرشمع/نوع خاک/طول
1	آزاد/ماسه/۱۰
2	گیردار/ماسه/۱۰
3	آزاد/ /۲۵
4	گیردار/ /۲۵
5	آزاد/ /۲۰
6	گیردار/ /۲۰
7	آزاد/رس/۱۰
8	گیردار/رس/۱۰
9	آزاد/ /۱۵.۵
10	گیردار/ /۱۵.۵
11	آزاد/ماسه و درج/۱۰
12	گیردار/ماسه و درج/۱۰
13	گیردار/ماسه/۵
14	آزاد/ماسه/۵
15	آزاد/ماسه/۵
16	آزاد/ماسه/۱۰
17	گیردار/ماسه/۱۰

شکل ۸ مقایسه تنش افقی σ y درتراز زمین σ y In Ground Level



Samples No.	سرشمع/نوع خاک/طول
1	آزاد/ماسه/۱۰
2	گیردار/ماسه/۱۰
3	آزاد/ /۲۵
4	گیردار/ /۲۵
5	آزاد/ /۲۰
6	گیردار/ /۲۰
7	آزاد/رس/۱۰
8	گیردار/رس/۱۰
9	آزاد/ /۱۵.۵
10	گیردار/ /۱۵.۵
11	آزاد/ماسه و درج/۱۰
12	گیردار/ماسه و درج/۱۰
13	گیردار/ماسه/۵
14	آزاد/ماسه/۵
15	آزاد/ماسه/۵
16	آزاد/ماسه/۱۰
17	گیردار/ماسه/۱۰

جدول ۵ – مقایسه تنش ها و تغییر شکل ها در کلیه نمونه ها در تراز زمین

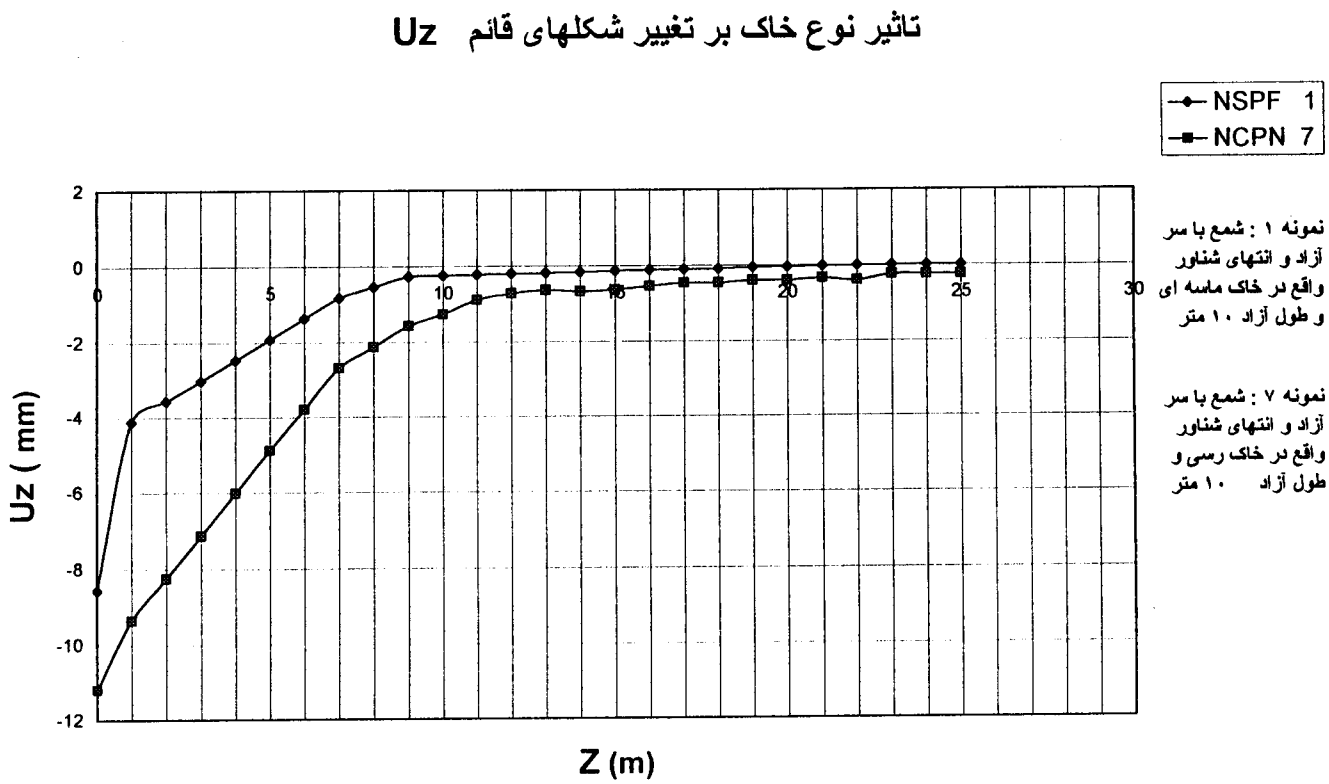
Base Sample	Ux mm	Uy mm	Uz mm	σx MPa	σy MPa	σz MPa	τxy Mpa	τyz MPa	τxz MPa
1	.105	4.08	3.36	.181	2.17	8.8	.193	1.56	.467

Sample No.	Ux %	Uy %	Uz %	σx %	σy %	σz %	τxy %	τyz %	τxz %
2	-99	-99.9	-99	-78	-93.8	-63.5	-83.1	-91.5	-60.6
3	-95	-100	-100	-56	155.3	-41.2	48.2	-22.4	11.3
4	-99	-99.9	-100	-54	-37.8	-64.2	-75.1	-83.4	-74.5
5	-96	-100	-100	-17	87.5	-26.9	11.4	3.8	41.3
6	-99	-99.9	-100	-55	-51.2	-54.4	-69.9	-91.8	-76.2
7	109.5	150	62	62	-43.7	21.6	1	19.9	105
8	-99	-99.9	-99	-64	-93.8	-63.8	-81.3	-90.6	-60.6
9	-97	-100	-100	112	77	31.8	-14	-12.8	6.2
10	-99	-99.9	-100	-56	-40	-57.7	-71	-90.5	-70.2
11	-70	-50	-70	99.4	18.9	-21.7	-17.1	-5.1	-43.3
12	-99	-100	-99	-72	-94.4	-76.4	-81.3	-91.9	-73.4
13	-98	-99.2	-98	22.6	-79	-48.3	285	5.1	-12.6
14	228	-26	-7.7	173	14.3	74.5	301	-37.4	107.9
15	-90	-39	-88.6	156	71.4	-51.5	75.2	-41.2	-36.8
16	10	-97	-41	-78	-96.7	-51.3	-87	-94.3	-73
17	-99	-99.9	-99.3	-71	-96.3	-49.8	-68.9	-76.4	-40

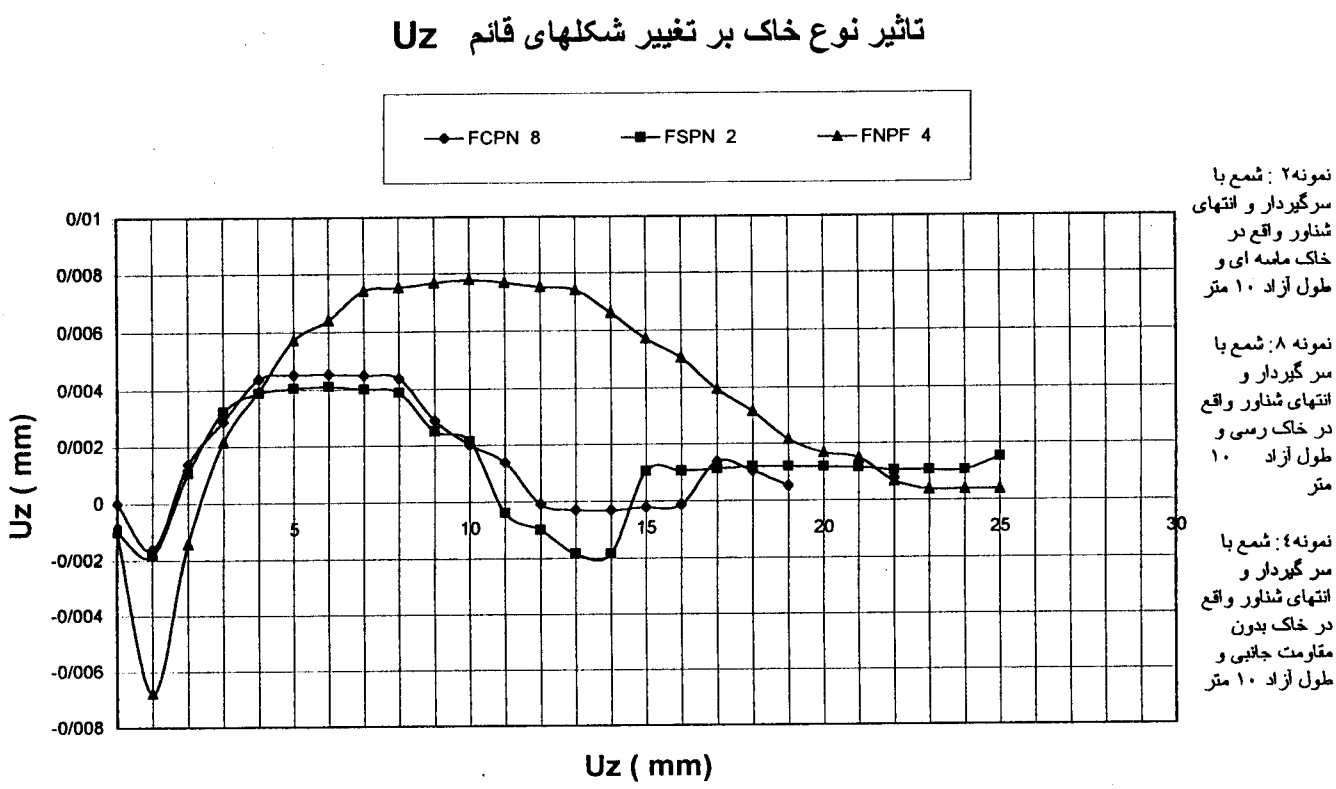
در مورد تنش ها ،اصولاً گیردار بودن انتهای نمونه مؤثرترین پارامتر است حتی در نمونه هایی که خاک فـاقد مقـاومت جانبی است (یعنی شمع ستون ها تکی) ، باز هم تأثیر گیرداری از سایر پارامترها نظیر طول آزاد بیشتر است.

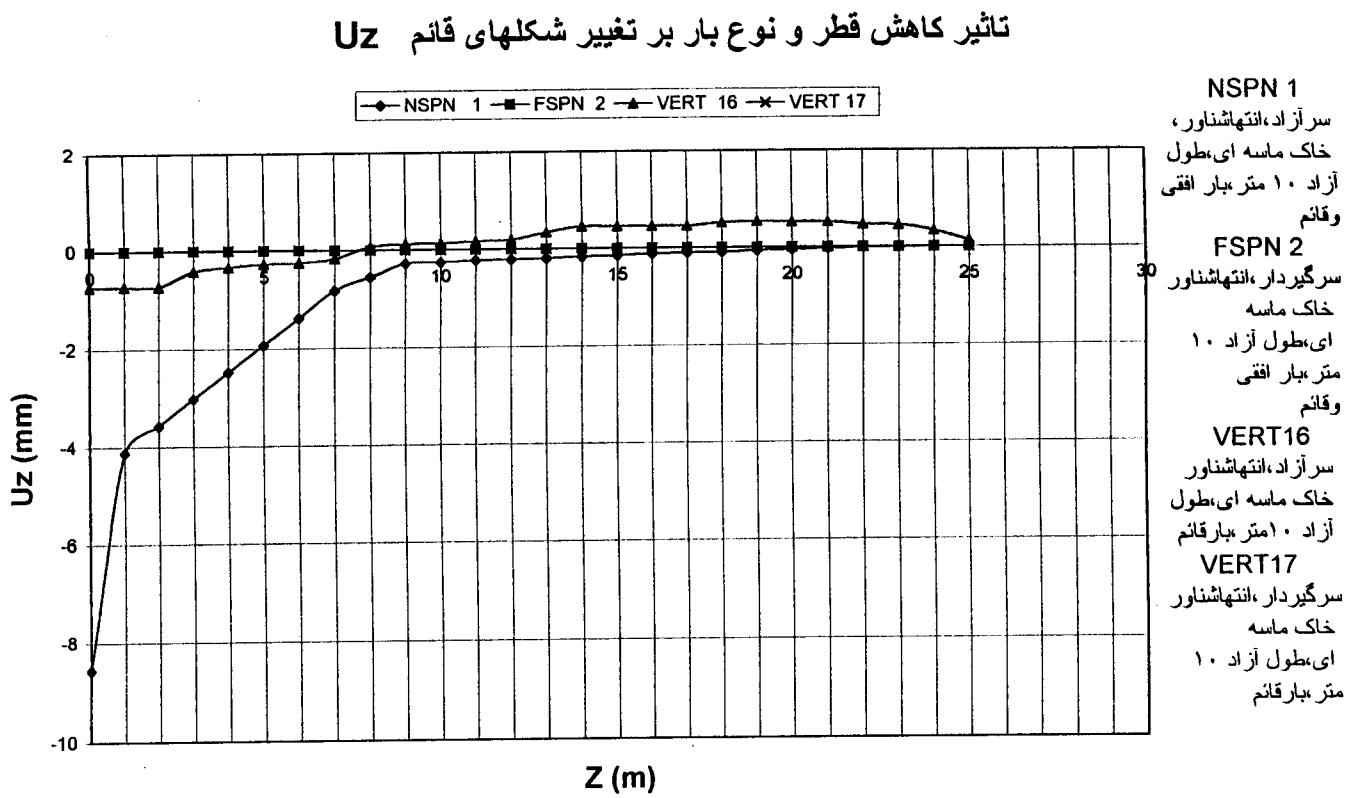
در ارتباط با تنش های برشی ظاهراً بیشترین مقدار تأثیر را خود مقدار بار وارده دارد زیـرا در نمونـه ای کـه بـار از سایر نمونه ها بیشتر است (چه بار قائم ، افقی یا لنگر) تغییرات تنش برشی در هر سه صفحـه XY و YZ و XZ بـه وضوح نمایان است(حدود ۱۱۰٪). در حالی که شمع فقط تحت بار محوری است (بار قائم) ، تنش های برشـی نسـبت به نمونه مبنا (نمونه شماره ۱) همگی کاهش می یابند(حدود ۶۰٪).

تغییرات تغییر شکل در برابر ارتفاع (عمق) در شکلهای ۹ و ۱۰ نشان داده شده اسـت. در ایـن گرافـها بوضـوح اثـر شرایط تکیه گاهی نظیر گیرداری یا آزاد بودن سر شمع و یا تغییر نوع خاک از ماسه بـه رس یـا خـاک بـدون مقـاومت جانبی را می توان مشاهده کرد.

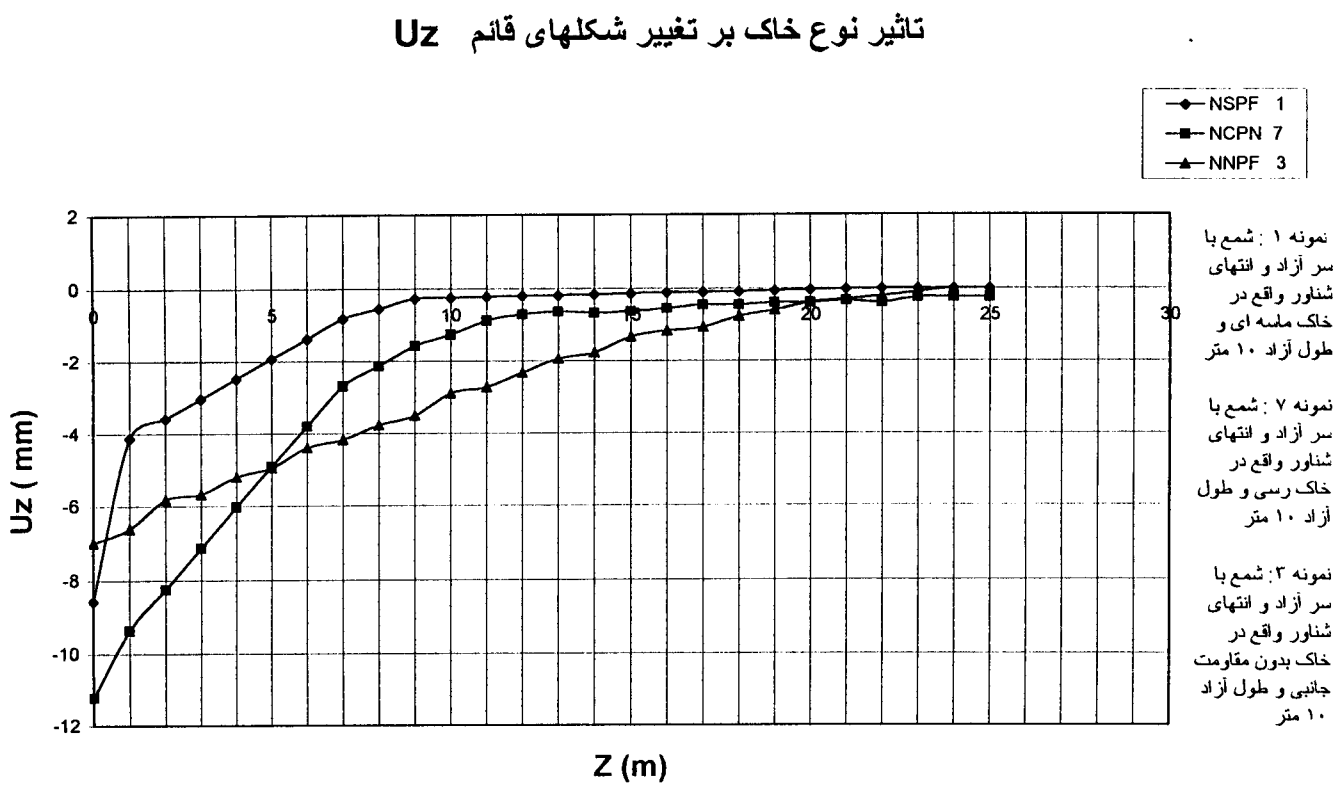


شکل ۹- تغییرات تغییرشکل دربرابرعمق درمدل های مطالعاتی





شکل ۱۰- تغییرات تغییرشکل دربرابرعمق درمدل های مطالعاتی



References:

1. **Broms B.B** "Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils" JS.M.F.D ASCE , Vol 90, 1964a

2. **Tomlinson M.J** "The Adhesion of Piles Driven in clay Soils." Proc 4th Int. Conf. On Soil Mech. & Found. Eng, Vol II,1957

3. .**Winterkorn F**."Foundation Engineering Handbook".1975

4. . **Reese L.C.,Cox W.R. & Koop FB**."Analysis of Laterally Loaded Pile in Sand".Proceeding of the Offshore Tech. Confrence, Houston,Texas 1974, Paper OTC 1204

5. **Duncan J.M**."Lateral Load Analysis of Single Piles in Cementd Sands". ASCE ,Vol 116, No. 11 ,Nov 1990

6. **Reuss,R.,Wang,S.T.,Reese,L.C.** "Tests of Piles Under Lateral Loading at Pyramid Building Memphis,Tennessee."Geotech.News,Vancouver,Canada,1992

7. **Coyle ,H.M. & Reese,L.C.** "Load Transfer for Axially Loaded Piles in Clay." J.Soil Mech. & Found. Div. ASCE , 92(2), 1966

8. **Reese,L.C. & Sullivan,W.R**. "Documentation of Computer Program COM624 ,parts I & II ;Geotech. Eng. Ctr. Bureau of Eng. Res. Univ. of Texas,Austin,Tex;1980

9. **Norris,G.M**. "Theoritically based BEF Laterally Loaded Pile Analysis."Proc.3rd Int.Conf. on Numerical Methods in Offshore Piling,Editions Technip,paris,France;1986

10. **Gowda,P**."Laterally Loaded Pile Analysis for Layered Soil based on the Strain Wedge Model,"MS Thesis ,Univ. of Nevada,Reno,Nev.;1991

11. **Ashour M.,Norris G. & Pilling P**."Lateral Loading of a Pile in Layered Soil Using the STRAIN WEDGE MODEL". J.G.G.Eng.. 1998