

بسمه تعالی
جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو

شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر)

معاونت تحقیقات و تکنولوژی
دفتر استانداردها

استاندارد معیارهای طراحی و مهندسی دودکش
نیروگاههای بخاری و سیکل ترکیبی

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴

محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون

تدوین کننده: مرکز تحقیقات نیرو
نگارش اول: آذر ماه ۱۳۷۸

آدرس: تهران - میدان ونک - خیابان شهید عباسپور - ساختمان مرکزی
صندوق پستی ۱۴۱۵۵-۶۴۶۷ تلفن: ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس: ۸۷۹۷۷۶۷



استاندارد معیارهای طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها بخاری و سیکل ترکیبی

مهندسی	شماره استاندارد
مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	۶۲-۲۰۱
مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	۶۲-۲۰۲
محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	۶۲-۲۰۳
محاسبات و تفسیر و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	* ۶۲-۲۰۴

* گزارش حاضر

بنام خدا

پیشگفتار

استاندارد برحسب مورد عبارت است از تعیین تمام یا برخی از خصوصیات و مشخصات هر جوهره (محصول، فرآیند، سازمان یا فرد) و اطمینان از کیفیت آن از قبیل :

کالا (Material) شامل : اجزاء تشکیل دهنده، ترکیب، مواد اولیه، جنس، منشاء، کمیت، شکل، رنگ، وضع ظاهر، وزن، ابعاد، عیار، فهرست مقادیر، نحوه استفاده، شرایط کاری، شرایط محیطی و آب و هوایی، مشخصات فنی، تواناییها، قابلیت‌ها، فهرست اطلاعات داده شده توسط خریدار، فهرست اطلاعات خواسته شده از سازنده، اطلاعات شرایط محیطی و آب و هوایی، بسته‌بندی، حمل و نقل و نگهداری.

مهندسی (Engineering) شامل : معیارها، مبانی، نیازها و خواسته‌ها، اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی و انتخاب، نرم‌افزارها، شاخصها و پارامترهای مشخص‌کننده طراحی، روش قدم به قدم طراحی، یک نمونه طراحی، جداول طراحی، مشخصات فنی و قابلیت‌ها، خواص، ایمنی، بهداشت، اقتصاد، نقشه‌ها، طرح تفصیلی، محاسبات، دستورالعملها، راهنمای کاربردی، معیارهای طراحی، شرایط محیطی، ضرایب اطمینان.

اجرائی (Construction) شامل : ساخت، نشانه و علامت‌گذاری، بسته بندی، حمل و نقل، نصب، فونداسیون، سازه، ساختمان، تاسیسات، راه‌اندازی، راهبری و بهره‌برداری، ابزار و وسایل خاص، فصل مشترکها، نگهداری و تعمیرات، دستورالعمل نصب، ابزار مخصوص، تنظیمات.

بازرسی (General) شامل : فرمها، نحوه یکنواخت کردن اوراق اداری، اسناد بازرگانی و مالی، اولویتها، روشها، توصیه‌ها، تفسیرها، ملزومات، مقررات و قوانین، سیاستها، استانداردهای مورد استفاده.

ساختار (Structure) شامل : طرح و ساختار گزارش و خلاصه آن، تهیه و تدوین کنندگان منابع، مراجع و استانداردهای مورد استفاده، عناوین، هدف و دامنه کاربرد، تعاریف، متن اصلی، عبارات، جداول، ...، نظرات

و پیشنهادات، آمار و اطلاعات، اشکال، جداول، منحنی‌ها، نقشه‌ها، فرمولها، نمودارها، نتیجه، واژگان، پیوستها، سبک نگارش.

این استاندارد جهت استفاده در صنعت برق تهیه و به تصویب مقام محترم وزارت نیرو رسیده است بنابراین رعایت آن برای کلیه شرکتهای تابعه و وابسته وزارت نیرو الزامی می‌باشد.

این استاندارد توسط گروهی مرکب از متخصصین و کارشناسان مجرب در زمینه استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها - محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون که دارای تجارب طولانی در صنعت برق و صنایع دیگر می‌باشند بر مبنای استانداردهای معتبر جهانی، مراجع منتشره علمی، مدارک فنی و تجارب کارشناسان، متخصصین و صنعتگران تهیه شده و سپس بمنظور بررسی و اظهار نظر برای اشخاص ذی‌علاقه و ذینفع شامل مهندسین مشاور، شرکتهای تابعه و وابسته، صاحبان صنایع و حرف و اساتید دانشگاهها، مراکز علمی و تحقیقاتی ارسال و نظرات و پیشنهادات اصلاحی آنها جمع‌آوری گردیده است.

در مرحله بعدی جلساتی با حضور متخصصین و صاحب نظران فوق‌الذکر تشکیل و در نهایت نظرات و پیشنهادات اصلاحی مورد تایید اعضاء جلسه در آن اعمال و بدین ترتیب این استاندارد حاصل شده است. علیرغم تلاشهای فوق‌الذکر به هیچ وجه ادعا نمی‌گردد استاندارد حاضر بدون عیب و کاستی باشد لذا هرگونه نظرات اصلاحی در جهت ارتقاء کیفیت آن، در تجدید نظر بعدی مورد استقبال قرار خواهد گرفت.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴	فصل اول - بارگذاری
۴	۱-۱- هدف
۴	۲-۱- کاربرد
۴	۱-۳-۱- ت - بار مرده
۴	۲-۳-۱- ت - بار زنده
۵	فصل دوم - اثر متقابل سازه و خاک
۵	۱-۲- ت - عوامل موثر
۵	۲-۲- ت - مطالعات ژئوتکنیک
۵	۱-۲-۲- ت - ضریب اطمینان
۶	۲-۲-۲- ت - روابط محاسباتی K_S
۷	۳-۲- ت - سختی شالوده گسترده و K_S
۸	فصل سوم - آنالیز
۸	۱-۲-۳- ت - دو نمونه شبکه بندی برای شالوده
۹	۲-۲-۳- ت - محاسبه سطح موثر مربوط به هر تکیه گاه فنری
۹	۱-۳-۲-۳- ت - بار روی المانها
۱۰	۲-۳-۲-۳- ت - شناژها در دودکش فلزی
۱۰	۴-۳- ت - استفاده از برنامه های خاص کامپیوتری
۱۱	۱-۴-۳- ت - کنترل خطاهای احتمالی
۱۲	۲-۴-۳- ت - نمودارهای لنگر و برش
۱۲	۵-۳- ت - روش تقریبی در آنالیز شالوده های گسترده دودکش بتنی
۱۲	۱-۵-۳- ت - تعیین محل استقرار پوسته

شماره صفحه I	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

۱۴	ت-۲-۵-۳ - محاسبه لنگرها تحت بار قائم در شالوده حلقوی
۱۴	ت-۳-۵-۳ - محاسبه لنگرها تحت بار لنگر در شالوده حلقوی
۱۵	ت-۴-۵-۳ - محاسبه لنگرها تحت بار قائم در شالوده دایره‌ای
۱۵	ت-۵-۵-۳ - محاسبه لنگرها تحت بار لنگر در شالوده دایره‌ای
۲۶	ت-۶-۳ - آنالیز شناژها
فصل چهارم - طراحی	
۲۸	ت-۴ - بررسی‌های آیین‌نامه‌ای انجام شده
فصل پنجم - کنترل پایداری و لغزش	
۲۹	ت-۱-۵ - هسته مرکزی و منطقه محدودکننده
فصل ششم - شمع	
۳۰	ت-۶ - موارد کاربرد شمعها
۳۰	ت-۱-۶ - ارتباط مقاومت اصطکاکی و انتهایی با نشست
۳۰	ت-۱-۱-۶ - ضریب اطمینان
۳۱	ت-۴-۶ - ظرفیت باربری گروه شمعها
۳۱	ت-۵-۶ - آنالیز تقریبی کلاهی شمع
فصل هفتم - ضوابط اجرایی	
۴۱	ت-۱-۷ - کوبیدن شمعها
پیوست الف - حل دو مثال	
۴۵	الف - ۱ - مثال ۱: طراحی یک شالوده شمعی
۴۶	الف - ۲ - مثال ۲: طراحی یک شمع در برابر بار جانبی
۴۹	پیوست ب - بررسیهای ژئوتکنیک
۵۱	

شماره صفحه II	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

فهرست شکلها

صفحه	عنوان
۸.....	شکل ۳-۱-ت - شبکه بندی المانها برای شالوده یک دودکش بتنی
۹.....	شکل ۳-۲-ت - شبکه بندی المانها در یک شالوده دودکش فلزی
۱۱.....	شکل ۳-۳-ت - نمودار برش و لنگر در شالوده فلزی
۱۳.....	شکل ۳-۴-ت - آنالیز تقریبی یک شالوده حلقوی یا دایره ای
۱۴.....	شکل ۳-۵-ت - نمایش لنگرها و برش های شعاعی و مماسی در یک شالوده
۲۶.....	شکل ۳-۶-ت - نمای کلی از شناژها و شالوده ها در یک دودکش فلزی
	شکل ۳-۷-ت - وضعیت هندسی و نمودار لنگرها و نیروهای محوری و برشی در شناژ یک شالوده
۲۷.....	دودکش فلزی
۳۲.....	شکل ۶-۱-ت - آرایش گروه شمعهها در زیر یک کلاهک شمع
۳۲.....	شکل ۶-۲-ت - بارهای خارجی و عکس العمل شمعها در زیر یک کلاهک شمع
۳۴.....	شکل ۶-۳-ت - آنالیز کلاهک شمع تحت بارگذاری حداکثر
۳۵.....	شکل ۶-۴-ت - آنالیز کلاهک شمع تحت بارگذاری حداقل
۴۲.....	شکل ۷-۱-ت - شمعهکوبها

شماره صفحه III	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

مقدمه :

در تفسیر آیین نامه، متناظر با هر بند آیین نامه که نیاز به توضیح بیشتری داشته است، بندی با همان شماره و با اضافه کردن "ت" به آن آورده شده است.

در فصل اول "بارگذاری" توضیح داده می شود که هر آنچه در بارگذاری سازه دودکش بعنوان بارهای مرده، زنده، باد، زلزله و غیره لحاظ شده است، عیناً روی شالوده دودکش منتقل می شود. بعلاوه بارهای این مرحله شامل وزن فونداسیون، خاک روی آن، روسازی و غیره باید لحاظ گردد.

در فصل دوم "اثر متقابل سازه و خاک" به بررسی نتایج آزمایشات ژئوتکنیک برای تعیین ضریب سختی فنر، K_S پرداخته و روابط تجربی و تصحیح نتایج آزمایشات بیان شده است. در همین جا به این نکته اشاره شده است که برای شالوده های سخت دودکش ها تغییرات K_S در یک محدوده، تغییر فاحشی در نتایج آنالیز شالوده ندارد. البته صرفاً K_S را نباید براساس جداول تقریبی تعیین کرد، بلکه فقط برای آنالیز اولیه می تواند در نظر گرفته شود.

در فصل سوم "آنالیز" به تشریح شبکه بندی سطح شالوده دودکش های بتنی و فلزی پرداخته شده و دو نمونه شبکه بندی برای دو شالوده ارائه شده است. مزایای کار با نرم افزارهای خاص طراحی شالوده گسترده و چگونگی اعمال بار نیز بیان گردیده است. یکی از مزایای نرم افزارهای خاص طراحی شالوده این است که لازم نیست برای هر گره سختی فنر توسط طراح محاسبه و در ورودی اطلاعات نوشته شود، بلکه خود نرم افزار با داشتن K_S با توجه به مساحت مربوط به هر گره محاسبات لازم را به طور خودکار انجام می دهد، از این نکته مهمتر با توجه به ترکیب بارگذاری ها اگر قسمتی از شالوده به کشش بیافتد، برنامه به طور خودکار این فنرهای فرضی را حذف می کند. در مورد کنترل نتایج آنالیز کامپیوتری نیز توضیحاتی آورده شده است. باید توجه نمود که ماتریس سختی همواره متقارن است و هیچ عضو صفری روی قطر اصلی ندارد. چگونگی رسم نمودارهای لنگر و برش براساس نتایج آنالیز که کمک موثری برای طراح می باشد نیز آورده شده است.

در همین فصل برای طراحی شالوده دودکش های بتنی که وزن دودروهای آن از طریق پوسته به شالوده منتقل می شود با استفاده از روشهای تقریبی، جداول تعیین لنگر، برش و نشست آورده شده است. اختلاف نتایج محاسباتی این جداول با روش آنالیز کامپیوتری فقط در حدود ۷ الی ۸ درصد است. این جداول به تفکیک

شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۱
معاونت تحقیقات و کنترلوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

برای شالوده‌های دایره‌ای و حلقوی و به تفکیک بارگذاری قائم و لنگر ارائه شده‌اند.

همچنین، به مسئله شناژها در فونداسیون دودکش‌های فلزی نحوه اعمال نیرو، آنالیز و بررسی نتایج آن پرداخته شده است. شناژها سبب یکپارچگی فونداسیون‌های مستقل و دور از هم یک شالوده دودکش فلزی شده و تحت بارهای ثقلی و زلزله تحت خمش و برش قرار می‌گیرند و از نشست غیریکنواخت شالوده‌ها نیز جلوگیری می‌کنند.

در فصل چهارم "طراحی" تصریح شده است که با بررسیهایی که روی آیین‌نامه‌های معتبر اروپایی و آمریکایی انجام شده، ملاحظه گردید که برای طراحی شالوده دودکش آیین‌نامه و کد خاص وجود ندارد، اگرچه برای خود سازه دودکش در بعضی کشورها آیین‌نامه مستقل و خاص وجود دارد، اما در همه این آیین‌نامه‌ها نیز تصریح گردیده است که برای طراحی شالوده دودکش از ضوابط کلی طراحی سازه‌های بتن‌آرمه استفاده شود. در فصل پنجم "کنترل پایداری و لغزش" به موضوع کنترل سازه در برابر نیروهای جانبی ناشی از باد و زلزله پرداخته شده است. سازه تحت اثر نیروی جانبی تمایل به حرکت افقی و نیز واژگون شدن دارد. توضیحات کافی در مورد حداقل ضوابطی که در متن آیین‌نامه آورده شده بیان گردیده است و به تشریح این مسئله پرداخته شده که اگر خواسته شود هیچ قسمتی از شالوده تحت نیروهای جانبی باد یا زلزله به کشش نیافتد، به عبارتی خروج از مرکزیت در هسته مرکزی محدود شود منجر به یک طرح غیراقتصادی خواهد شد. به همین دلیل آیین‌نامه اجازه می‌دهد برای یک شالوده دایره‌ای شعاع هسته مرکزی تا دو برابر افزایش یابد.

در فصل ششم "شمع" روش تقریبی برای آنالیز کلاهی شمع‌ها با استفاده از جداول محاسباتی بیان شده است. چون شمع‌ها به صورت گروهی بکار می‌روند لذا یک کلاهی بتنی روی شمعها اجرا می‌گردد. در این روش با استفاده از جداول طراحی، تعیین نیروهای داخلی کلاهی شمع که یک دال بتنی ضخیم و سخت می‌باشد بیان گردیده است. این جداول به تفکیک برای بارهای گسترده قائم و بارهای حلقوی داده شده است. اختلاف این روش تقریبی با روش آنالیز کامپیوتری، در حدود ۸ الی ۱۰ درصد و قابل قبول می‌باشد. در این روش ابتدا ممان اینرسی مجموع شمعها محاسبه و سپس بار وارده بر هر یک از شمعها بدست می‌آید سپس دو حالت بارگذاری حداکثر و حداقل فرض می‌شود به این معنا که یکبار فرض می‌شود همه شمعها در یک حلقه بیشترین بار ممکن را می‌برند و بار دیگر برعکس. در آنالیز کلاهی شمع باید توجه نمود که بین خاک و کلاهی یک

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۲
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

فاصله وجود دارد و کلاهک فقط بر شمعها تکیه دارد.

در فصل هفتم "ضوابط اجرایی" به تعریف انواع شمعکوبها برای شمعهای کوبشی پرداخته شده است. بسته به نوع شمع، نوع خاک و عمقی که باید شمع تا آن لایه کوبیده شود، از روشهای مختلفی می توان استفاده کرد. روش شمعکوب ضربه ای که از سقوط متوالی یک وزنه روی سر شمع استفاده می شود و شمعکوب ارتعاشی متداولترین روشها هستند.

باید توجه نمود که در هنگام نصب اگر سازه ای قبلاً در نزدیکی دودکش ساخته شده است، عملیات نصب شمع و ضربه های وارده به خاک اثر زیانباری بر سازه های مجاور نداشته باشد. در پیوست الف، دو مثال آورده شده است، یکی برای طراحی شالوده شمعی و دیگری برای طراحی یک شمع فولادی تحت بار جانبی. در هر دوی این مثالها نحوه استفاده از روابط و نمودارهای ارائه شده در متن آیین نامه تشریح شده است.

در پیوست ب، حداقل بررسیهای ژئوتکنیکی و آزمایشات لازم برای احداث شالوده دودکشها آورده شده است. در این پیوست اهمیت بررسی وضعیت زمین شناسی منطقه، توپوگرافی، زلزله خیزی، روانگرایی و غیره بیان شده و حداقل آزمایشات مکانیک خاک و گمانه زنی ها بیان گردیده است. همچنین یکسری آزمایشات در محل که از آنها می توان به خصوصیات خاک زیر شالوده پی برد تشریح شده است. یکسری جداول که به طراح شالوده کمک می کند پارامترهای مورد نیاز خود را بدست آورده نیز ارائه گردیده است. در پایان نیز نحوه ارائه گزارش مهندس مشاور ژئوتکنیک بیان شده است. این گزارش باید دارای خصوصیات زیر باشد.

- ۱- بدون تردید و با قاطعیت وضعیت خاک و شالوده مناسب را پیشنهاد کند.
- ۲- عمق لازم شالوده و ظرفیت باربری مجاز و نشست احتمالی را تعیین کند.
- ۳- از پیش داروینها پرهیز کرده و فقط به نتایج آزمایشات تکیه داشته باشد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۳
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

فصل اول بارگذاری

۱-۱-۱-۱ - ت - مقدمه :

در فصل سوم توضیح داده خواهد شد که می توان مستقیماً از نتایج آنالیز سازه دودکش برای بارگذاری روی شالوده استفاده نمود.

۱-۱-۱-۱-۱ - ت - بار مرده انتقالی در دودکش های بتنی شامل وزن پوسته بتنی، بام، پلت فرمها، دسترسها، بالکنها، دودروها و عایق و پوشش آنها می باشد.

در دودکش های فلزی بار مرده انتقالی از سازه شامل : وزن اسکلت فلزی، اتصالات، دسترسها و بالکنها، دودروها و عایق و پوشش آنهاست. در هر دو مورد وزن تجهیزات برقی و مکانیکی نصب شده را نیز باید در نظر گرفت.

۱-۱-۲-۱ - ت - بار زنده عمدتاً عبارت است از بار زنده روی پلت فرمها بالکنها، دسترسها در هر دو نوع دودکش که در دودکش بتنی بار زنده روی بام (شامل سربار برف) را نیز باید در نظر گرفت.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۴
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

فصل دوم

تأثیر متقابل سازه و خاک

۲-۱-ت - اثر متقابل سازه و خاک به عوامل زیر بستگی دارد :

۱- نوع خاک زیر شالوده

۲- ابعاد شالوده

۳- شکل شالوده

۴- خروج از مرکزیت بار

۵- سختی شالوده

۶- ضریب واکنش بستر

واکنش خاک در ضریب واکنش بستر خلاصه شده و مستقیماً" وارد تحلیل و محاسبات شالوده می‌گردد.

۲-۲-ت - در یک پروژه نیروگاهی مطالعات و آزمایشات ژئوتکنیک و مکانیک خاک جامعی صورت می‌گیرد و نهایتاً یک گزارش نهایی تهیه و تسلیم مهندس طراح می‌گردد. در این گزارش دو فاکتور مهم محاسباتی عبارتند از ظرفیت باربری نهایی خاک و ضریب واکنش بستر. چون در تعیین این دو مقدار شکل، ابعاد و عمق شالوده تأثیر دارند، لذا باید هماهنگی لازم از قبل بین مهندس مشاور طراح و ژئوتکنیک بعمل آید.

۲-۲-۱-ت - ضریب اطمینان برای ظرفیت باربری مجاز در شالوده‌های گسترده عددی بین $1/7$ تا $2/5$ پیشنهاد شده است [1]. ولی برای شالوده سازه خاص دودکش حداقل عدد ۳ باید اختیار شود. این حداقل ضریب توسط مشاوران خارجی نیروگاهها برای مثال در طراحی دودکش فلزی نیروگاه رجایی و دودکش بتنی نیروگاه بیستون رعایت شده است.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۵
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

۲-۲-۲-ت - رابطه‌ای که برای تعیین K_s برحسب مشخصات خاک و شالوده پیشنهاد شده عبارت است از [5]:
(۲-۱-ت)

$$K_s = \frac{E_s}{B (1-\mu^2) I_w} \quad k_s = \text{ضریب واکنش بستر (kN/m}^3\text{)}$$

$$E_s = \text{مدول الاستیسیته خاک (kN/m}^2\text{)}$$

$$\mu = \text{ضریب پواسون خاک}$$

$$B = \text{عرض شالوده}$$

$$I_w = \text{ضریب شکل برای شالوده دایره‌ای } I_w = 0.79 \text{ و مربع شکل } I_w = 0.82$$

روش دیگر استفاده از نتیجه آزمایش بارگذاری صفحه می‌باشد. براساس همین آزمایش روابط تجربی

معرفی شده است که برحسب ظرفیت باربری مجاز (q_a)، (K_s) را محاسبه می‌کنند.

$$K_s = 120 q_a$$

$$q_a = \text{تنش مجاز خاک (kN/m}^2\text{)}$$

$$K_s = \text{ضریب واکنش بستر (kN/m}^3\text{)}$$

در استفاده از این روابط باید توجه نمود که با در نظر گرفتن ابعاد بسیار متفاوت صفحه آزمایش و شالوده

واقعی باید اصلاح زیر صورت گیرد:

$$K_s = K_p \left(\frac{B_p}{B_m} \right)^n \quad (۲-۲-ت)$$

$$n = \text{عددی بین } 0/5 \text{ تا } 0/7$$

$$B_p = \text{عرض یا قطر صفحه آزمایش}$$

$$B_m = \text{عرض یا قطر شالوده واقعی}$$

$$K_p = \text{ضریب واکنش بستر بدست آمده از آزمایش بارگذاری صفحه}$$

$$K_s = \text{ضریب واکنش بستر (اصلاح شده)}$$

استفاده از جداول ضریب واکنش که برحسب نوع خاک طبقه‌بندی شده‌اند، فقط یک مقدار تقریبی و

تخمینی از مرتبه K_s است و نباید صرفاً براساس آن شالوده آنالیز گردد.

شماره صفحه ۶	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

۲-۳-ت- چون به عنوان یک اصل کلی از آرماتورهای برشی در شالوده‌ها استفاده نمی‌شود و بتن باید به تنهایی برش را تحمل کند، لذا شالوده دودکش‌ها دارای ضخامت قابل توجه بوده و بحد کافی سخت می‌باشد. لذا نشست در زیر محل تمرکز نیروها (مثلاً "زیر پوسته دودکش بتنی) بیشتر از سایر نقاط شالوده تحت بار ثقلی نمی‌باشد. نتایج تحقیقات و آنالیزهای مکرر نشان می‌دهد که این‌گونه شالوده‌ها نسبت به تغییرات K_s در یک محدوده، حساس نیستند. یعنی ممکن است با مقادیری حتی تا ۳ برابر بزرگتر یا کوچکتر از K_s پیشنهادی مشاور، نتایج آنالیز تغییر فاحشی را نشان ندهد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۷
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

فصل سوم

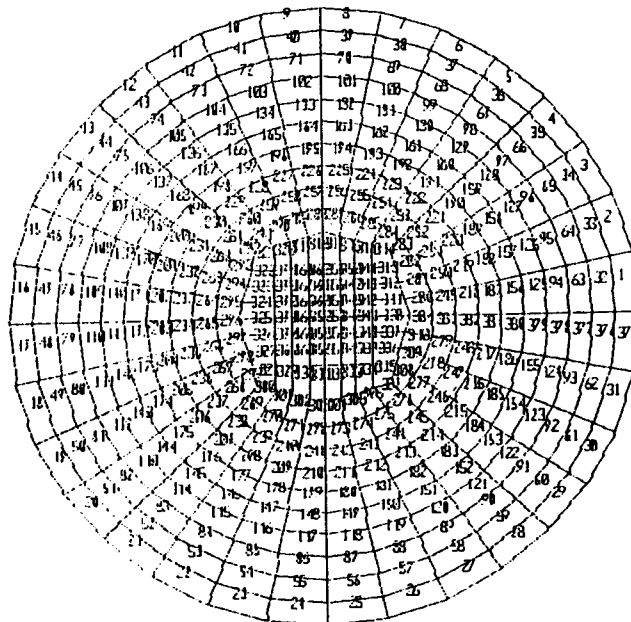
آنالیز

مقدمه :

شالوده دودکش‌ها از نوع شالوده گسترده به شکل دایره‌ای یا حلقوی یا چندضلعی می‌باشد. همچنین باید توجه نمود که ممکن است سازه دارای شالوده‌های مجزا باشد. برای مثال در دودکش فلزی برای هر پایه یک شالوده و برای مجموعه دودروها نیز یک شالوده مستقل داشته باشیم، یا در دودکش بتنی شالوده دودروها ممکن است مستقل از شالوده اصلی سازه باشد.

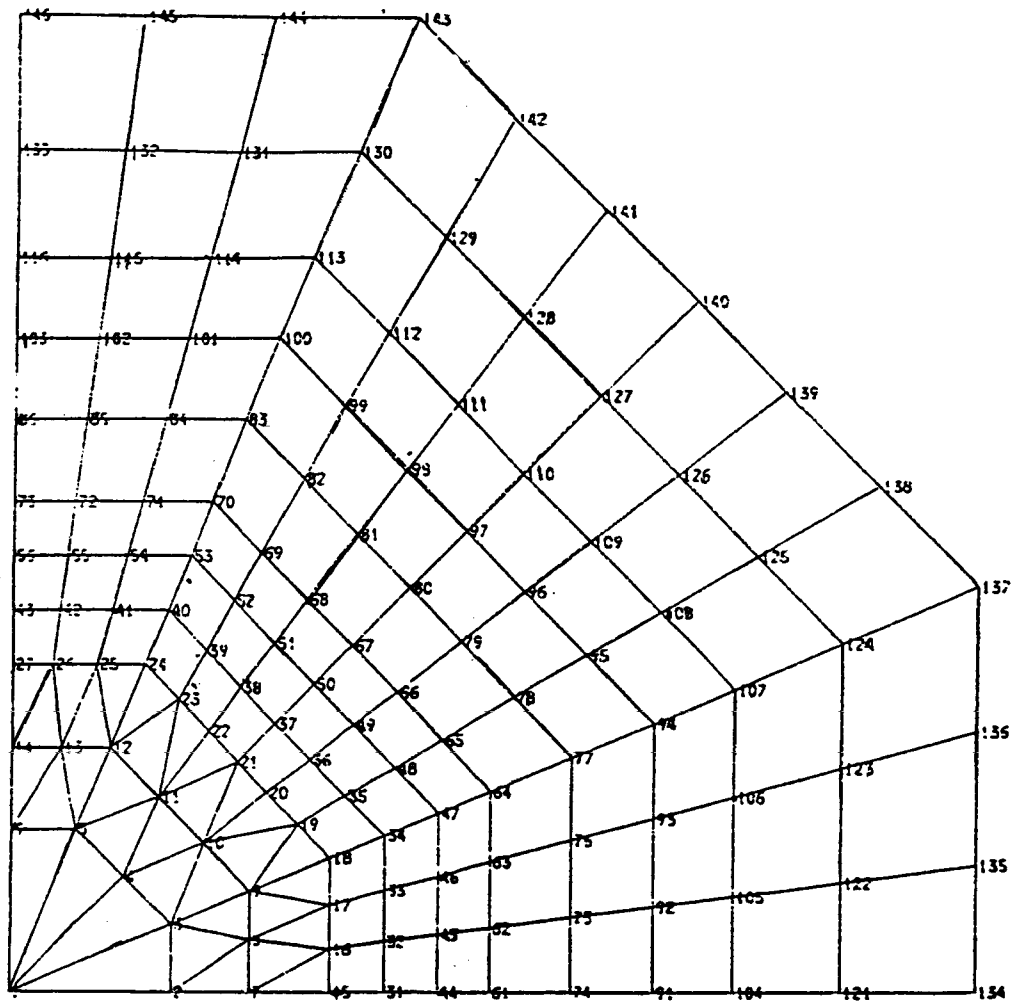
۳-۲-۱- ت - دو نمونه شبکه بندی

دو نوع نمونه شبکه بندی برای شالوده‌های دودکش‌های بتنی و فلزی در اشکال ضمیمه ۳-۱-ت و ۳-۲-ت آورده شده است. در مورد چگونگی این شبکه در بند اعمال نیرو توضیح داده خواهد شد.



شکل ۳-۱-ت - شبکه بندی المانها برای شالوده یک دودکش بتنی با تعدادی دودرو در وسط

شماره صفحه ۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



شکل ۳-۲-ت - شبکه بندی المانها در یک شالوده دودکش فلزی (به علت تقارن $\frac{1}{4}$ شالوده مدل گردیده)

۳-۲-۲-ت محاسبه سطح موثر مربوط به هر تکیه گاه فنری

وقتی المانهای متصل به یک گره شکل هندسی مشخصی دارند محاسبه سطح آسان می باشد. در مورد بقیه اشکال می توان با یک تقریب مناسب مساحت را بدست آورد. در بند ۳-۴-ت شرح داده خواهد شد که اگر از برنامه های خاص آنالیز شالوده استفاده گردد این محاسبات بطور خودکار توسط کامپیوتر صورت می گیرد.

۳-۲-۱-ت - بار روی المانها

اگر عرض نوارها تقریباً برابر ضخامت پوسته بتنی دودکش در تراز شالوده باشد. می توان از نتایج آنالیز

شماره صفحه ۹	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

پوسته دودکش عیناً" استفاده نمود. یعنی فشار یا تنش بدست آمده برای المانهای پوسته مستقیماً" بعنوان بار اعمالی روی المانهای شالوده محاسبه می‌گردد. همین کار را برای المانهای زیر دودرو نیز باید انجام داد. باید توجه نمود که در بارگذاری ثقلی فشار روی المانها یکنواخت و مثبت (رو به پایین) می‌باشد. در صورتیکه در بارگذاری باد و زلزله فشار روی بعضی المانها صفر یا منفی (رو به بالا) خواهد بود. وزن شالوده و خاک روی آن بعلاوه کفسازی و سایر سربارها نیز باید به همین ترتیب به کلیه المانهای شالوده وارد شوند.

۲-۳-۲-ت - شناژها در دودکش فلزی

دودکش‌های فلزی دارای شالوده‌هایی در زیر هر یک از پایه‌های خود و نیز شالوده‌ای برای دودروها به‌طور مجزا دارند. سپس این شالوده‌ها به کمک شناژهایی به یکدیگر متصل می‌گردند.

۳-۴-ت - استفاده از برنامه‌های خاص کامپیوتری

استفاده از برنامه‌های خاص آنالیز و طراحی شالوده‌ها به برنامه‌های عمومی آنالیز ارجحیت دارد. چراکه دادن اطلاعات ورودی بسیار سریع‌تر و دقیق‌تر صورت می‌گیرد. مثلاً" در مورد ضریب سختی فنر فقط کافیست ضریب واکنش بستر، k_g به آن معرفی گردد. برنامه به‌طور خودکار مساحت مربوط به هر گره را حساب و در k_g ضرب کرده و نتیجه بصورت ضریب سختی فنر بعنوان تکیه‌گاه فنری برای هر گره فرض می‌شود. در صورتیکه برای برنامه‌های کلی آنالیز برای هر گره باید این کار تکرار گردد.

همچنین درحالتی که قسمتی از شالوده به کشش می‌افتد، حذف فنرها از زیر شالوده باید با سعی و خطا صورت گرفته و آنالیز بارها تکرار شود. اما برنامه‌های خاص شالوده گسترده این کار را به‌طور خودکار انجام می‌دهند.

در عین حال باید توجه نمود که مهندس طراح می‌باید با برنامه‌ای کار کند که به نحوه دادن اطلاعات ورودی و گرفتن اطلاعات خروجی کاملاً" آشنا و عجین شده باشد تا بتواند از صحت آنالیز و نتایج آن اطمینان حاصل کند.

شماره صفحه ۱۰	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

۳-۴-۱-ت - کنترل خطاهای احتمالی

اگر احساس شود که خطایی در نتایج بوجود آمده است، کنترل از طریق بررسی ماتریس سختی می تواند انجام شود. این ماتریس همواره متقارن است و هیچ عضو صفری روی قطر اصلی ندارد.

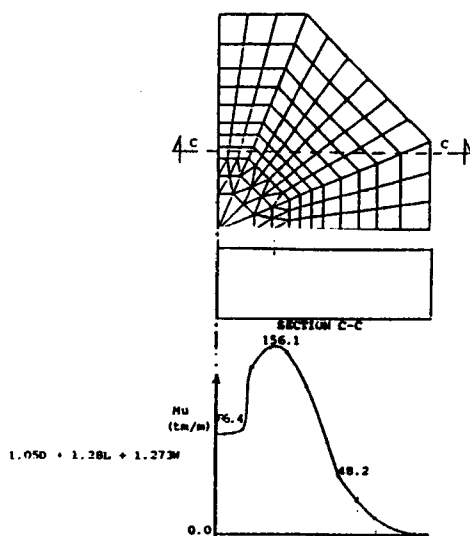
برای اطمینان از کاربرد روش پی وینکلر و نتایج آنالیز توصیه می شود که طراح از چندین ضریب واکنش بستر در یک محدوده مربوط به نوع خاک زیر شالوده استفاده کند و چندین بار آنالیز کامپیوتری را تکرار و نتایج را مقایسه کند.

به طور کلی اگر شالوده به حد کافی صلب باشد، نتایج آنالیز (یعنی لنگر و برش در المانهای شالوده) به اصطلاح خیلی حساس به k نیست و تغییرات شدیدی را نشان نمی دهد.

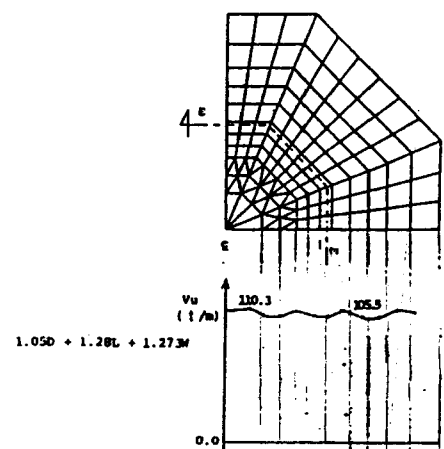
سختی شالوده را از تغییر شکل آن تحت بار قائم می توان استنباط کرد. یک شالوده سخت نشست کاملاً یکنواختی دارد ولی شالوده نرم در زیر محل بارها (مثلاً "زیر پوسته دودکش بتنی) نشست (تغییر شکل) بیشتری را نشان می دهد.

۳-۴-۲-ت نمودارهای لنگر و برش

نمونه ای از این نمودارها در اشکال (۳-۳-ت) و (۴-۳-ت) برای شالوده پایه دودکش فلزی آورده شده است. این نمودارها کمک موثری در طراحی شالوده هستند. در برنامه های خاص شالوده ها این نمودارها به صورت خودکار رسم می شوند.



شکل ۴-۳-ت - نمودار لنگر برای مقطع C-C



شکل ۳-۳-ت - نمودار برش برای مقطعی در پیرامون بدستال

شماره صفحه ۱۱	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

۵-۳-ت روش تقریبی در آنالیز شالوده‌های گسترده دودکش بتنی

بعلت شکل هندسی خاص شالوده دودکش بتنی و با استفاده از تئوری پوسته‌ها و ورق‌ها و با فرض اینکه شالوده گسترده یک صفحه همگن ایزوتروپ با ضخامت یکنواخت و با ضریب پواسون $\nu = 0.15$ است، می‌توان به یکسری معادلات برای تعیین لنگرها و تغییر مکان‌ها در نقاط مختلف شالوده رسید که در اینجا فقط نتایج و جداول مربوطه را می‌آوریم. (در جداول ۷-۳-ت تا ۱۰-۳-ت این معادلات آورده شده است.)

۳-۵-۱-ت - تعیین محل استقرار پوسته روی شالوده

در ابتدا لازم است به تعیین محل استقرار پوسته دودکش روی شالوده بپردازیم. ابعاد یک شالوده حلقوی یا دایره‌ای باید چنان انتخاب شود که محل برآیند تنش‌های زیر شالوده منطبق با محور پوسته دودکش باشد. اگر r مختصه قطبی نقاط روی یک شالوده حلقوی به شعاع خارجی a و شعاع داخلی αa و نسبت r به a را β بنامیم:

$$\beta = \frac{r}{a} \quad (3-3-ت)$$

برای یک بار یکنواخت P زیر شالوده بار روی یک نوار دایره‌ای به پهنای dr برابر $P \cdot 2\pi r dr$ و لنگر برابر $P \cdot 2\pi r^2 dr$ خواهد بود که باید بین αa و a انتگرالگیری شود. محل برآیند نیروهای زیر پی برابر خواهد بود:

$$c.g. = \frac{\sum A r}{\sum A} = \frac{2\pi p \int_{\alpha a}^a r^2 dr}{2\pi p \int_{\alpha a}^a r dr} = \frac{2[a^3 - (\alpha a)^3]}{3[a^2 - (\alpha a)^2]} = \frac{2a^3(1-\alpha^3)}{3a^2(1-\alpha^2)}$$

$$c.g. = \frac{2 a(1-\alpha^3)}{(1-\alpha^2)}$$

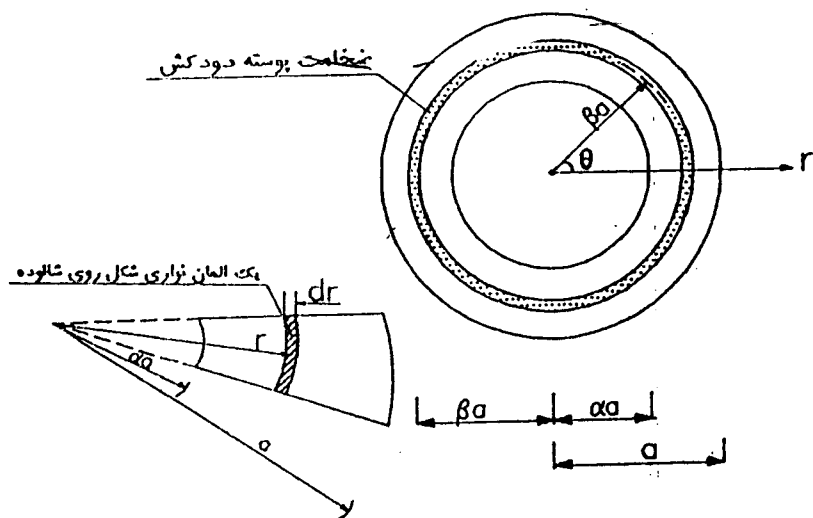
چون می‌خواهیم مرکز ثقل منطبق با محور پوسته دودکش باشد، باید داشته باشیم

$$c.g. = \beta \cdot a$$

$$\beta = \frac{2(1-\alpha^3)}{3(1-\alpha^2)} \quad \text{برای شالوده حلقوی} \quad (3-4-ت)$$

$$\beta = \frac{2}{3} \quad \text{برای شالوده دایره‌ای} \quad (3-5-ت)$$

شماره صفحه ۱۲	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



یک شالوده حلقوی و المانی از آن
شکل ۳-۴ ت

از اینجا می توان به تعیین تقریبی قطر مناسب شالوده برای یک دودکش با قطر تعیین شده پرداخت. مثلاً

برای شالوده دایره ای یک دودکش باید داشته باشیم :

$$a = \frac{3}{2} r$$

یک نمونه خوب برای کاربرد این رابطه، دودکش نیروگاه بیستون است. پوسته دودکش در تراز شالوده

قطری برابر ۱۹/۸ متر دارد پس باید قطر شالوده دایره ای آن برابر باشد با :

$$a = \frac{3}{2} \times 19.8 \approx 29 \text{ m}$$

که همین نیز در طراحی شالوده آن رعایت شده است.

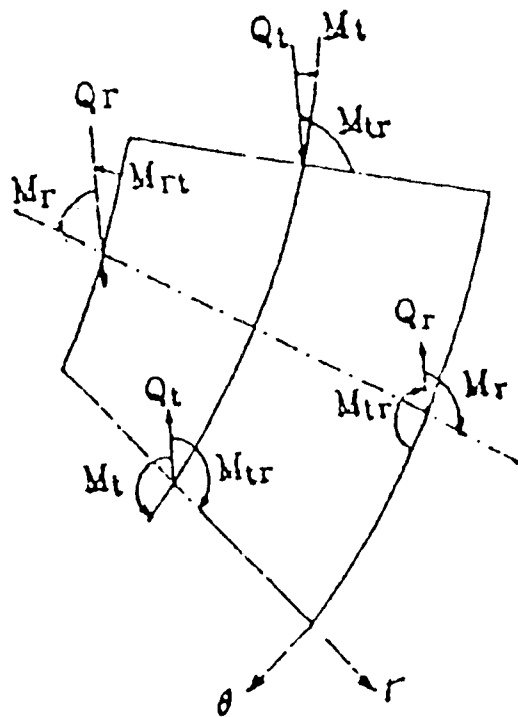
اگر این قاعده در طراحی شالوده رعایت نگردد منجر به یک طرح غیراقتصادی خواهد شد، چراکه در

جداولی که ارائه خواهد گردید ملاحظه می شود مقادیر لنگر با فاصله گرفتن β از مقدار رابطه (۳-۴) ت) بشدت

افزایش می یابد. حال یک المان روی شالوده را در نظر می گیریم و نیروهای داخلی را به صورت زیر تعریف

می کنیم.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۱۳
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸



- M_r = لنگر شعاعی
- M_{tr} = لنگر پیچشی
- Q_r = برش شعاعی
- P = تنش وارد بر المان
- M_t = لنگر مماسی
- Q_t = برشی مماسی

شکل ۳-۵-۳ - نمایش لنگرها و برش‌های شعاعی و مماسی در یک المان از شالوده

۳-۵-۲-۲ - محاسبه لنگرها تحت بار قائم در شالوده حلقوی

در یک شالوده حلقوی شکل تحت بارگذاری قائم (W) تنش زیر شالوده برابر است با:

$$P = \frac{W}{\pi a^2(1-\alpha^2)} \quad (۳-۶-۳)$$

با استفاده از جداول ۳-۱-۳ و ۳-۲-۳ به ترتیب مقادیر حداکثر لنگر شعاعی و مماسی بدست می‌آید.

به این ترتیب که برای یک شالوده حلقوی مورد نظر α و β را محاسبه و ضرایب مربوطه از جداول ۳-۱-۳ و

۳-۲-۳ (که برحسب α و β تنظیم شده‌اند) در رابطه‌ای که در جدول ارائه شده قرار گیرد.

۳-۵-۳-۳ - محاسبه لنگرها تحت بار لنگر در شالوده حلقوی

با فرض توزیع تنش مثلی زیر شالوده ماکزیمم تنش برابر است با:

$$q = \frac{4M}{\pi a^3(1-\alpha^4)} \quad (۳-۷-۳)$$

اینجا نیز برای بدست آوردن لنگرهای شعاعی و مماسی ماکزیمم کافیهست، شدت تنش ماکزیمم q و

ضرایب مربوطه از جدول ۳-۳-۳ و ۳-۴-۳ در رابطه ارائه شده در جدول قرار گیرد.

شماره صفحه ۱۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

۳-۵-۴-ت - محاسبه لنگرها تحت بار قائم در شالوده دایره‌ای

برای شالوده دایره‌ای کامل داریم:

$$P = \frac{W}{\pi a^2} \quad (ت-۸-۳)$$

برای بدست آوردن لنگرهای شعاعی و مماسی ماکزیمم از ضرایب جدول ۳-۵-ت باید استفاده نمود.

۳-۵-۵-ت - محاسبه لنگرها تحت بار لنگر در شالوده دایره‌ای

$$q = \frac{4M}{\pi a^3} \quad (ت-۹-۳)$$

با استفاده از جدول ۳-۶-ت مقادیر لنگر شعاعی و مماس ماکزیمم بدست می‌آید.

باید توجه نمود که در این روابط فرض شده است که $P - q \geq 0$ باشد یعنی شالوده تحت مجموع بار

قائم و لنگر در هیچ نقطه‌ای به کشش نمی‌افتد.

در جداول ۳-۷-ت الی ۳-۱۰-ت معادلات خیز، لنگر و برش برحسب $f = \frac{r}{a}$ و ثابت‌های Y_1 تا Y_8 ارائه

شده‌اند. این ثابت‌ها از شرایط مرزی بدست آمده و مقادیرشان برحسب α و β در جداول بیان شده است. در

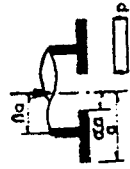
این جداول نماد W برای تغییر شکل بکار رفته است.

همچنین اندیس i برای قسمت‌های داخلی و اندیس e برای قسمت‌های خارجی (نسبت به محور پوسته

دودکش) می‌باشد.

شماره صفحه ۱۵	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

جدول ۳-۱-۳ - مقادیر ضرایب لنگرهای مماسی و شعاعی برای شالوده‌های حلقوی (بار قائم)



شالوده گسترده حلقوی

بار محوری

$$M_{r\beta} \text{ و } M_{l\beta} = \text{جدول} \times pa^2 \times 10^{-2}$$

$M_{r\beta}$	β																α
	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90						
→	-8.918	-9.592	-9.273	-8.470	-7.439	-6.322	-5.200	-4.122	-3.114	-2.191	-1.362					0.30	
.80	-0.287	-6.993	-7.589	-7.381	-6.744	-5.889	-4.943	-3.980	-3.045	-2.166	-1.360					0.35	
.75	1.413	-2.295	-5.507	-6.005	-5.859	-5.324	-4.598	-3.780	-2.939	-2.199	-1.345					0.40	
.70	2.847	-0.623	-4.085	-4.333	-4.763	-4.612	-4.152	-3.512	-2.790	-2.045	-1.316					0.45	
.65	4.031	0.783	-2.443	-5.658	-3.434	-3.737	-3.594	-3.168	-2.591	-1.941	-1.271					0.50	
.60	4.985	1.942	-1.066	-4.049	-7.017	-2.683	-2.910	-2.738	-2.334	-1.801	-1.206					0.55	
.55	5.729	2.876	0.068	-2.702	-5.442	-8.166	-2.090	-2.214	-2.016	-1.622	-1.119					0.60	
.50	6.284	3.603	0.978	-1.600	-4.129	-6.628	-9.107	-1.588	-1.628	-1.399	-1.007					0.65	
.45	6.614	4.146	1.687	-0.711	-3.055	-5.352	-7.612	-9.848	-1.167	-1.129	-0.868					0.70	
.40	6.914	4.528	2.218	-0.023	-2.199	-4.314	6.379	-8.401	-10.39	-0.808	-0.700					0.75	
.35	7.033	4.771	2.591	0.490	-1.537	-3.493	-5.385	-7.220	-9.007	-10.758	-0.500					0.80	
.30	7.057	4.902	2.835	0.854	-1.043	-2.861	-4.604	-6.276	-7.885	-9.439	-10.952					←	
α	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40					$M_{l\beta}$	

جدول ۲-۳ ت - مقادیر ضریب لنگرهای مناسب برای شالوده‌های حلقوی (بار قائم)

شالوده گسترده حلقوی

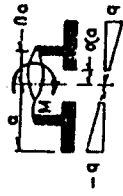
بار مجوری

$M_t \beta$ و $M_t \alpha =$ جدول $x pa^2 \times 10^{-2}$

$M_t \beta$	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	$\beta \alpha$
→	-30.540	-22.834	-16.905	-12.128	-8.137	-4.707	-1.689	1.013	3.468	5.726	7.824	0.30
0.80	-0.329	-26.751	-19.711	-14.161	-9.614	-5.771	-2.440	0.506	3.155	5.571	7.797	0.35
0.75	2.037	-3.110	-23.18	-16.73	-11.49	-7.167	-3.447	-0.207	2.676	5.280	7.663	0.40
0.70	4.370	-0.776	-6.015	-19.85	-13.82	-8.917	-4.749	-1.162	1.997	4.825	7.392	0.45
0.65	6.670	1.524	-3.715	-9.073	-16.64	-11.07	-6.381	-2.392	1.089	4.177	6.960	0.50
0.60	8.934	3.788	-1.451	-6.809	-12.32	-13.66	-8.378	-3.927	-0.078	3.310	6.340	0.55
0.55	11.16	0.012	0.773	-4.585	-10.09	-15.79	-10.77	-5.798	-1.530	2.198	6.508	0.60
0.50	13.34	8.193	2.954	-2.404	-7.911	-13.61	-19.54	-8.033	-3.295	0.816	4.442	0.65
0.45	15.47	10.32	5.086	-0.272	-5.780	-11.48	-17.41	-23.64	-5.398	-0.861	3.119	0.70
0.40	17.47	12.40	7.160	1.682	-3.706	-9.405	-15.33	-21.56	-28.15	-2.853	1.518	0.75
0.35	18.45	13.31	8.067	2.709	-2.799	-8.494	-14.42	-20.65	-27.25	-34.31	-0.382	0.80
0.30	20.339	15.193	9.954	4.585	-0.912	-6.607	-12.54	-18.76	-25.36	-32.43	-40.10	←
α	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	$M_t \alpha$

شماره صفحه ۱۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

جدول ۳-۳-ت - ضرایب لنگرهای خمشی و شعاعی برای شالوده‌های حلقوی (لنگر)



شالوده گسترده حلقوی

لنگر M

$$M_r \beta \text{ و } M_{r1} = \text{جدول } 2 \times q a^2$$

$M_r \beta$	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	β
\rightarrow	-12.40	-11.81	-10.34	-8.674	-7.44	-5.549	-4.224	-3.079	-2.115	-1.327	-0.714	0.30
0.80	-0.178	-9.391	-9.104	-8.028	-6.712	-5.386	-4.153	-3.056	-2.115	-1.337	-0.725	0.35
0.75	0.239	-0.780	-7.144	-6.997	-6.173	-5.114	-4.027	0.008	-2.107	-1.346	-0.737	0.40
0.70	0.511	0.344	-1.280	-5.437	-5.344	-4.685	-3.819	-2.921	-2.082	-1.350	-0.751	0.45
0.65	0.671	0.052	0.030	-1.683	-4.443	-4.039	-3.493	-2.773	-2.29	-1.344	-0.762	0.50
0.60	0.749	0.131	-0.521	-1.223	-1.994	-3.103	-3.006	-2.538	-1.933	-1.319	-0.767	0.55
0.55	0.770	0.234	-0.321	-0.904	-1.532	-2.222	-2.304	-2.185	-1.775	-1.264	-0.760	0.60
0.50	0.755	0.281	-0.199	-0.693	-1.211	-1.765	-2.377	-1.675	-1.531	-1.167	-0.735	0.65
0.45	0.723	0.233	-0.132	-0.560	-0.996	-1.450	-1.935	-2.469	-1.176	-1.011	-0.683	0.70
0.40	0.285	0.295	-0.101	-0.481	-0.859	-1.241	-1.634	-2.052	-2.511	0.778	-0.595	0.75
0.35	0.640	0.267	-0.091	0.438	-0.776	-1.108	-1.439	-1.776	-2.129	-2.516	-0.460	0.80
0.30	0.607	0.250	-0.091	-0.417	-0.728	-1.028	-1.319	-1.603	-1.888	-2.181	-2.499	\leftarrow
α	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	β

جدول ۳-۴-ت - ضرایب لنگرهای مماسی برای شالوده‌های حلقوی (لنگر)



شالوده گسترده حلقوی

$$M_t \beta \text{ و } M_t \alpha = \text{جدول } x \text{ qa}^2 \times 10^{-2}$$

لنگر M

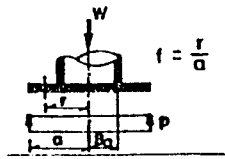
$M_t \beta$	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	β
→	-13.96	-9.493	-6.771	-4.923	-3.560	-2.495	-1.627	-0.902	-0.287	0.237	0.684	0.30
0.80	-0.245	-12.06	-8.133	-5.664	-3.965	-2.710	-1.732	-0.941	-0.287	-0.262	0.724	0.35
0.75	0.514	-1.352	-10.28	-6.847	-4.621	-3.068	-1.916	-1.021	-0.303	-0.285	0.772	0.40
0.70	1.181	-0.561	-2.580	-8.967	-5.631	-3.633	-2.220	-1.168	-0.353	0.297	0.772	0.45
0.65	1.752	0.134	-1.741	-3.948	-7.116	-4.484	-2.696	-1.416	-0.459	0.281	0.823	0.50
0.60	2.221	0.728	-1.003	-3.040	-5.477	-5.717	-3.408	-1.809	-0.652	0.215	0.865	0.55
0.55	2.585	1.216	-0.370	-2.238	-4.427	-7.194	-4.433	-2.401	-0.971	0.73	0.858	0.60
0.50	2.240	1.600	0.153	-0.544	-3.576	-6.50	-9.125	-3.256	-1.461	-0.180	0.762	0.65
0.45	2.983	1.863	0.565	-0.963	-2.791	-5.018	-7.785	-11.30	-2.177	-0.585	0.566	0.70
0.40	3.015	2.019	0.865	-0.493	-2.118	-4.097	-6.557	-9.682	-13.76	-1.188	0.234	0.75
0.35	2.936	2.064	1.005	-0.134	-1.555	-3.287	-5.440	-8.174	-11.74	-16.52	-0.277	0.80
0.30	2.750	2.063	1.138	-0.119	-1.100	-2.584	-4.429	-6.773	-9.828	-13.93	-19.64	$M_t \alpha$
α	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	$M_t \alpha$

جدول ۵-۳-ت - ضرایب لنگرهای شعاعی و مماسی برای شالوده‌های دایره‌ای (بار قائم)

شالوده گسترده دایره ای کامل

بار محوری

M_r و $M_t = \text{ضریب جدول} \times p a^2 \times 10^{-2}$



β	M_r		M_t		
	$f=0$	$f=\beta$	$f=\beta$	$f=1.0$	
.40	-15.500	-18.73	-17.03	-7.225	$f=0$ $M_r = M_t$
.45	-11.74	-15.73	-13.58	-6.322	
.50	-8.209	-13.13	-10.48	-5.312	
.55	-4.911	-10.87	-7.653	-4.197	
.60	-1.799	-8.886	-5.061	-2.975	
.65	1.166	-7.152	-2.663	-1.647	
.70	4.014	-5.633	-0.426	-0.213	
.75	6.768	-4.306	1.670	1.328	
.80	9.447	-3.153	3.647	2.975	
.85	12.07	-2.158	5.519	4.728	
.90	14.64	-1.307	7.299	6.587	
.95	17.18	-0.591	8.998	8.553	
.975	18.43	-0.281	9.820	9.576	

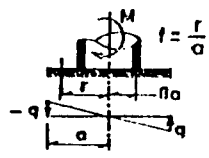
شماره صفحه ۲۰	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

جدول ۳-۶. ت - ضرایب لنگرهای شعاعی و مماسی برای شالوده دایره‌ای (لنگر)

شالوده گسترده دایره‌ای کامل

لنگر M

M_r و $M_t = \text{ضریب جدول} \times p a^2 \times 10^{-2}$



β	M_r	M_t		
	$f = \beta$	$f = \beta$	$f = 1.0$	
.40	-17.96	-8.184	-1.965	در $f = 0$ $M_r = M_t = 0$
.45	-14.55	-6.579	-1.801	
.50	-11.74	-5.242	-1.616	
.55	-9.387	-4.106	-1.413	
.60	-7.400	-3.127	-1.190	
.65	-5.715	-2.276	-0.947	
.70	-4.290	-1.531	-0.685	
.75	-3.093	-0.878	-0.404	
.80	-2.105	-0.307	-0.104	
.85	-1.310	0.191	0.217	
.90	-0.698	0.621	0.556	
.95	-0.263	0.988	0.915	
.975	-0.110	1.148	1.101	

شماره صفحه ۲۱	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی


شالوده گسترده حلقوی	
بار محوری	
$w_i = \frac{pa^4}{64D} [f^4 + Y_1 + Y_2 f^2 + Y_3 \cdot \ln f + Y_4 f^2 \cdot \ln f]$	
$w_e = \frac{pa^4}{64D} [f^4 + Y_5 + Y_6 f^2 + Y_7 \cdot \ln f + Y_8 f^2 \cdot \ln f]$	
$M_{ii} = \frac{pa^2}{64} [-12.6f^2 - 2.3Y_2 + \frac{0.85}{f^2} \cdot Y_3 - Y_4 (3.15 + 2.3 \ln f)]$	
$M_{ie} = \frac{pa^2}{64} [-12.6f^2 - 2.3Y_6 + \frac{0.85}{f^2} \cdot Y_7 - Y_8 (3.15 + 2.3 \ln f)]$	
$M_{ui} = \frac{pa^2}{64} [-5.8f^2 - 2.3Y_2 - \frac{0.85}{f^2} \cdot Y_3 - Y_4 (1.45 + 2.3 \ln f)]$	
$M_{ue} = \frac{pa^2}{64} [-5.8f^2 - 2.3Y_6 - \frac{0.85}{f^2} \cdot Y_7 - Y_8 (1.45 + 2.3 \ln f)]$	
$M_{ii} = 0$, $Q_i = 0$	
$Q_{ii} = \frac{pa}{2f} (\alpha^2 - f^2)$	
$Q_{ie} = \frac{pa}{2f} (1 - f^2)$	
$Y_1 = -\beta^4 + 8\alpha^2 \beta^2 \ln \beta - \beta^2 Y_2 - Y_3 \ln \beta$	
$Y_2 = -5.48\alpha^2 - 2.52 - 2.96 \beta^2 + 8\alpha^4 \ln \alpha / (\alpha^2 - 1)$	
$Y_3 = \alpha^2 [-6.82 - 8\beta^2 - 21.65 \ln \beta^2 + 21.65 \alpha^2 \ln \alpha / (\alpha^2 - 1)]$	
$Y_4 = -8\alpha^2$, $Y_8 = -8$	
$Y_5 = -\beta^4 + 8\beta^2 \ln \beta - \beta^2 Y_6 - Y_7 \ln \beta$	
$Y_6 = 5.48 - 2.52\alpha^2 - 2.96\beta^2 + 8\alpha^4 \ln \alpha / (\alpha^2 - 1)$	
$Y_7 = -6.82\alpha^2 - 8\beta^2 + 21.65 \alpha^4 \ln \alpha / (\alpha^2 - 1) - 21.65\alpha^4 \ln \beta$	

شالوده گسترده حلقوی	
لنگر M	
$W_i = \frac{qa^4}{192D} [r^5 + Y_1 r + Y_2 r^3 + \frac{1}{r} Y_3 + Y_4 r \ln r] \cos \theta$	
$W_e = \frac{qa^4}{192D} [r^5 + Y_5 r + Y_6 r^3 + \frac{1}{r} Y_7 + Y_8 r \ln r] \cos \theta$	
$M_{ri} = \frac{qa^2}{192} [-20.6r^3 - 6.3rY_2 - \frac{1.7}{r^3} Y_3 - \frac{1.15}{r} Y_4] \cos \theta$	
$M_{re} = \frac{qa^2}{192} [-20.6r^3 - 6.3rY_6 - \frac{1.7}{r^3} Y_7 - \frac{1.15}{r} Y_8] \cos \theta$	
$M_{ti} = \frac{qa^2}{192} [-7r^3 - 2.9rY_2 + \frac{1.7}{r^3} Y_3 - \frac{1.15}{r} Y_4] \cos \theta$	
$M_{te} = \frac{qa^2}{192} [-7r^3 - 2.9rY_6 + \frac{1.7}{r^3} Y_7 - \frac{1.15}{r} Y_8] \cos \theta$	
$M_{rti} = \frac{qa^2}{192} [-3.4r^3 - 1.7rY_2 + \frac{1.7}{r^3} Y_3 - \frac{0.85}{r} Y_4] \sin \theta$	
$M_{rte} = \frac{qa^2}{192} [-3.4r^3 - 1.7rY_6 + \frac{1.7}{r^3} Y_7 - \frac{0.85}{r} Y_8] \sin \theta$	
$Q_{ri} = \frac{qa}{192} [-72r^2 - 8Y_2 + \frac{2}{r^2} Y_4] \cos \theta$	
$Q_{re} = \frac{qa}{192} [-72r^2 - 8Y_6 + \frac{2}{r^2} Y_8] \cos \theta$	
$Q_{ti} = \frac{qa}{192} [24r^2 + 8Y_2 + \frac{2}{r^2} Y_4] \sin \theta$	
$Q_{te} = \frac{qa}{192} [24r^2 + 8Y_6 + \frac{2}{r^2} Y_8] \sin \theta$	
$Y_1 = -\beta^4 - \beta^2 Y_2 - (Y_3/\beta^2) - Y_4 \ln \beta$	
$Y_2 = -5.460[1 + \alpha^4 / (\alpha^2 + 1)] - 0.81\beta^2 + 3/\beta^2$	
$Y_3 = 3\beta^2 \alpha^4 - 11.12\alpha^4 / \beta^2 + 20.24\alpha^4 / (\alpha^2 + 1)$	
$Y_4 = 12\alpha^4$, $Y_8 = 12$	
$Y_5 = -\beta^4 - \beta^2 Y_6 - Y_7 / \beta^2 - Y_8 \ln \beta$	
$Y_6 = -5.46[1 + \alpha^4 (\alpha^2 + 1)] - 0.81\beta^2 + 3\alpha^4 / \beta^2$	
$Y_7 = 3\beta^2 - 11.12\alpha^4 \beta^2 + 20.24\alpha^4 (\alpha^2 + 1)$	

شماره صفحه ۲۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

شالوده گسترده دایره ای کامل	
بار محوری	
$w_i = \frac{pa^4}{64D} [f^4 + Y_1 + Y_2 f^2 + Y_3 \cdot \ln f + Y_4 f^2 \cdot \ln f]$	
$w_e = \frac{pa^4}{64D} [f^4 + Y_5 + Y_6 f^2 + Y_7 \cdot \ln f + Y_8 f^2 \cdot \ln f]$	
$M_{ri} = \frac{pa^2}{64} [-12.6f^2 - 2.3Y_2 + \frac{0.85}{f^2} \cdot Y_3 - Y_4 (3.15 + 2.3 \ln f)]$	
$M_{re} = \frac{pa^2}{64} [-12.6f^2 - 2.3Y_6 + \frac{0.85}{f^2} \cdot Y_7 - Y_8 (3.15 + 2.3 \ln f)]$	
$M_{ti} = \frac{pa^2}{64} [-5.8f^2 - 2.3Y_2 - \frac{0.85}{f^2} \cdot Y_3 - Y_4 (1.45 + 2.3 \ln f)]$	
$M_{te} = \frac{pa^2}{64} [-5.8f^2 - 2.3Y_6 - \frac{0.85}{f^2} \cdot Y_7 - Y_8 (1.45 + 2.3 \ln f)]$	
$Q_{ri} = -p \frac{a}{2} f$	
$Q_{re} = \frac{pa}{2f} (1 - f^2)$	
$Q_t = 0$	
$Y_1 = 1.96\beta^4 + 8\beta^2 \ln \beta + 2.52\beta^2$	
$Y_2 = -2.52 - 8 \ln \beta - 2.96\beta^2$	
$Y_3 = Y_4 = 0, \quad Y_7 = -8\beta^2, \quad Y_8 = -8$	
$Y_5 = 16\beta^2 \ln \beta - 5.48\beta^2 + 0.96\beta^4$	
$Y_6 = 5.48 - 2.96\beta^2$	

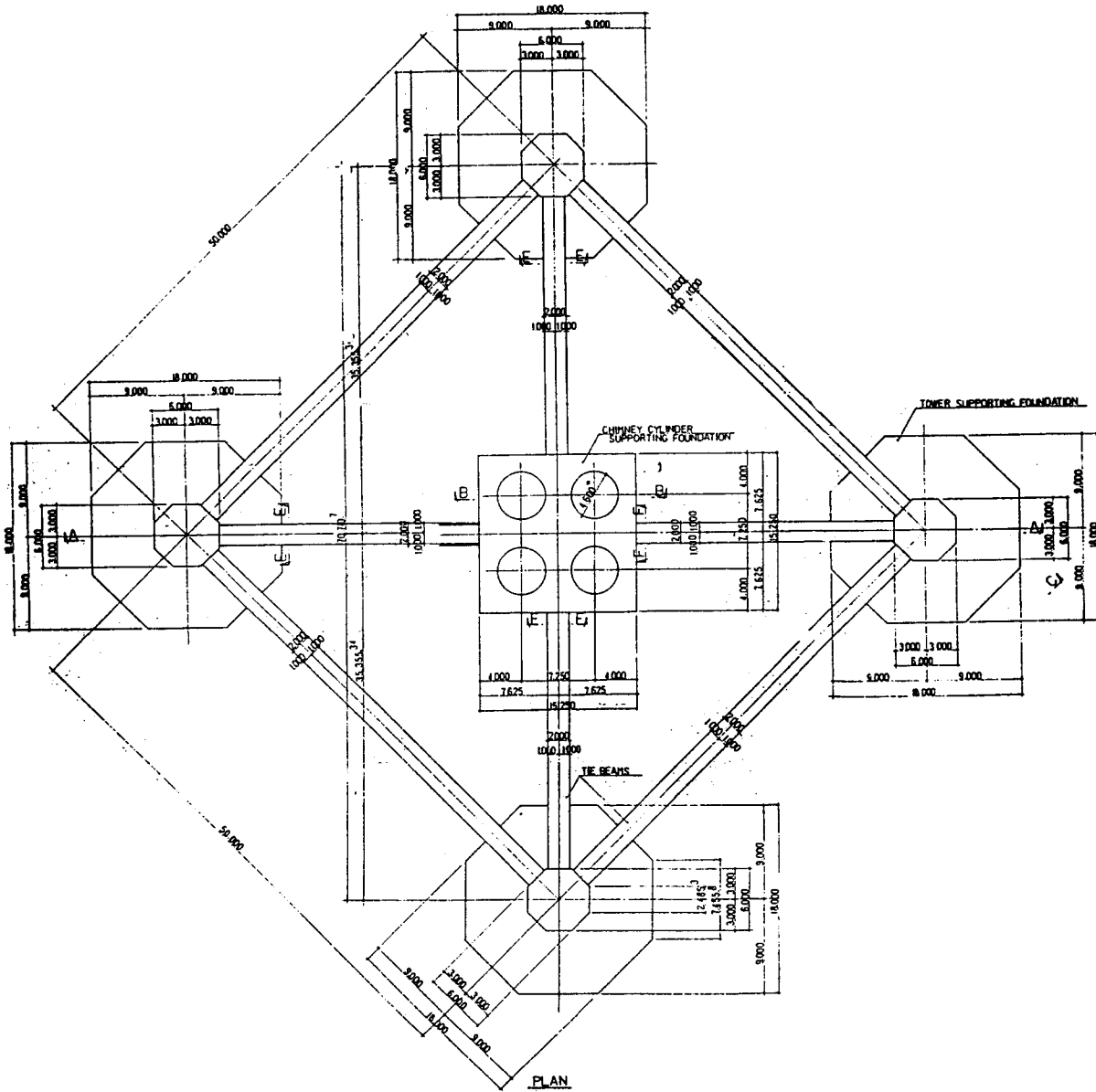
شماره صفحه ۲۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

شالوده گسترده دایره ای کامل	
لنگر M	
$W_i = \frac{qa^4}{192D} [f^5 + Y_1 f + Y_2 f^3 + \frac{1}{f} Y_3 + Y_4 f \ln f] \cos \theta$	
$W_e = \frac{qa^4}{192D} [f^5 + Y_5 f + Y_6 f^3 + \frac{1}{f} Y_7 + Y_8 f \ln f] \cos \theta$	
$M_{ri} = \frac{qa^2}{192} [-20.6f^3 - 6.3fY_2 - \frac{1.7}{f^3} Y_3 - \frac{1.15}{f} Y_4] \cos \theta$	
$M_{re} = \frac{qa^2}{192} [-20.6f^3 - 6.3fY_6 - \frac{1.7}{f^3} Y_7 - \frac{1.15}{f} Y_8] \cos \theta$	
$M_{ti} = \frac{qa^2}{192} [-7f^3 - 2.9fY_2 - \frac{1.7}{f^3} Y_3 - \frac{1.15}{f} Y_4] \cos \theta$	
$M_{te} = \frac{qa^2}{192} [-7f^3 - 2.9fY_6 + \frac{1.7}{f^3} Y_7 - \frac{1.15}{f} Y_8] \cos \theta$	
$M_{ri} = \frac{qa^2}{192} [-3.4f^3 - 1.7f \cdot Y_2 - \frac{1.7}{f^3} \cdot Y_3 - \frac{0.85}{f} \cdot Y_4] \sin \theta$	
$M_{re} = \frac{qa^2}{192} [-3.4f^3 - 1.7f \cdot Y_6 - \frac{1.7}{f^3} \cdot Y_7 - \frac{0.85}{f} \cdot Y_8] \sin \theta$	
$Q_{ri} = \frac{qa}{192} [-7_2 f^2 - 8Y_2 + \frac{2}{f^2} Y_4] \cos \theta$	
$Q_{re} = \frac{qa}{192} [-7_2 f^2 - 8Y_6 + \frac{2}{f^2} Y_8] \cos \theta$	
$Q_{ti} = \frac{qa}{192} [-24f^2 + 8Y_2 + \frac{2}{f^2} Y_4] \sin \theta$	
$Q_{te} = \frac{qa}{192} [-24f^2 + 8Y_6 + \frac{2}{f^2} Y_8] \sin \theta$	
$Y_1 = -0.19\beta^4 + 5.46\beta^2 - 3$	
$Y_2 = \frac{3}{\beta^2} - 5.46 - 0.81\beta^2$	
$Y_3 = Y_4 = 0 \quad , \quad Y_7 = 3\beta^2 \quad , \quad Y_8 = 12$	
$Y_5 = -0.19\beta^4 + 5.46\beta^2 - 3 - 12 \ln \beta$	
$Y_6 = -5.46 - 0.81 \beta^2$	

شماره صفحه ۲۵	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

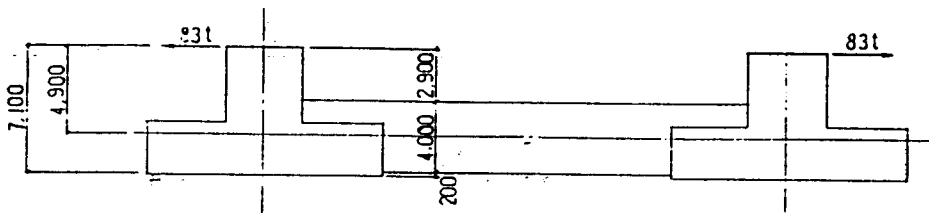
۳-۶-ت - آنالیز شناژها

شناژها مانند یک تیر تحت خمش، نیروی محوری و برش آنالیز و طراحی می گردند.

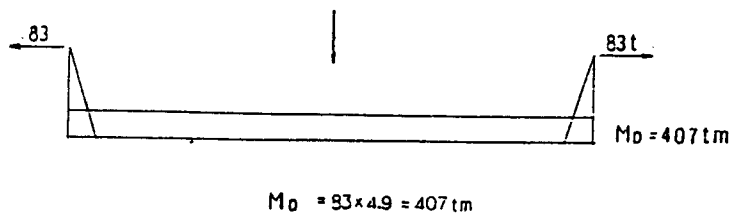


شکل ۳-۶-ت - نمای کلی از شناژها و شالوده‌ها در یک دودکش فلزی

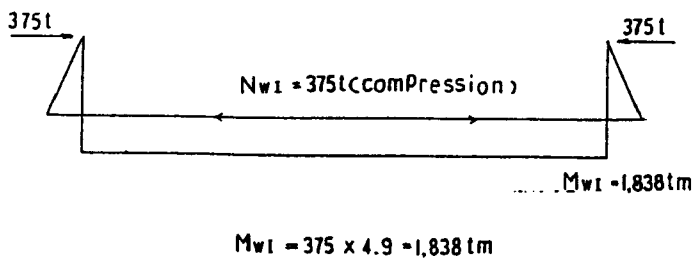
شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۲۶
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸



شکل ۳-۷-ت الف
وضعیت هندسی شالوده‌ها و شناژها



شکل ۳-۷-ت ب
نمودار لنگر در شناژ تحت بارهای ثقلی



شکل ۳-۷-ت پ
نمودار لنگر و نیروی محوری تحت بارهای ثقلی و باد

شماره صفحه ۲۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

فصل چهارم طراحی

۴-ت - بررسیهای آیین نامه ای انجام شده

در کلیه آیین نامه هایی که ویژه تحلیل و طراحی سازه دودکش می باشد، جهت طراحی شالوده دودکش به آیین نامه های عمومی طراحی سازه های بتن آرمه ارجاع داده شده است. لذا ضوابطی ویژه و خاص برای طراحی شالوده های دودکش موجود نمی باشد.

شماره صفحه ۲۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

فصل پنجم

کنترل پایداری و لغزش

۱-۵-ت - هسته مرکزی و منطقه محدود کننده

همانگونه که می دانیم برای اینکه در یک مقطع که تحت نیروی فشاری با یک خروج از مرکزیت است هیچگونه کششی ایجاد نشود باید خروج از مرکزیت محدود به هسته مرکزی گردد. این هسته مرکزی برای یک دایره $r_e = 0.25 r$ می باشد.

اگر در یک شالوده دایره ای خروج از مرکزیت به این مقدار محدود شود منجر به یک طراحی غیراقتصادی خواهد شد چراکه باید قطر شالوده به اندازه کافی بزرگ و در نتیجه لنگرها بسیار بزرگتر و هزینه آن بسیار افزایش خواهد یافت.

با محدود کردن $r'e = 0.59r$ قسمتی از شالوده به کشش می افتد اما این مقدار به نحوی محدود شده است که با در نظر گرفتن رابطه (۱-۵) و (۳-۵) ضریب اطمینان کافی در برابر واژگونی خواهیم داشت.^۱ به همین ترتیب نیز برای شالوده مربع مستطیل منطقه محدود کننده از یک لوزی (هسته مرکزی) به یک بیضی افزایش داده شده است.

(۱) استاندارد بارگذاری، تحلیل و طراحی فونداسیون دودکشاها

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۲۹
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

فصل ششم شمع

۶-ت - موارد کاربرد شمعها

از جمله موارد کاربرد شالوده‌های شمعی در حالت‌های زیر است :

- ۱- مناسب بودن خاک به جهت اینکه لایه خاک دارای قابلیت فشردگی زیاد هستند یا دارای طبیعت فرو ریزش هستند. یا در مواردی که با خاک قابل تورم روبرو هستیم.
- ۲- در مواردی که نیروهای جانبی وارد بر سازه بحدی زیاد باشد که نیروی کششی به سمت بالا پایداری سازه را تهدید می‌کند، در این حالت شمعها که قابلیت تحمل خمش و کشش را دارند بسیار کارساز هستند.

۶-۱-ت - ارتباط مقاومت اصطکاکی و انتهایی با نشست

یک شمع که تحت یک بار افزایش یابنده با نرخ یکنواخت قرارگیرد، ابتدا اصطکاک جلدی ظهور می‌یابد و ماکزیمم آن با نشست حدود $3/0$ الی 1 درصد قطر شمع ایجاد می‌گردد. ولی ماکزیمم مقاومت اتکایی با نشست حدود 10 الی 20 درصد قطر شمع در آن ایجاد می‌شود. مقاومت نهایی شمع لحظه‌ای است که در آن بدون افزایش نیروی فشاری، شمع به سمت پایین فرو می‌رود.

۶-۱-۱-ت - ضریب اطمینان

تجربه تعداد بسیار زیاد آزمایشات روی انواع شمعها تا قطر 60cm و انواع گوناگون آنها هم در رس‌ها و هم در ماسه‌ها نشان داده است که اگر یک ضریب اطمینان $2/5$ اعمال گردد، آنگاه نشست در نقطه بار مجاز غیر محتمل است که از یک سانتیمتر تجاوز کند.

شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۴	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۳۰
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

۴-۶- ت - ظرفیت باربری گروه شمعها

ظرفیت باربری گروه شمعهایی که به طور قائم بارگذاری شده‌اند در بسیاری مواقع به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از ظرفیت باربری به طور مجزای شمعها می باشد و تقریباً در همه موارد نشست الاستیک و تحکیمی گروه شمعها بزرگتر از شمعهای تکی است که همان بار را می‌برند. علت این مسئله منطقه تحت فشاری است که در مورد گروه شمعها ابعاد وسیعتری در پهنا و عمق نسبت به شمع منفرد دارد. به عبارت دیگر حباب تنش در گروه شمعها بسیار بزرگتر از یک شمع تکی است. لذا باید اولاً "توجه کافی به وضعیت لایه‌های زیرین انتهایی شمع و ظرفیت باربری گروه شمع گردد.

ثانیاً "شمعها باید به اندازه کافی از یکدیگر فاصله داشته باشند تا اثر منفی‌ای که بر ظرفیت باربری یکدیگر می‌گذارند به حداقل برسد.

۵-۶- ت - آنالیز تقریبی کلاهک شمع^۱

برای انتقال بار سازه بر خاک، شمعها در اغلب اوقات بصورت گروه بکار گرفته می‌شوند. در بالای گروه شمع، یک کلاهک شمع یکپارچه احداث می‌شود. کلاهک شمع یک دال بتن مسلح با ضخامت نسبتاً زیاد است که بار وارد از رو سازه را بین شمعها تقسیم می‌کند.

۵-۶- ۱- ت - روش تقریبی آنالیز کلاهک دایره‌ای شمعها

شمعها معمولاً در دوابری متحدالمركز جا داده می‌شود کلاهک شمع نیروی محوری و لنگر وارد از سازه را به صورت زیر بین شمعها تقسیم می‌کند.

$$\text{بار وارد بر شمع} = \frac{W}{N} + \frac{Mr \cos\theta}{I} \quad (۴-۱-۱ ت)$$

W : نیروی محوری کل (kN)

1) Pile Cap

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۳۱
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

N : تعداد شمع‌ها

M : لنگر (kN.m)

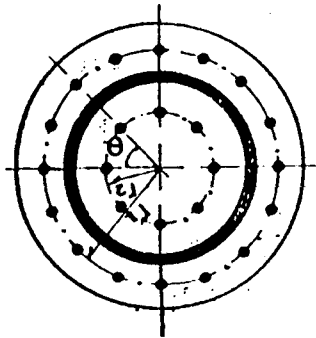
r : شعاع حلقه شمع (m)

θ : زاویه نسبت به محور x ها

I : ممان اینرسی مجموعه شمع‌ها (m²)

$$I = \sum (r \cos \theta)^2 \quad (۲-۶-ت)$$

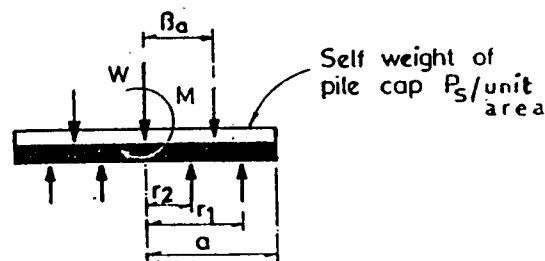
وزن خود کلاهک شمع و خاکریز روی آن بصورت یک بار گسترده یکنواخت در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۱-۶-ت - آرایش گروه شمعها در زیر یک کلاهک شمع

بار وارده از دودکش روی شمعها که به صورت تکیه‌گاههای ساده زیر کلاهک شمع فرض می‌شود، عکس‌العملهای تکیه‌گاهی متمرکز ایجاد می‌نماید.

در شکل یک کلاهک شمع تحت تاثیر لنگر و نیروی محوری نشان داده شده است.



شکل ۲-۶-ت - بارهای خارجی و عکس‌العمل شمعها در زیر یک کلاهک شمع

شماره صفحه ۳۲	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

سپس دو حالت بارگذاری مختلف فرض می شود :

I - حالت بارگذاری حداکثر

در حالت بارگذاری حداکثر P_1 تا P_4 روابط (۳-۶) که در زاویه θ واقع شده اند را در نظر می گیریم. سپس فرض می شود همه شمع های واقع بر یک حلقه، حداکثر بار بوجود آمده در آن حلقه را می برند. بعنوان مثال همه شمعهای واقع بر حلقه r_2 بار P_2 و همه شمعهای واقع بر حلقه r_1 بار P_1 را می برند. سپس فرض می شود کل بارهای یک حلقه بصورت بار بر واحد طول بر کلاهک شمع اعمال می شود شدت این بار برابر است با :

$$\bar{P}_1: \text{ بار حلقوی (kN/m)}$$

$$\bar{P}_1 = \frac{\sum P_1}{2\pi r_1} \quad (ت-۳-۶)$$

$$\bar{P}_2 = \frac{\sum P_2}{2\pi r_2}$$

$$\bar{P}_2: \text{ بار قائم حلقوی (kN/m)}$$

این بارها با بار R_1 که از پوسته منتقل می شود و از روابط استاتیک بدست می آید در تعادل قرار می گیرد.

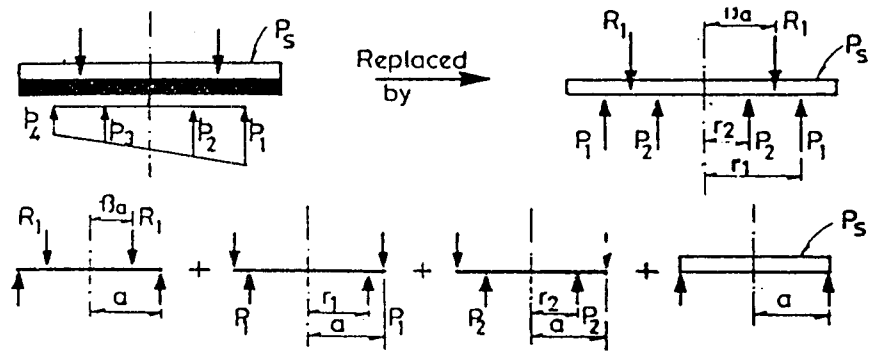
$$R_1 = \frac{1}{\beta a} \left[(P_1 r_1 + P_2 r_2) - P_s \frac{a^2}{2} \right] \quad (ت-۴-۶)$$

P_s : بار گسترده ناشی از وزن کلاهک شمع (kN/m^2)

حال با استفاده از اصل برهم نهش برای آنالیز شالوده شمعی، بارگذاری در نظر گرفته شده به چهار حالت

تفکیک می گردد :

شماره صفحه ۳۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



شکل ۳-۶-ت - آنالیز کلاهک شمع تحت بارگذاری حداکثر

با استفاده از تئوری پوسته‌ها و ورق‌ها، معادلات خیز و لنگر حالت بارگذاری گسترده بدست می‌آید که روابط مربوطه در جدول (۱-۶-ت) و نتایج آن برای لنگرهای شعاعی و مماسی در جدول (۲-۶-ت) آمده است. [8]

همچنین برای بارگذاری قائم حلقوی معادلات خیز و لنگر در جدول (۳-۶-ت) آمده است ثابت‌های Y_1 تا Y_6 از شرایط مرزی زیر بدست می‌آیند:

$$M_{re}=0 \quad W_e=0 \quad : \quad r=a$$

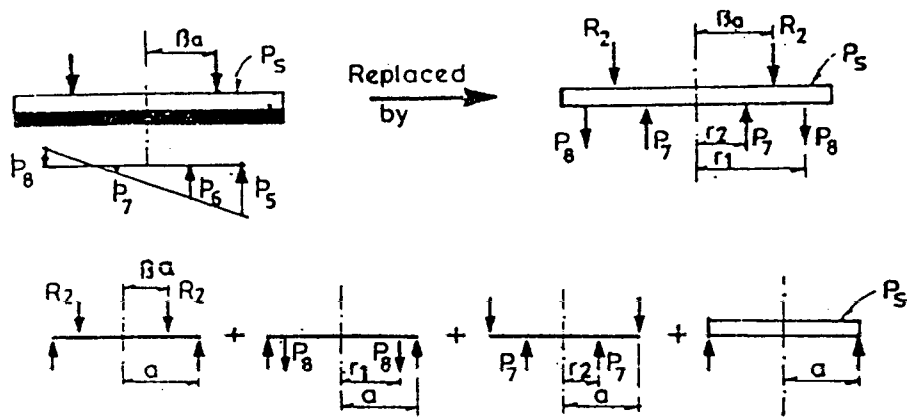
$$Q_{re}-Q_{ri}=p \quad , \quad M_{ri} = M_{re} = 0 \quad , \quad W_i = W_e = 0 \quad : \quad r=\beta a$$

نتایج این لنگرها در جدول (۴-۶-ت) و همچنین در نمودارهای (۵-۶-ت) و (۶-۶-ت) رسم شده‌اند. بدیهی است لنگرهای نهایی طراحی کلاهک شمع جمع جبری لنگرهای بدست آمده از چهار حالت بالا می‌باشد (تعاریف W و M_r و Q_r و اندیس i و e بند ۱-۵-۳-ت و ۵-۵-۳-ت بیان شده است).

II- حالت بارگذاری حداقل

در حالت بارگذاری حداقل بارهای P_5 تا P_8 که در زاویه θ واقع شده‌اند را در نظر می‌گیریم. سپس فرض می‌شود همه شمع‌های واقع بر یک حلقه حداقل بار بوجود آمده در آن حلقه را می‌برد بعنوان مثال همه شمعهای واقع بر حلقه r_2 بار P_7 و همه شمعهای واقع بر حلقه r_1 بار P_8 را می‌برند.

شماره صفحه ۳۴	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



شکل ۴-۶-ت - آنالیز کلاهک شمع تحت بارگذاری حداقل

ابتدا بار قائم حلقوی معادل بدست می آید :

$$\bar{P}_7 = \frac{\Sigma P_7}{2\pi r_1} \quad , \quad \bar{P}_8 = \frac{\Sigma P_8}{2\pi r_2} \quad (ت-۵-۶)$$

R_2 از معادلات استاتیک بدست می آید :

$$R_2 = \frac{1}{\beta a} \left[(P_1 r_1 + P_2 r_2) - P_s \frac{a^2}{2} \right] \quad (ت-۶-۶)$$

بقیه مراحل همان است که در حالت بار ماکزیمم گفته شد.

همانند شالوده‌های گسترده، ضخامت کلاهک معمولاً با کنترل برش تعیین می‌گردد. در این ارتباط هر دو

برش سوراخ کننده (برش دو طرفه) و برش تیری (برش یکطرفه) می‌باید کنترل گردد.


مقاطع بحرانی برش همانهایی هستند که در بخش شالوده‌های گسترده توضیح داده شد. تنها اختلاف در این

است که برش کلاهک بجای فشار تماسی یکنواخت ناشی از واکنشهای متمرکز شمعها می‌باشد.

لازم بذکر است که کلاهک شمع باید به اندازه کافی صلب در نظر گرفته شود.

شماره صفحه ۳۵	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

جدول ۱-۶-ت - معادلات خیز، لنگر و برش برای کلاهک شمع گسترده دایره‌ای (بار یکنواخت)

<p>کلاهک شمع گسترده دایره‌ای</p> <hr/> <p>بار یکنواخت</p>	
$w_i = \frac{pa^4}{64D} (f^4 + Y_1 + Y_2 f^2)$ $w_e = \frac{pa^2}{64} [Y_3 + Y_4 \cdot f^2 + Y_5 \ln f + Y_6 \ln f]$ $M_{ri} = \frac{12.6pa^2}{64} (f^2 - 1)$ $M_{re} = \frac{pa^2}{64} [2.3Y_4 - \frac{0.85}{f^2} Y_5 + Y_6 (3.15 + 2.3 \ln f)]$ $M_{ti} = \frac{pa^2}{64} (5.8f^2 - 12.6)$ $M_{te} = \frac{pa^2}{64} [2.3Y_4 + \frac{0.85}{f^2} Y_5 + Y_6 (1.45 + 2.3 \ln f)]$ $Q_{ri} = \frac{pa}{2} (f) , \quad Q_{re} = \frac{pa}{2f} (\beta^2)$ $Y_1 = 4.48$ $Y_2 = -5.48$ $Y_3 = \beta^2 (10.96 - 1.48\beta^2)$ $Y_4 = \beta^2 (10.96 - 1.48\beta^2)$ $Y_5 = 4\beta^4$ $Y_6 = 8\beta^2$	
<p>توجه: اندیس i برای $f < \beta$ و اندیس e برای $f > \beta$ می باشد.</p>	

شماره صفحه ۳۶	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

جدول ۲-۶-ت - مقادیر لنگرهای شعاعی و مماسی برای کلاهک شمع گسترده دایره‌ای (بار یکنواخت)

کلاهک شمع گسترده دایره‌ای					
بار یکنواخت					
M_T و $M_t = 10^{-2} \times p a^2 \times$ ضریب جدول					
β	M_T		M_t		در $f=0$ $M_t = M_T$
	$f=0$	$f=\beta$	$f=\beta$	$f=1.0$	
.40		-16.54	-18.24		
.45		-15.70	-17.85		
.50	در $f=0$	-14.77	-17.42	در $f=1$	
.55	= ضریب	-13.73	-16.94	= ضریب	
.60	-9.69	-12.60	-16.43	-10.63	
.65		-11.37	15.86		
.70		-10.04	-15.25		
.75		-8.61	-14.59		
.80		-7.09	-13.89		
.85		-5.46	-13.14		
.90		-3.74	-12.35		
.95		-1.92	-11.51		
.975		-0.97	-11.07		



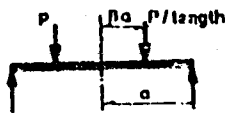
شماره صفحه ۳۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

جدول ۶-۳-ت - معادلات خیز، لنگر و برش برای کلاهک شمع گسترده دایره‌ای (بار قائم حلقوی)

<p>شالوده گسترده دایره‌ای</p> <hr/> <p>بار قائم حلقوی</p>	
$w_i = \frac{pa^4}{4D} [Y_1 + Y_2 f^2]$ $w_e = \frac{pa^3}{4d} [Y_3 + Y_4 f^2 + Y_5 \ln f + Y_6 f^2 \ln f]$ $M_{ri} = M_{ti} = -\frac{pa}{4} (2.3Y_2)$ $M_{re} = \frac{pa}{4} [-2.3Y_4 + \frac{0.85}{f^2} Y_5 - Y_6 (3.15 + 2.3 \ln f)]$ $M_{te} = \frac{-pa}{4} [2.3Y_4 + \frac{0.85}{f^2} Y_5 + Y_6 (1.45 + 2.3 \ln f)]$ $Q_{ri} = 0$ $Q_{re} = \frac{p}{f} \cdot \beta$ $Y_1 = \beta \cdot (-\beta^2 \ln \beta + 1.37\beta^2 - 1.37)$ $Y_2 = 0.37\beta - \beta \ln \beta - 0.37\beta^3$ $Y_3 = 1.37\beta + 0.37\beta^3$ $Y_4 = 1.37\beta - 0.37\beta^3$ $Y_5 = -\beta^3$ $Y_6 = -\beta$	

شماره صفحه ۳۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

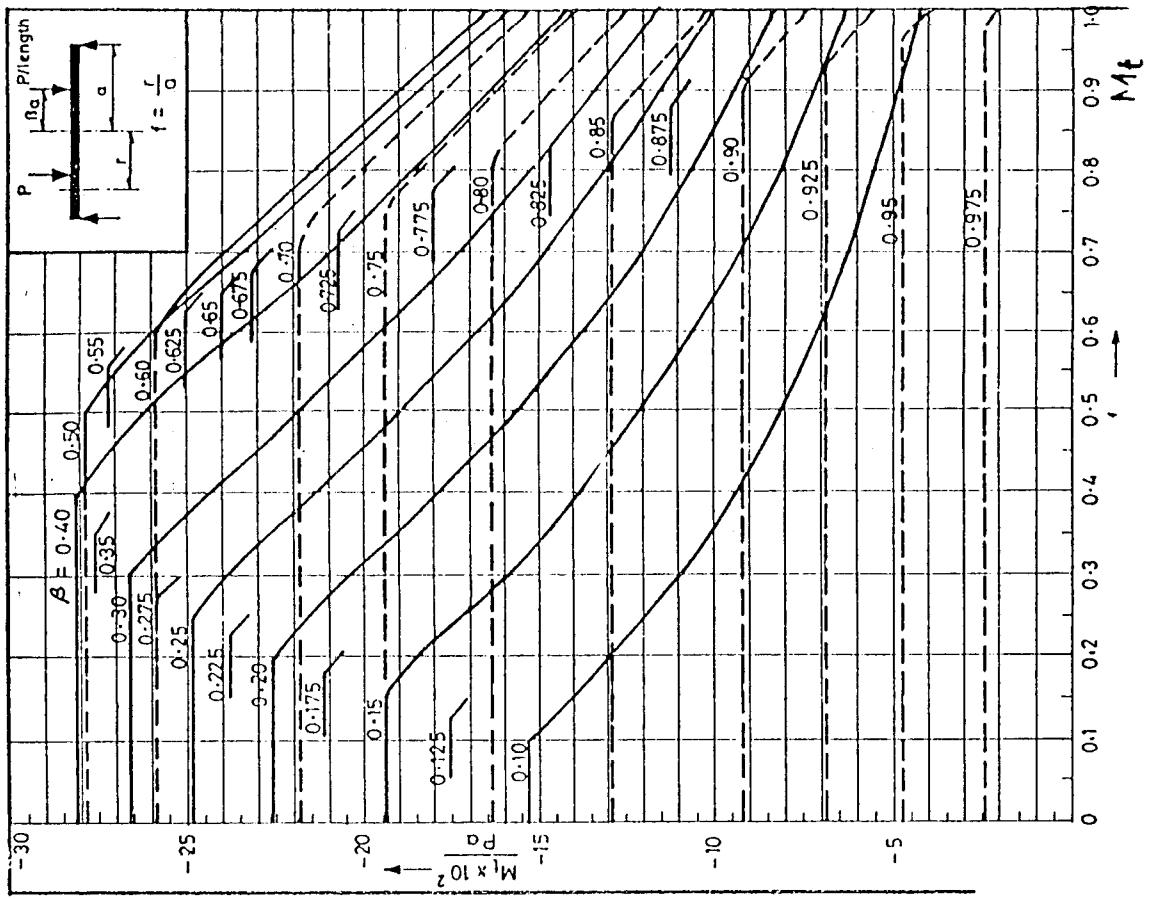
جدول ۴-۶ ت - مقادیر لنگرهای شعاعی و مماسی برای کلاهک شمع گسترده دایره‌ای (بار قائم حلقوی)

کلاهک شمع		
بار قائم حلقوی		
M_r و $M_t =$ جدول ضرب $\times p a^2 \times 10^{-2}$		
β	M_r	M_t
	$f=0 \text{ \& } f=\beta$	$f=1.0$
0.40	-28.22	-14.28
0.45	-28.29	-15.25
0.50	-27.90	-15.94
0.55	-27.06	-16.30
0.60	-25.78	-16.32
0.065	-24.08	-15.95
0.70	-21.94	-15.17
0.75	-19.38	-13.95
0.80	-16.38	-12.24
0.85	-12.96	-10.02
0.90	-9.08	-7.268
0.95	-4.773	-3.939
0.975	-2.444	-2.047

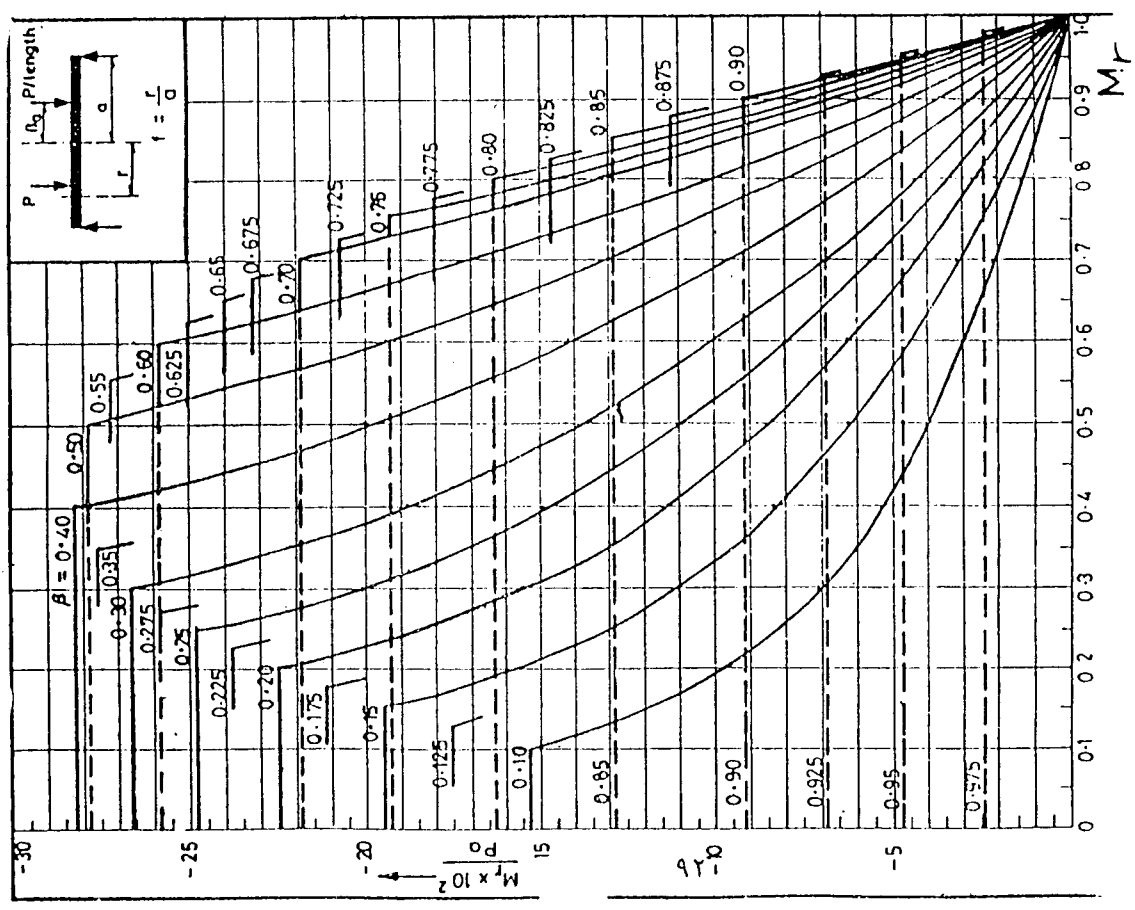
$f=0$ در
 $M_t = M_r$

شماره صفحه ۳۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

نمودار ۵-۶ ت - نمودار مقادیر لنگرهای مماسی برای کلاهک شمع گسترده دایره‌ای (بار قائم حلقوی)



نمودار ۶-۶ ت - نمودار مقادیر لنگرهای شعاعی برای کلاهک شمع گسترده دایره‌ای (بار قائم حلقوی)



فصل هفتم

ضوابط اجرایی

۱-۷- ت- کوبیدن شمع

اکثر شمعها بوسیله شمعکوب ضربه‌ای^۱ و یا شمعکوب ارتعاشی^۲ در زمین کوبیده می‌شوند. در بعضی حالات خاص شمعکوبی بوسیله جت آب و یا حفاری ناقص انجام می‌شود. شمعکوبهای ضربه‌ای در انواع مختلف وجود دارند که عبارتند از: الف) شمعکوب با وزنه سقوطی^۳، ب) شمعکوب بخار یا هوای فشرده با عمل یکطرفه^۴، پ) شمعکوب بخار یا هوای فشرده با عمل دو طرفه^۵، ت) شمعکوب دیزل. در حین عمل کوبیدن، یک کلاهک در بالای شمع قرار داده می‌شود. بین کلاهک و شمع نیز ممکن است یک بالشتک قرار داده شود. عمل این بالشتک، کاهش اثر ضربه نیرو می‌باشد. قرار دادن این بالشتک اختیاری است. بالشتک دومی نیز در بالای کلاهک در محل برخورد چکش قرار داده می‌شود. بطوری که چکش مستقیماً به کلاهک برخورد ننماید.

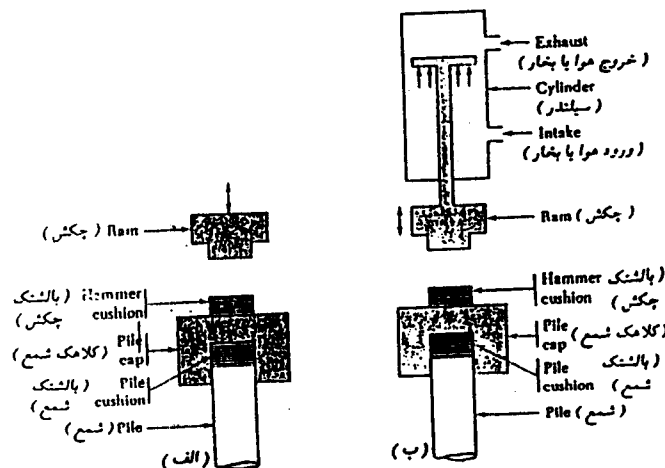
در شکل ۱-۷- ت انواع چکشهای مورد استفاده در شمعکوبها نشان داده شده است. در شمعکوب سقوط آزاد (شکل الف از ۱-۷- ت)، چکش بوسیله یک کابل بالا کشیده شده و از ارتفاع H رها می‌شود. این وسیله قدیمترین وسیله شمعکوبی است. عیب اصلی این شمعکوب سرعت کم رانش شمع به داخل زمین است. در این نوع شمعکوب، چکش به وسیله هوای فشرده یا بخار به سمت بالا برده شده و از آنجا به صورت ثقلی سقوط می‌کند. در (شکل پ از ۱-۷- ت) عملکرد شمعکوب بخاری با هوای فشرده با عمل دو طرفه نشان داده شده است. در این نوع شمعکوب چکش بوسیله بخار یا هوای فشرده بالا برده و سپس تحت فشار هوا یا بخاری به

- 1) Hammer Driver
- 2) Vibrator Driver
- 3) Drop Hammer
- 4) Single Acting
- 5) Double Acting

شماره استاندارد ۶۲۰۲۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۴۱
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

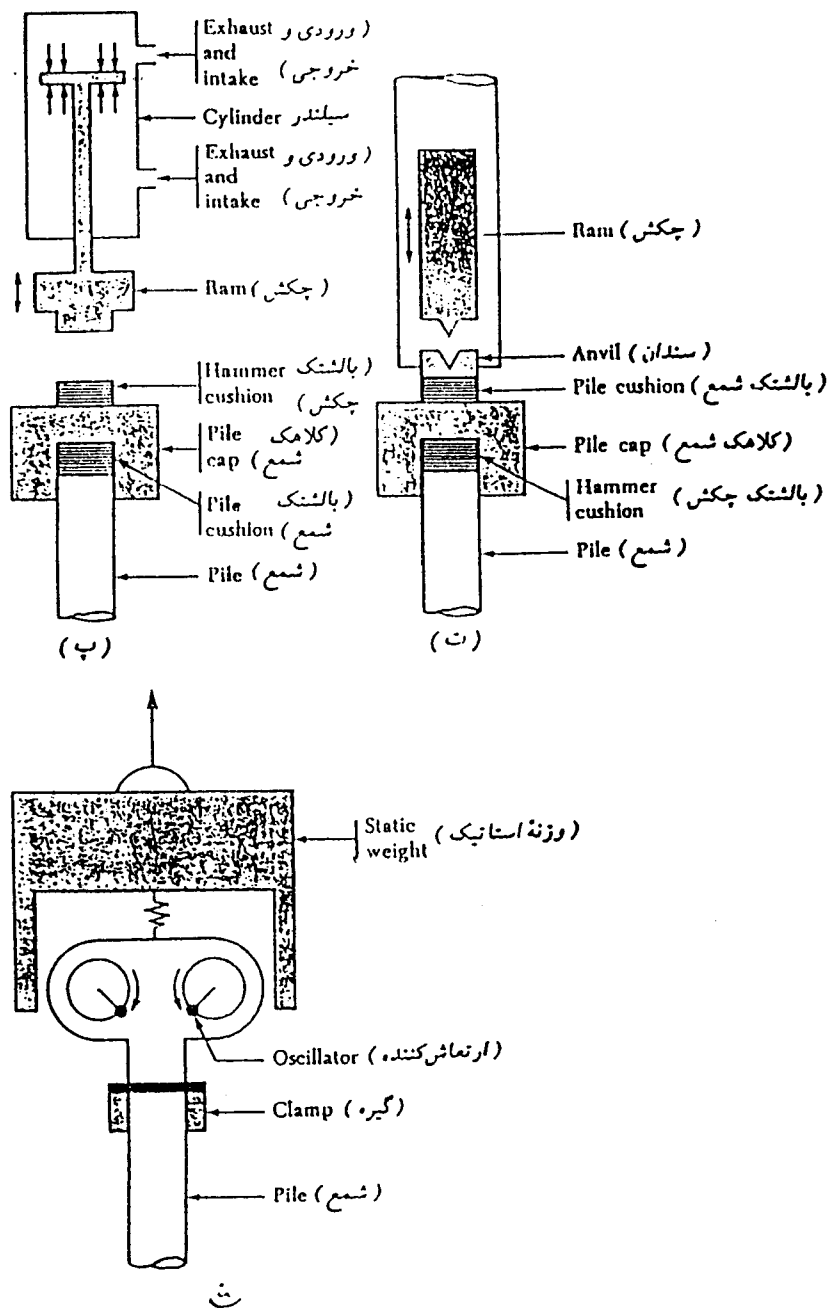
طرف پایین رانده می شود. این مسئله باعث افزایش سرعت برخورد می شود. جزییات شمعیکوب دیزل در (شکل ت از ۱-۷-ت) نشان داده شده است. این شمعیکوب اساساً متشکل از یک چکش و یک بلوک سندان و یک سیستم تزریق سوخت می باشد. سپس چکش رها می شود. وقتی که چکش سقوط می کند، مخلوط هوا و سوخت را متراکم می کند. بواسطه این عمل، مخلوط هوا و سوخت منفجر می شود. این انفجار شمع را به سمت پایین فشار داده و چکش را به سمت بالا می راند. شمعیکوب دیزل در کوبیدن شمع به لایه های متراکم به خوبی عمل می کند. در خاکهای نرم، رانش شمع به داخل زمین نسبتاً بزرگ بوده و حرکت رو به بالای چکش کوچک است. این حرکت کوچک ممکن است برای انفجار مخلوط هوا - سوخت کافی نباشد و لازم شود که چکش را با دست بالا ببریم. در (شکل ت از ۱-۷-ت) اصول کار شمعیکوب ارتعاشی نشان داده شده است. این شمعیکوب متشکل از دو وزنه دورانی می باشد. این دو وزنه خلاف یکدیگر دوران کرده و در نتیجه مولفه افقی نیروی گریز از مرکز خود را خنثی می کنند. بنابراین، برآیند حرکت این دو وزنه دوران کننده یک ارتعاش سینوسی در امتداد قائم خواهد بود که باعث رانش شمع به درون خاک می شود.

جت آب تکنیکی است که گاهی مواقع برای کوبیدن شمع در لایه های سخت کم ضخامت (مثل ماسه و شن متراکم) که بر روی لایه نرم قرار دارد، استفاده می شود. در این تکنیک آب بوسیله یک لوله ۵۰ تا ۷۵ میلیمتر با سرعت زیاد به نوک شمع تزریق می شود. آب در هنگام خروج از نوک شمع باعث شل کردن خاک جلوی خود می شود.



شمعیکوبها. (الف) شمعیکوب با وزنه سقوطی، (ب) شمعیکوب هوای فشرده یا بخاری با عمل یکطرفه
شکل ۱-۷-ت

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۴۲
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸



(ب) شمعکوب هوای فشرده یا بخاری با عمل دو طرفه، (ت) شمعکوب دیزل، (ث) شمعکوب ارتعاشی
ادامه شکل ۱-۷-ت

شماره صفحه ۴۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

شمعها گاهی مزیع تحت زاویه‌ای نسبت به امتداد قائم کوبیده می‌شوند. معمول‌ترین زوایا ۱۴ تا ۲۰ درجه هستند. به این شمعها، شمعهای مایل می‌گویند. شمعهای مایل در گروه شمعها، وقتی که نیروی جانبی قابل توجه باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. شمعها را می‌توان بوسیله حفاری ناقص کوبید. در این حالت با استفاده از فنرهای مارپیچ قوی سوراخی کوچکتر از قطر و طول شمع در زمین ایجاد شده و سپس شمع در سوراخ رانده شده و تا عمق لازم کوبیده می‌شود.

بر حسب طبیعت فرارگیری، شمعها به دو گروه شمعهای جابجایی و بدون جابجایی تقسیم می‌شوند. شمعهای کوبیده شده، شمعهای جابجایی هستند. زیرا باعث رانش جانبی خاک اطراف و در نتیجه تراکم آن می‌شوند. شمعهای بتنی و شمعهای فولادی لوله‌ای با انتهای بسته، بعلت حجم قابل توجه در رده شمعهای با جابجایی زیاد قرار دارند. لیکن شمعهای فولادی H بعلت حجم کم، باعث جابجایی کم خاک اطراف می‌شوند و به همین جهت به آنها شمعهای با جابجایی کوچک گفته می‌شود. شمعهایی که بصورت درجا با حفاری خاک اجرای می‌شوند، در رده شمعهای بدون جابجایی قرار دارند. زیرا اجرای این شمعها تغییرات کمی در حالت تنش خاک اطراف شمع ایجاد می‌کند.

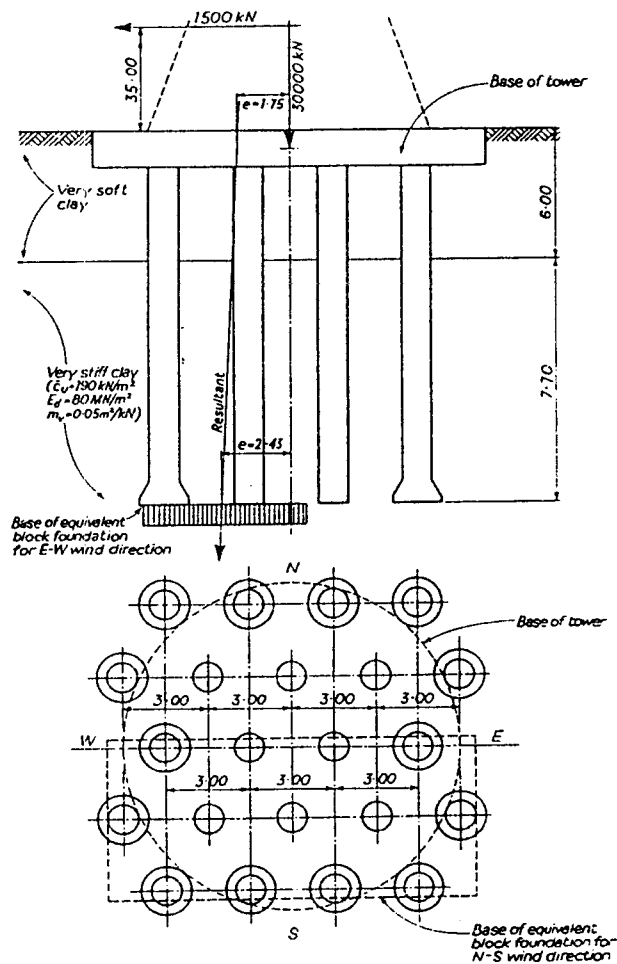
شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۴۴
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

پیوست الف - حل دو مثال

شماره صفحه ۴۵	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

مثال ۱: طراحی یک شالوده شمعی^۱

قرار است یک برج روی یک سایت که در آن لایه‌ای به ضخامت 6m از رس خیلی نرم روی یک لایه رس خیلی سخت با مقاومت زهکشی نشده $c_u=190\text{kN/m}^2$ ساخته شود. برج و شالوده آن وزنی در حدود 30,000kN دارند. برج تحت تاثیر یک بار باد افقی ماکزیمم 1500kN قرار دارد. مرکز ثقل این بار از سطح زمین 35m فاصله دارد. قطر برج در پایین 12m است. شالوده مناسب برای این برج طراحی کنید.



شکل ض - ۱

(۱) مرجع [V]

شماره صفحه ۴۶	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

حل:

بعلت وجود رس خیلی نرم، شالوده شمعی ضروری است، همچنین بعلت بارهای زیاد استفاده از شمعیهای با قطر زیاد و درجا الزامی است.

$$e = \frac{1500 \times 35}{35,000} = 1.75 \text{ m} \quad \text{نیروی افقی ایجاد خروج از مرکزیتی برابر ۱/۷۵ متر می کند:}$$

حال با در نظر گرفتن بادی از جهت شرقی - غربی ماکزیمم بار وارد بر شمعیها را بدست می آوریم:

$$P = \frac{W}{n} + \frac{M \times x_i}{\sum_{i=1}^M x_i^2} = \frac{30,000}{22} + \frac{15000 \times 35 \times 6}{(4 \times 6^2) + (6 \times 4.5^2) + (4 \times 3^2) + (6 \times 1.5^2)}$$

بنابراین هیچیک از شمعیها به کشش نمی افتند.

$$P = 1364 \pm 1000 \quad \text{KN}$$

اگر جهت شمالی - جنوبی را کنترل کنیم داریم:

$$P = \frac{30,000}{22} \pm \frac{1500 \times 1.75 \times 5.20}{(8 \times 5.2^2) + (10 \times 2.6^2)} = 1364 \pm 962 \quad \text{KN}$$

که مشخص می شود همان جهت شرقی - غربی بحرانی تر است.

اگر قطر شمعیها را 1m در نظر بگیریم تنش وارده به شمع برابر است با:

$$V = \frac{P}{A} = \frac{2364}{\pi \times 1^2 \times 0.25} = 3 \quad \text{N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

برای شمعیهای پیرامونی که تحت تاثیر بیشترین فشار هستند، پدستال به قطر 1.8m در نظر می گیریم.

مقاومت نوک مطابق جدول (۱-۶) برابر است با:

$$Q_p = 9c_u A_p = 9 \times 190 \times \pi \times 1.8^2 \times 0.25 = 4351 \quad \text{kN}$$

با در نظر گرفتن ضریب کلی ۲ برای مقاومت نوک و اصطکاکی، سهم نیروی اصطکاکی باید برابر باشد با:

$$2 \times 2364 - 4351 = 377 \quad \text{kN}$$

شماره صفحه ۴۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

با استفاده از روش α (تعیین مقاومت اصطکاکی شمعها در خاکهای رسی جدول ۱-۶ و اشکال ۳-۶ و ۴-۶)^۱

$$Q_s = 0.3 \times 190 \times \pi \times 1 \times L$$

$$Q_s = 377 \Rightarrow L = 2.1 \text{ m}$$

حال با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۳ برای مقاومت نوک و ۱ برای مقاومت اصطکاکی داریم:

$$\frac{1}{3} \times 4351 + 377 = 1827 \quad \text{که کافی نیست.}$$

پس $L = 4.9 \text{ m}$ در نظر می‌گیریم. (جدول ۲-۶)^۲

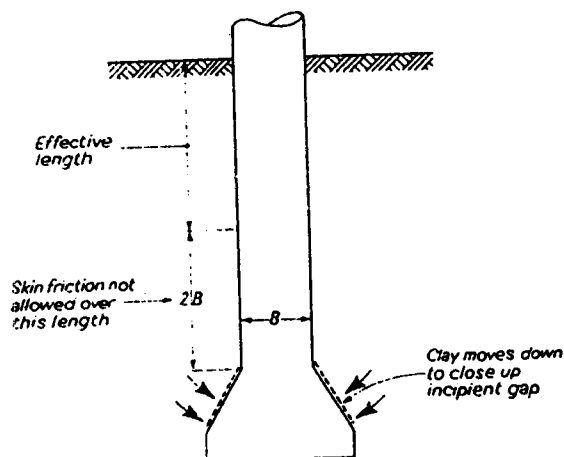
$$Q_s = 0.3 \times 190 \times \pi \times 1 \times 4.9 = 877$$

ضریب α از شکل ۴-۶ بدست آمده است.

طول کلی شمع با در نظر گرفتن اینکه به اندازه دو برابر قطر شمع بالای پدستال در مقاومت اصطکاکی در نظر

گرفته نمی‌شود برابر است با:

$$L = 6 \text{ (لایه رس نرم)} + 1.9 + 2 \times 1 \text{ (قطر)} + 0.8 = 13.7 \text{ m}$$



شکل ض - ۲ - طول شمع برای محاسبه اصطکاک جلدی روی بدنه یک شمع دارای پدستال

(۱) صفحه ۲۲ از جلد ۶۲-۲۰۲

(۲) صفحه ۲۰ از جلد ۶۲-۲۰۲

شماره صفحه ۴۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

مثال ۲: طراحی یک شمع در برابر بار جانبی^۱

یک شمع H از نیمرخ Hp250×0.834 به طول ۲۵ متر که به طور کامل در یک خاک ماسه‌ای مدفون است در نظر بگیرید.

تغییر مکان مجاز بالای شمع ۸ میلیمتر می‌باشد. مطلوب است تعیین بار جانبی مجاز H. مقدار لنگر

$$\text{خارجی } M_t=0 \text{ است و } n_h = 1200 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

حل:

با استفاده از جدول ضمیمه مشخصات شمع HP 250×0.834 به شرح زیر است:

$$I_p = 123 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$E_p = 207 \times 10^6 \text{ KN m}^2$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p I_p}{n_h}} = \sqrt[5]{\frac{(207 \times 10^6)(123 \times 10^{-6})}{12,000}} = 1.16 \text{ m} \quad (۱۲-۶)$$

$$= \frac{L}{T} = \frac{25 \text{ m}}{1.16} = 21.55 > 5$$

با استفاده از روابط (۱۴-۶) و با توجه به اینکه $M_t = 0$

$$y_A = \frac{A_y H T^3}{E_p I_p}$$

برای $z=0$ ، محدودیت $y_A = 8 \text{ mm} = 0.008 \text{ m}$ وجود دارد از طرفی مطابق منحنی (a) از شکل ۹-۶

$A_y = 2.4$ بدست می‌آید.

$$H = \frac{y_A E_p I_p}{A_y T^3} = \frac{0.008 \times 207 \times 10^6 \times 123 \times 10^{-6}}{2.4 \times 1.16^3} = 53.6 \text{ kN} \quad (۱۴-۶)$$

مقدار $H = 53.6 \text{ kN}$ که بر پایه محدود کردن تغییر شکل جانبی بالای شمع بدست آمده است لازم است

که بر پایه ظرفیت خمشی شمع نیز بدست آید. برای این منظور با توجه به روابط ۱۴-۶ برای لنگر داریم:

(۱) مرجع [۷]

(۲) صفحه ۲۷ از جلد ۶۲-۲۰۲

شماره صفحه ۴۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$M_A = A_m HT$$

با توجه به منحنی (b) شکل ۹-۶ $A_m=0.77$ ، از طرفی ظرفیت خمشی مجاز شمع برابر است با:

$$M_{tmax} = \sigma_{a11} \frac{I_p}{d_1/2}$$

$$\sigma_{a11} = 125000 \quad \text{kN/m}^2$$

$$I_p = 123 \times 10^{-6} \quad , \quad d_1=0.254 \Rightarrow M_{tmax} = 125000 \times \frac{123 \times 10^{-6}}{0.254/2} = 121.06 \quad \text{kN.m}$$

$$H = \frac{M}{A_m T} = \frac{121.06}{0.77 \times 1.16} = 135.5 \quad \text{kN}$$

با مقایسه دو مقدار بدست آمده برای H، ملاحظه می شود که مقدار بدست آمده بر مبنای تغییر شکل

جانبی 8mm در بالای شمع حاکم است. در نتیجه:

$$H = 53.6 \quad \text{kN}$$

جدول ض - ۱ - مشخصات هندسی نیمرخهای H معمول (سیستم SI)

نام اندازه (mm) × وزن (kN/m)	ارتفاع d_1 (mm)	سطح مقطع ($m^2 \times 10^{-3}$)	ضخامت بال و جان w (mm)	عرض بال d_2 (mm)	ممان اینرسی ($m^4 \times 10^{-6}$)	
					I_{xx}	I_{yy}
HP 200 × 0.52	204	6.84	11.3	207	49.5	16.8
HP 250 × 0.834	254	10.8	14.4	260	123	42
× 0.608	246	8.0	10.6	256	87.5	24
HP 310 × 1.226	312	15.9	17.5	312	271	89
× 1.079	308	14.1	15.49	310	237	77.5
× 0.912	303	11.9	13.1	308	197	63.7
× 0.775	299	10.0	11.05	306	164	62.9
HP 330 × 1.462	334	19.0	19.45	335	370	123
× 1.264	329	16.5	16.9	333	314	104
× 1.069	324	13.9	14.5	330	263	86
× 0.873	319	11.3	11.7	328	210	69
HP 360 × 1.707	361	22.2	20.45	378	508	184
× 1.491	356	19.4	17.91	376	437	158
× 1.295	351	16.8	15.62	373	374	136
× 1.060	346	13.8	12.82	371	303	109

شماره صفحه ۵۰	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

پیوست ب - بررسیهای ژئوتکنیک لازم برای احداث شالودهها

شماره استاندارد	۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه	۵۱
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸		

بررسی های ژئوتکنیک لازم برای احداث شالوده ها

مطالبی که در این مبحث ارائه می شود بشرح زیر است :

- ۱- اطلاعات لازم و مورد نیاز این بررسیها
- ۲- تعداد و نحوه پلان گمانه ها
- ۳- عملیات اکتشافی در خاک
- ۴- نمونه گیری از خاک و تناوب فواصل
- ۵- آزمایش های در محل (آزمایش های صحرائی)
- ۶- سطح آب زیر زمینی
- ۷- روشهای ژئوفیزیک بررسیهای ژئوتکنیک
- ۸- آزمایش های روی نمونه های گرفته شده از خاک
- ۹- نحوه ارائه گزارش

اینک شرح مختصر هر یک از عناوین بالا ارائه می گردد :

۱- اطلاعات لازم و مورد نیاز از این بررسیها

بررسی ژئوتکنیک برای احداث سازه ها بالاخص سازه های مهم بسیار با اهمیت می باشد. این بررسیها دامنه وسیعی را دربر می گیرد که از بررسی مقدماتی سطح زمین با تعدادی آزمایش محدود و با عمق کم گرفته تا بررسیها و آزمایشات مفصل بسته به اهمیت سازه، پیچیدگی و تنوع خاک و رفتار سازه های مجاور روی خاک متفاوت می باشد.

جزئیات بررسیهای روی سایت شامل عمق گمانه ها و تعداد و نوع آزمایشات با یک برنامه از قبل تعیین شده ضروری است.

با فرض اینکه جزئیات کاملی مورد نیاز است. اطلاعات زیر باید از طریق بررسیهای ژئوتکنیک بدست آید :
الف - توپوگرافی کلی منطقه ای که بر طراحی شالوده، سازه بالای آن و اجرای آن اثر می گذارد. برای مثال، وضعیت سطح زمین، وجود منابع آب، تالابها، مجاری فاضلاب، صخره های بیرون زدن از زمین و غیره.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۵۲
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

ب - زمین شناسی کلی منطقه نظر به تشکیلات زمین شناسی و امکان نشست با توجه به استخراج از معادن مجاور و دیگر عوامل.

پ - تاریخچه گذشته منطقه از نظر شکست هایی که سازه های مجاور داشته اند.

ت - هر ویژگی خاص منطقه از قبیل زلزله خیزی، روانگرایی، فاکتورهای آب و هوایی، سیلاب، تورم و جمع شدگی های فصلی، عمق یخبندان یا لایه منجمد دائمی اعماق زمین یا فرسایش سطح زمین.

ث - مشخصات لایه های خاک، سنگ و آب های زیرزمینی در منطقه ای زیر شالوده که تحت تاثیر بارگذاری می باشد (حباب تنش).

ج - نتایج آزمایشات روی نمونه های گرفته شده از خاک و سنگ متناسب با مسائل و ملاحظات ویژه طراحی شالوده مورد نظر.

چ - نتایج آنالیز شیمیایی روی خاک و آب زیرزمینی برای تعیین مضرات و تخریب های احتمالی روی سازه شالوده.

ح - اطلاعات برای تعیین نوع شالوده مناسب و ظرفیت باربری خاک.

موارد الف تا ت را می توان از نقشه ها و مدارک موجود منتشر شده توسط مراجع مربوطه استفاده کرد.

موارد ث تا ج را می توان از حفر گمانه ها همراه با نتایج آزمایشات روی خاک یا سنگ بدست آورد.

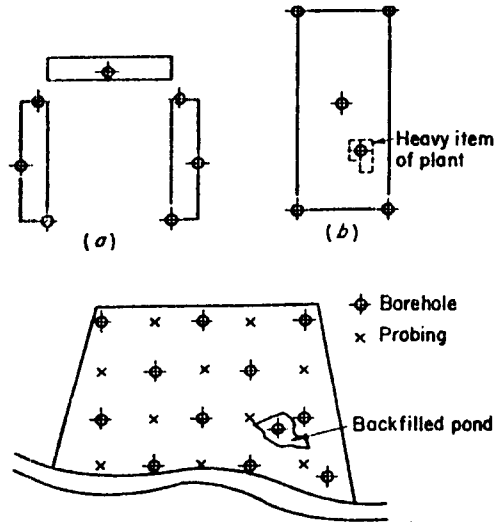
۲- آرایش گمانه ها

گمانه ها حتی الامکان باید نزدیک به محل پیشنهاد شده برای شالوده ها باشد. این نکته وقتی که لایه باربر در عمق یکنواخت نیست بسیار با اهمیت است.

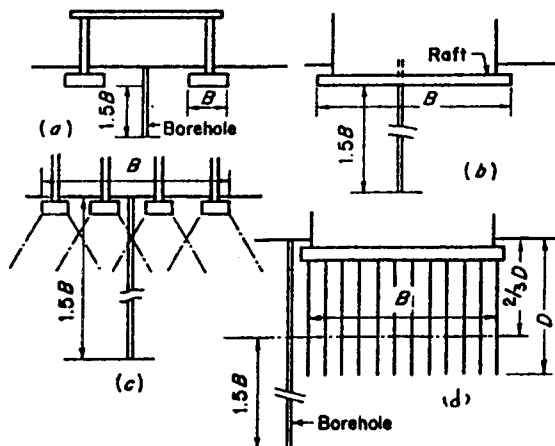
به همین علت گمانه ها باید دقیقاً در موقعیت و تراز مربوط به استقرار سازه باشد و تشکیل یک شبکه بدهد.

عمق گمانه ها بسته به عمق اثر فشار وارده از شالوده ها تعیین می گردد. بعنوان یک حداقل، عمق گمانه باید ۱/۵ برابر پهنای شالوده باشد. اشکال زیر نحوه آرایش گمانه ها و حداقل عمق آنها را بیان می کند.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۵۳
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸



شکل ۱- تیپ کلی آرایش گمانه‌ها
 (a) ساختمانهای چند طبقه (b) ساختمانهای کارخانه (c) زمین‌های با مساحت بسیار زیاد که محل استقرار ساختمانها مشخص شده است.



شکل ۲- عمق گمانه‌ها برای انواع شالوده‌های مختلف

۳- عملیات اکتشافی در خاک

عمده این عملیات توسط وسایل و آزمایش‌های زیر انجام می‌شود:

شماره صفحه ۵۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

1- Trial pits	۱- چاله‌های دستی
2- Hand auger borings	۲- گمانه‌زنی با مته مارپیچ دستی
3- Mechanical auger borings	۳- گمانه‌زنی با مته مارپیچ ماشینی
4- Light cable percussion borings	۴- گمانه ضربه‌ای
5- Wash borings	۵- گمانه‌زنی ضربه‌ای
6- Standard penetration tests	۶- آزمایش نفوذ استاندارد
7- Vane shear tests	۷- آزمایش پره برشی
8- Plate bearing tests	۸- آزمایش بارگذاری صفحه

۴- نمونه‌گیری از خاک و تناوب فواصل

دو نوع عمده نمونه‌گیری از گمانه‌ها وجود دارد :

۱- نمونه‌های دست خورده، که مطابق نامشان می‌توانند از ابزارهای حفاری بدست آیند :

برای مثال از حفارهای مارپیچی، از قاشقک حفاری در آزمایش SPT، یا نمونه‌های بدست آمده از حفاری با دست یا گل و لای بدست آمده از گمانه‌زنی تزریقی.

۲- نمونه‌های دست نخورده که از طریق راندن یک لوله جدار نلرک به داخل خاک بدست می‌آید.

نکته مهم این است که نمونه‌گیر بیش از حد به داخل خاک رانده نشود که محتویات داخل آن فشرده شود.

البته باید دانست که هیچ نمونه‌ای که واقعا" دست نخورده باشد نمی‌تواند تهیه گردد.

به‌طور رایج فواصل نمونه‌گیری در عمق خاک باید حداکثر 1.5m در هر لایه باشد. این فاصله وقتی کافی

است که تعداد زیادی گمانه زده شده باشد. در غیراینصورت جهت جلوگیری از فقدان اطلاعات می‌بایست

فواصل نمونه‌گیری را کاهش داد. بنابراین معمول این است که اولین نمونه درست زیر لایه بالایی خاک گرفته

شود. مثلاً از عمق 0.2m تا 0.7m، فاصله بعدی نمونه‌گیری از عمق 1.7m تا 2.2m می‌باشد. نکته مهم این

است که فواصل نمونه‌گیری در همه گمانه‌ها باید مشابه باشد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۵۵
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

۵- آزمایش‌های صحرایی

این آزمایش‌ها برای تعیین مقاومت برشی و تراکم خاک که مقادیر با ارزشی هستند مستقیماً و بدون دست‌خوردگی گمانه‌ها و خاک بکار می‌رود.

این مزیت بویژه در مورد خاکهای رسی با سیلتی یا ماسه‌های شل قابل توجه است.

آزمایشات صحرایی عبارتند از:

الف - آزمایش برش پره

ب - آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)

ج - بارگذاری صفحه

الف - آزمایش برش پره

این آزمایش برای اندازه‌گیری مقاومت برشی رس‌های حساس و ضعیف‌نرم توصیه شده است. مطابق ضوابط استاندارد ملی^۱ طبقه‌بندی برحسب مقاومت برشی بدست آمده از این آزمایش بشرح زیر است:

این بویژه در مورد خاکهای رسی با سیلتی یا ماسه‌های شل قابل توجه است.

آزمایشات صحرایی عبارتند از:

الف - آزمایش برش پره

ب - آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)

ج - بارگذاری صفحه

(1) تا زمان تدوین استاندارد ملی، استاندارد BS5930 مورد عمل می‌باشد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۵۶
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

نوع خاک	مقاومت برشی kN/m^2
خیلی نرم	کمتر از ۲۰
نرم	۲۰-۴۰
نرم تا محکم	۴۰-۵۰
محکم	۵۰-۷۵
محکم تا سخت	۷۵-۱۰۰
سخت	۱۰۰-۱۵۰
خیلی سخت	بزرگتر از ۱۵۰

ب - آزمایش نفوذ استاندارد

این آزمایش شامل :

الف - راندن یک لوله جدار نازک نمونه گیر تا عمق 460mm در خاک از انتهای سوراخ

ب - بکار بردن وزنه 63.3kg به صورت سقوط آزاد از ارتفاع 760mm

پ - شمردن تعداد ضربه برای راندن لوله در 300mm انتهایی

این آزمایش برای تعیین تقریبی تراکم خاکهای غیرچسبنده بسیار مفید است.

اگرچه کاربرد این آزمایش تماماً تجربی است ولی تجارب حاصل از کاربردهای بسیار گسترده آن در اکثر

نقاط سبب گردآوری اطلاعات قابل ملاحظه‌ای از رفتار شالوده‌های روی ماسه‌ها و شن‌ها شده است.

روابطی بین تعداد ضربات (N) و خصوصیاتى مانند تراکم و زاویه برشی ارائه شده است. استاندارد ملی^۱

.... روابط زیر را بین مقادیر N و تراکم ماسه ارائه می‌دهد :

(1) تا زمان تدوین استاندارد ملی، استاندارد BS5930 مورد عمل می‌باشد.

شماره صفحه ۵۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

تراکم نسبی	مقدار N
خیلی شل	کمتر از ۴
شل	۴-۱۰
متراکم نسبی	۱۰-۳۰
متراکم	۳۰-۵۰
خیلی متراکم	بالاتر از ۱۵۰

ج- آزمایش بارگذاری صفحه

این آزمایش بوسیله حفر یک گودال و نصب صفحه و اعمال یک نیروی استاتیک انجام می شود این فشار تا زمانی که منجر به شکست برشی خاک شود اضافه می شود یا معمول این است که تا دو تا سه برابر فشاری که قرار است توسط شالوده با ابعاد واقعی وارد شود اضافه می شود.

مقدار و سرعت نشست صفحه تحت هر یک از افزایش بارها، اندازه گیری می شود وقتی که به ماکزیمم فشار مورد نظر رسید، بار کاهش داده می شود. دوباره مقدار و سرعت برگشت صفحه اندازه گیری می شود.

در آزمایش بارگذاری صفحه باید توجه نمود که اگر خاک در عمق، غیریکنواخت است (با توجه به اینکه سطح آب زیرزمینی اثر قابل توجهی در ظرفیت باربری و نشست خاک‌های ماسه‌ای دارد)، آزمایش بارگذاری صفحه در عمق‌های بالای سطح آب زیرزمینی نتایج مطلوب‌تری رانسبت به شرایط واقعی (ابعاد واقعی شالوده). که ممکن است تنش‌ها به اعماق پایین تر از سطح آب زیرزمینی انتقال پیدا کند، می دهد. همچنین این آزمایش هیچگونه اطلاعاتی که به وسیله آن بزرگی و میزان نشست تحکیمی خاکهای رسی را تعیین نماید ارائه نمی دهد.

۶- سطح آب زیرزمینی

اطلاعات موثق در مورد سطح آب زیرزمینی با توجه به عمق پیشنهاد شده برای سطح حفاری و یا شمع در منطقه تحت نفوذ فشار شالوده، از بسیاری جهات حیات است.

شماره صفحه ۵۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

در همین جا باید اشاره شود که نمونه‌گیری از آب جهت انجام آزمایشات شیمیایی برای تعیین اثرات تخریبی روی سازه شالوده ضروری است.

۷- روشهای ژئوفیزیک بررسی‌های ژئوتکنیک

از طریق این روشها تعیین چگونگی لایه‌بندی خاک‌ها و سنگ‌ها امکان‌پذیر است این روش تغییرات در خصوصیات فیزیکی خاصی را اندازه‌گیری می‌کند برای مثال خاصیت مغناطیسی، تراکم، مقاومت الکتریکی یا ترکیبی از اینها.

با وجود این، چنین روشهایی در مهندسی شالوده‌ها محدودیت دارند چراکه آنها فقط تغییرات در لایه‌بندی خاک را ارائه می‌کنند. اطلاعات حیاتی در مورد شرایط آب زیرزمینی نیز معمولاً بدست نمی‌آید. در حال حاضر روشهای ژئوفیزیک مقادیر مستقیم مقاومت برشی، تراکم‌پذیری یا دانه‌بندی را ارائه نمی‌کنند. روشهایی که عموماً استفاده می‌شود عبارتند از:

الف - مقاومت الکتریکی

ب - انکسار زلزله

ج - انعکاس زلزله

د - مغناطیس

۸- انواع آزمایش‌های روی نمونه‌های گرفته شده از خاک

آزمایشات مکانیک خاک مطابق ضوابط استاندارد ملی ...^۱ در ارتباط با مهندسی شالوده‌ها عبارتند از:

۱- مشاهدات چشمی

۲- رطوبت طبیعی

۳- حدود خمیری و روانی

۴- دانه بندی

(1) تا زمان تدوین استاندارد ملی، استاندارد BS1377 مورد عمل می‌باشد.

شماره استاندارد ۶۲.۲۰۴	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۵۹
معاونت تحقیقات و تکرولوزی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

۵- آزمایش سه محوری

۶- آزمایش تک محوری

۷- آزمایش برش مستقیم

۸- تحکیم

۹- نفوذپذیری

۱۰- آنالیز شیمیایی خاک

۱۱- تراکم

۱۲- تعیین وزن مخصوص خاک

۱۳- تعیین دانسیته نسبی

۹- نحوه گزارش

گزارش مهندسی ژئوتکنیک، شامل همه اطلاعات بدست آمده از عملیات اکتشافی، سوابق تاریخی و نتایج آزمایشگاهی روی نمونه‌ها می‌شود.

اغلب گزارشها یک الگوی کلیشه‌ای که شامل سرفصل‌های زیر است را دنبال می‌کنند.

الف - مقدمه

این مقدمه باید خواننده هدف از این بررسی و خلاصه‌ای از چگونگی کارها و عملیات انجام شده و زمان انجام آن را ارائه کند. باید مشخص گردد که آیا فقط مقدار محدودی از اطلاعات خاص جهت مهندس طراح مورد نیاز است یا بررسیهای کاملی شامل گمانه‌ها و آزمایش‌های روی نمونه‌ها و آنالیز نتایج و پیشنهاد نوع فونداسیون و اجرای آن و محاسبه ظرفیت باربری خاک مورد نیاز است یا خیر.

ب - توصیف کلی سایت

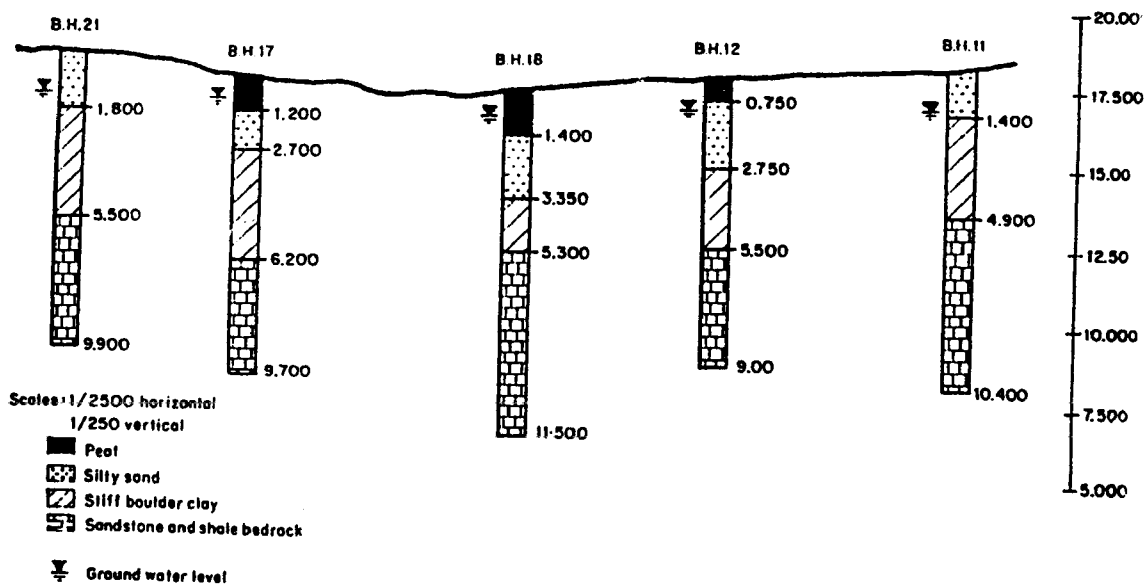
این قسمت از گزارش باید وضعیت کلی و خصوصیات سطحی سایت، شامل وجود درخت‌ها و

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۶۰
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

ساختمانهای قدیمی برکه‌ها، زمین‌های باتلاقی و معادن، جاده‌ها و خاکریزی‌ها، سوابق تاریخی گذشته، سیلابی بودن، نزدیکی به دریا، باد، زلزله‌خیزی، روانگرایی، خوردگی، ناپایداری شیب‌ها، هر ساختمان مجاوری که ترکهای ناشی از نشست را نشان می‌دهد، را ارائه دهد.

پ - توصیف شرایط خاک در گمانه‌ها

توصیف کلی شرایط خاک در عمق‌های مختلف گمانه‌ها با ارائه شکلی مانند زیر بدون وارد شده در جزئیات ارائه گردد.



شکل ۳- نمونه برش قائم گمانه‌ها

ت - نتایج آزمایش‌ها

توصیف طولانی نتایج آزمایشگاهی نباید داده شود. توضیحات باید محدود به ذکر خلاصه‌ای از انواع آزمایش‌های انجام شده و توجه به هر یک از نتایجی که غیر معمول هستند یا اهمیت خاصی دارند معطوف گردد.

شماره صفحه ۶۱	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

برای جزئیات نتایج آزمایشگاهی بایست خواننده را به جداول، نمودارها و گراف‌های ارائه شده نظیر نمودار دانه‌بندی، دایره تنش موهر در مورد آزمایش سه محوری یا منحنی فشار - نسبت فضای خالی، در آزمایش تحکیم ارجاع نمود.

مراحل و نحوه آزمایشات استاندارد لازم نیست تشریح گردد، مگر اینکه یک آزمایش ویژه غیر استاندارد انجام شده باشد.

ث - بحث بر روی نتایج بررسیهای ژئوتکنیک در رابطه با طراحی شالوده و اجرای آن

این قسمت حساس‌ترین بخش گزارش است و نویسنده گزارش باید تلاش کند مسئله را بروشنی و بطور موجز، با قاطعیت و بدون تردید مورد بحث و بررسی قرار دهد.

در این بخش توصیفی از سازه و بارهای مربوط به آن با یک برآورد کلی از وضعیت زمین و انواع شالوده‌های مناسب برای آن مثلاً "شالوده گسترده یا شالوده شمعی لازم است. مثلاً" در مورد شالوده‌های گسترده عمق لازم شالوده ظرفیت باربری مجاز و نشست که با این فشار انتظار می‌رود باید بیان گردد.

اگر مزایایی چون ظرفیت باربری بیشتر و نشست کمتری با پایین رفتن در عمق بدست می‌آید، باید اشاره شود. در مورد شالوده‌های شمعی در گزارش باید لایه‌ای که شمع تا آن لایه کوبیده شود مشخص گردد. بارهای مجازی که باید به شمع یا گروه شمعها و نشست که در هر یک از شمعها و نیز اشکالات ممکن در راندن یا سوراخ کردن و نیز اثرات مضر ممکن روی سازه‌های مجاور باید خاطر نشان گردد.

در انتها یادآور می‌شود در نوشتن این قسمت از گزارش از پیش داورها باید اجتناب شود. برای مثال نتایجی که مقدار آن بسیار کم هستند نباید بخاطر اینکه از قبل انتظار مقدار بیشتری می‌رفته است کنار گذاشته شود. دلایل اینکه چرا نتایج مقدار کمی هستند باید مطالعه شود. فقط در حالتی که معلوم شود این کم بودن مقدار، بخاطر دست خوردگی نمونه است یا فقط تعداد بسیار کمی از آزمایشها این مقدار کم را ارائه می‌دهد می‌توان آن را کنار گذاشت.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره صفحه ۶۲
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	آذرماه ۱۳۷۸

فهرست مراجع :

- 1) American Concrete Institute, "Suggested Analysis and Design Procedures for Combined Footing and Mats," (ACI 336 - 2R - 88), ACI, 1988.
- 2) Deutsches Institut fur Normung, "Permissible Loading of subsoil", (DIN 1054), 1976.
- 3) British Standards Insitution "Site Investigation", (BS 5930), BSI, 1986.
- 4) برآجا ام داس، "اصول مهندسی ژئوتکنیک، جلد دوم : مهندسی پی"، ترجمه شاپور طاحونی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ۱۳۷۲
- 5) Joseph E. Bowles, "Foundation Analysis and Design", Mc Graw-Hill Inc., USA, 1982.
- 6) MJ Tomlinson, "Foundation Design and Construction", Longman Scientific & Technical, England, 1986.
- 7) MJ Tomlinson "Pile Design and construction Practice", Palladian Publications Limited, England, 1987.
- 8) SN Manohar" Tall Chimneys, " , TATA Mc Graw-Hill, India, 1985.
- 9) Deutsches Institut Fur Norming, "Structural use of concrete - Design and construction", DIN 1045, July 1988.
- 10) British Standards Institution, "Foundations", (BS 8004), BSI, 1986.

شماره صفحه ۶۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۴
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی دودکش نیروگاهها	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

