

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 ۶۲-۲۰۳

محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه

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.

اجرای (Construction) شامل : ساخت، نشانه و علامت‌گذاری، بسته‌بندی، 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، اولویتهای، 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 سازه 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
۱	مقدمه
	۱- کلیات
۴	۱-۱- هدف
۴	۲-۱- کاربرد
۴	۱-۲-۱- دودکشهای فولادی خود ایستا
۵	۲-۲-۱- دودکشهای مهارشده توسط برج فولادی یا پوسته بتنی
۶	۵-۱- سایر قوانین
۶	۱-۵-۱- میزان ماده آلاینده
۷	۲-۵-۱- میزان مجاز نشر مواد آلاینده
۸	۳-۵-۱- ارتفاع موثر دود
۹	۴-۵-۱- قطر دودکش
۹	۵-۵-۱- میزان آلودگی منطقه
۹	۶-۵-۱- جغرافیای انسانی، کشاورزی، صنعتی
۹	۷-۵-۱- اطلاعات توپوگرافی اطراف ساختگاه
۹	۸-۵-۱- ضریب بار نیروگاه
	۲- مصالح مصرفی
۱۰	۳-۲- برج فولادی نگهدارنده دودرو
۱۰	۴-۲- دودروی فولادی
۱۱	۷-۲- عایق داخلی

شماره صفحه I	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

۱۱	۲-۷-۲- آجر نسوز
۱۱	۳-۷-۲- آجر ضد اسید
۱۱	۴-۷-۲- آجر دیاتمه
۱۱	۵-۷-۲- بتن دیاتمه
۱۱	۸-۲- عایق خارجی
۱۱	۱-۸-۲- کلیات
۱۲	۲-۸-۲- پوشش آلومینیومی

۳- ضوابط ساخت و نگهداری

۱۳	۲-۳-۳- دودروی فولادی
۱۳	۴-۲-۳- سخت‌کننده‌ها
۱۵	۴-۳- عایق‌کاری
۱۵	۳-۱-۴-۳- عایق‌های بتنی
۱۵	۲-۲-۴-۳- عایق پشم معدنی

۴- بارهای طراحی

۱۶	۳-۴- نیروی باد
۱۶	۱-۳-۴- کلیات
۱۷	۱-۱-۳-۴- بار باد در امتداد طولی
۲۰	۲-۲-۳-۴- بار باد در امتداد عرضی
۲۹	۳-۲-۳-۴- اثر گروه دودکشها
۲۹	۵-۲-۳-۴- ممان‌های حلقوی در اثر بار باد
۳۱	۵-۳-۳-۴- پدیده بیضی شدن

شماره صفحه II	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و کنترلوزی

۳۲	۴-۳-۴- دودروی فولادی
۶۰	۴-۴- بار زلزله
۶۰	۴-۴-۱- کلیات
۶۰	۴-۴-۲- تحلیل استاتیکی معادل
۶۰	۴-۴-۵- ضریب رفتار
۶۱	۴-۴-۶- توزیع نیروی برشی در ارتفاع
۶۴	۴-۴-۳- تحلیل شبه دینامیکی
۶۷	۴-۴-۴- اثر مولفه قائم زلزله
۶۸	۴-۴-۵- اثر همزمان دو مولفه افقی
۶۸	۴-۵- بارهای ناشی از حرارت
۶۸	۴-۵-۲- پوسته فولادی دودروها در دودکش‌های غیر خودایستا
۶۹	۴-۵-۲- تنش قائم انجام شده در دودرو تحت اثر حرارت

۵- طراحی

۷۳	۵-۱-۳- طراحی پوسته بتنی
۷۴	۵-۱-۳-۱- طراحی در مقابل بار قائم و لنگر قائم
۸۰	۵-۱-۳-۲- طراحی در مقابل لنگر حلقوی
۸۰	۵-۲- دودکش فلزی خود ایستا
۸۰	۵-۲-۱- روند طراحی دودکش فلزی خود ایستا
۸۱	۵-۲-۳- تنش مجاز
۸۱	۵-۲-۴- سخت کننده‌های حلقوی
۸۱	۵-۲-۴-۲- سخت کننده‌های حلقوی در محل اتصال مخروط به استوانه
۸۴	۵-۲-۶- تقویت‌های اطراف بازشو

شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه III
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

۸۷ ۸-۲-۵- طراحی صفحه زیر سری

فصل ششم - تنشهای حرارتی در پوسته بتنی دودکشها

۸۹ ۱-۶- کلیات

۸۹ ۲-۶- تنشهای حرارتی قائم

فصل هفتم - مسائل خاص در طراحی دودکشهای بتنی

۹۱ ۳-۷- اثرات برشی و پیچش در دودکشها

۹۹ ۲-۵-۷- نحوه محاسبه عرض ترک

۱۰۸ فهرست مراجع

شماره صفحه IV	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱- فرمهای مختلف دودکشهای فولادی خود ایستا
۵	شکل ۲-۱- دودکشهای مهاربندی شده توسط برج فولادی
۶	شکل ۳-۱- دودکشهای مهاربندی شده توسط پوسته بتنی
۱۴	شکل ۱-۳- تقویت کننده های قائم دودرو
۱۴	شکل ۲-۳- تقویت های اطراف بازشو
۱۵	شکل ۳-۳- نحوه عایق بندی تقویت کننده های بدنه دودرو
۱۷	شکل ۱-۴- تغییرات سرعت باد با افزایش ارتفاع از سطح زمین
۱۷	شکل ۲-۴- نیروهای موثر باد
۲۰	شکل ۳-۴- تولید پیچکها در اثر وزش باد
۲۹	شکل ۴-۴- اثر یک دودکش بر دودکشهای مجاور
۳۰	شکل ۵-۴- توزیع بار باد در پیرامون دودکش
۳۱	شکل ۶-۴- ارتعاش بیضوی
۶۱	شکل ۷-۴- نحوه توزیع نیروهای برشی ناشی از زلزله در ارتفاعهای مختلف
۶۲	شکل ۸-۴- دیاگرام نمایش مرکز جرم المانها در ارتفاع دودکش
۶۵	شکل ۹-۴- سه مد اول ارتعاش جانبی دودکش بتنی
۶۶	شکل ۱۰-۴- مدل دودکش بتنی و فلزی
۷۰	شکل ۱۱-۴- تغییر شکل دودرو (بدون تکیه گاه جانبی) در اثر دو توزیع دمای ثابت و غیریکنواخت
۷۰	شکل ۱۲-۴- منحنی چرخش مقطع دودرو (G فاصله مرکز سطح چرخش تا ارتفاع بالای بازشو)
۷۱	شکل ۱۳-۴- نحوه توزیع دمای غیریکنواخت در بدنه دودکش (مثال ۴-۶)
۸۲	شکل ۱-۵- سخت کننده در محل اتصال استوانه به مخروط
۸۳	شکل ۲-۵- ابعاد دودکش خود ایستا - (مثال ۵-۱)
۸۴	شکل ۳-۵- هندسه سوراخ ورودی دود
۸۶	شکل ۴-۵- تقویت قائم بعنوان تیر ستون
۹۰	شکل ۱-۶- مقطع دودکش با سه مجرای دود
۹۱	شکل ۱-۷- مقطع دودکش با یک بازشو
۹۲	شکل ۲-۷- دیاگرام برش و پیچش در مقطع دودکش با یک بازشو
۹۲	شکل ۳-۷- دیاگرام نیروهای برشی در یک المان
۹۶	شکل ۴-۷-

شماره صفحه ۷	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

فهرست مثالها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۹	مثال ۱-۴- محاسبه زمان تناوب مد اول دودکش بتنی.....
۲۰	مثال ۲-۴- محاسبه بار باد و لنگرهای ناشی از آن برای دودکش بتنی با دو واحد دودرو
۳۲	مثال ۳-۴- محاسبه بار باد و لنگرهای ناشی از آن برای دودکش فولادی با یک واحد دودرو
۶۱	مثال ۴-۴- محاسبه برش و لنگرناشی از نیروی زلزله در سه ارتفاع ۵۰، ۱۰۰ و متر برای پوسته بتنی دودکش
۶۶	مثال ۵-۴- مقایسه پریدها و ضرایب مشارکت با استفاده از انواع مدل سازی
۷۰	مثال ۶-۴- محاسبه تنش قائم ناشی از اثر حرارت در دودروی فولادی
۸۳	مثال ۱-۵- طراحی حلقه تقویتی محل اتصال مخروطه به استوانه دودکش خود ایستا

شماره صفحه VI	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



مقدمه :

انجام پروژه "تدوین استاندارد و معیارهای طراحی و مهندسی دودکش نیروگاههای بخاری و سیکل ترکیبی" به عنوان الحاقیه پروژه بررسی روشهای موجود جهت تحلیل و طراحی دودکشهای بتنی و فلزی نیروگاههای بخاری و مقایسه فنی و اقتصادی در آذرماه ۱۳۷۶ مورد تصویب معاونت محترم تحقیقات و تکنولوژی امور برق وزارت نیرو قرار گرفت.

در اجرای این پروژه چهار جلد گزارش تحت عناوین زیر تدوین شده است :

- ۱-۱- استاندارد مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه دودکش
- ۲-۱- استاندارد مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون دودکش
- ۳-۱- محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه دودکش
- ۴-۱- محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی فونداسیون دودکش

گزارش حاضر جلد سوم از مجموعه فوق الذکر (بند ۱-۳) می باشد. محتوای این گزارش با توجه به موضوعات مختلفی که در بخش های مختلف "استاندارد مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه دودکش" (جلد اول - بند ۱-۱) ارائه شده است، تنظیم گردیده، به نحوی که در مواردی که نیاز به حل مثال یا ارائه توضیحات بیشتری، خارج از چهارچوب ضوابط تدوین استاندارد بوده است، این توضیحات و مطالب در بخش های مربوطه، در گزارش حاضر آورده شده است. بنابراین فصول و بخش های مختلف این گزارش دقیقاً منطبق بر فصول و بخشهای گزارش جلد اول می باشد. مطالب ارائه شده در این فصول به شرح ذیل می باشد.

در فصل اول تحت عنوان کلیات، پس از بیان هدف، در مبحث کاربرد استاندارد توضیحات و اشکالی در ارتباط با انواع دودکشهای فولادی خود ایستا، دودکشهای مهار شده توسط برج فولادی یا پوسته بتنی ارائه شده است، همچنین در بخش "سایر قوانین" توضیحاتی در مورد پارامترهایی مانند میزان ماده آراینده، میزان مجاز نشر مواد آلاینده، ارتفاع موثر دود، قطر دودکش، میزان آلودگی منطقه، جغرافیای انسانی، کشاورزی و صنعتی، اطلاعات توپوگرافی اطراف ساختگاه و ضریب بار نیروگاه و نحوه تاثیر پارامترهایی مانند شرایط آب و هوایی محیط، مواد آلاینده، میزان آلودگی موجود و مجاز منطقه در محاسبه ارتفاع و قطر دودکش ها آورده شده است.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

در فصل دوم گزارش تحت عنوان "مصالح مصرفی" توضیحات و جداول مربوط به انواع فولادهای مصرفی و مشخصات آنها، عایق داخلی شامل آجر نسوز، آجر ضد اسید، آجر دیاتمه و بتن دیاتمه و عایق خارجی مورد استفاده در دودکش و عوامل موثر در طراحی و انتخاب نحوه عایق‌بندی و ضخامت آن ذکر گردیده است. در این بخش همچنین در مورد نحوه اثر سرعت دود در خوردگی و انتخاب عایق مناسب توضیحاتی ارائه شده است.

فصل سوم گزارش تحت عنوان "ضوابط ساخت و نگهداری" به ارائه توضیحات اجرایی در ارتباط با سخت‌کننده‌های حلقوی، سخت‌کننده‌های قائم، تقویت‌های اطراف بازشو و عایق‌کاری دودرو پرداخته شده است. در بخش عایق‌کاری دوروش پوشش با قالب‌بندی و روش پاششی توضیح داده شده است و اشاره‌ای نیز به برتری کاربرد عایق پشم معدنی گردیده است.

در فصل چهارم که به بارهای طراحی اختصاص دارد، در مبحث مربوط به نیروی باد، بارباد به‌عنوان مهمترین بارگذاری‌های روی دودکش معرفی و مورد بررسی قرار گرفته است، همچنین مطالب مبسوطی در مورد رفتار دینامیکی و اثرات استاتیکی بارباد در امتدادهای طولی و عرضی بر روی دودکش‌های فلزی و بتنی آورده شده است.

در بخش اثر بارباد در امتداد طولی در مورد عوامل موثر در تعیین ضریب C_e در دودکش‌های فلزی و بتنی توضیحاتی ارائه و مثالی از محاسبه زمان تناوب ارتعاش دودکش تحت اثر بار باد، با دو روش تقریبی و تحلیل دقیق دینامیکی آورده شده است. در بخش بارباد در امتداد عرضی توضیحاتی در مورد تولید پیچکها، مشخصات دینامیکی آنها و نحوه اثر آن بر دودکش ارائه شده است و مثالی از محاسبه بارباد در امتداد عرضی و طولی و لنگرهای ناشی از آن در دودکش‌های بتنی و دودکش‌های فولادی مهار شده توسط برج فولادی آمده است. در این مبحث توضیحاتی نیز در مورد اثر گروه دودکش‌ها، ممان‌های حلقوی در اثر بارباد، پدیده بیضی شدن و مشخصات دینامیکی آن آمده است.

همچنین در بحث مربوط به بار زلزله، نحوه تحلیل استاتیکی شامل مطالبی در مورد ضریب رفتار، توزیع نیروی برشی در ارتفاع همراه با حل مثالی از محاسبه برش و لنگر ناشی از زلزله در ارتفاع مختلف توضیح داده شده است.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۲
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

در این مبحث توضیحاتی در ارتباط با تحلیل شبه دینامیکی نیروی زلزله و انواع ضرایب و پارامترهای موثر توضیحاتی ارائه شده است و مثالی از محاسبه و مقایسه زمان تناوب دودکش بتنی با انواع مدل‌سازی (المان پوسته و المان میله‌ای) آورده شده است. در مبحث بار همچنین اثر مولفه قائم زلزله و اثر همزمان دو مولفه افقی مورد بررسی قرار گرفته است.

در قسمت بارهای ناشی از حرارت نیز توضیحاتی در مورد اثر این پدیده بر پوسته فولادی دودروها در دودکش‌های غیرخود ایستا و تنش قائم ناشی از آن داده شده و مثالی نیز در این ارتباط حل شده است.

فصل پنجم گزارش تحت عنوان "طراحی" می‌باشد که در مباحث طراحی پوسته بتنی و پوسته فولادی دودرو یا دودکش فلزی خودایستا ابتدا روند تحلیل و طراحی بصورت گام به گام توضیح داده شده، همچنین روش طراحی پوسته بتنی در مقابل بار قائم و لنگر قائم تشریح شده است. در این فصل در مبحث سخت‌کننده‌های حلقوی دودروی فولادی به ارائه روش تحلیل سخت‌کننده‌ها در محل اتصال مخروط به استوانه، تقویت‌های اطراف بازشو و صفحه زیر سری پرداخته و مثالی نیز در این زمینه آورده شده است.

در فصل ششم گزارش تحت عنوان "تنشهای حرارتی در پوسته بتنی" رابطه کلی انتقال حرارت در یک سازه با مقطع دایره‌ای که مبنای روابط محاسبه درجه حرارت پوسته بتنی می‌باشد، آورده شده است. همچنین توضیحاتی در ارتباط با دودکش‌های دارای چند دودرو، نحوه کنترل دمای هوای محصور بین دودروها و چگونگی استفاده از روابط ارائه شده در استاندارد، در این شرایط، ارائه شده است.

در فصل هفتم گزارش با عنوان "مسائل خاص در طراحی دودکشهای بتنی" اثرات برش و پیچش در پوسته بتنی با یک و دو بازشو مورد تحلیل دقیق قرار گرفته و کلیه روابط جهت محاسبات مربوطه ارائه شده است، در این فصل همچنین نحوه محاسبه عرض ترک و نمودارهای مربوطه آورده شده است.

شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۳
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

فصل اول کلیات

۱-۱- هدف

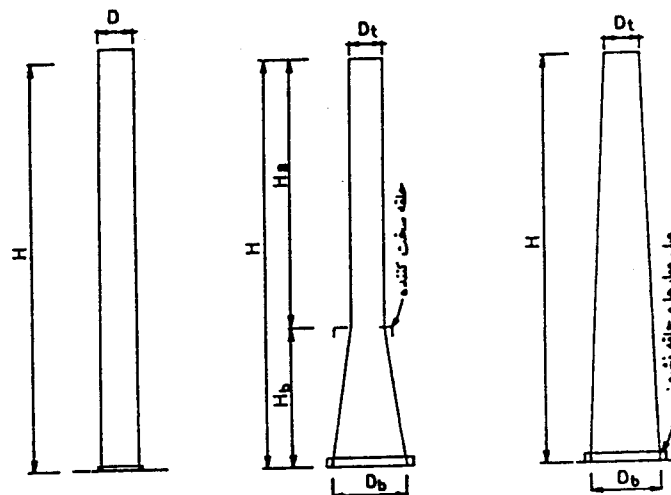
هدف از تدوین این استاندارد، ارائه ضوابط بارگذاری، روشهای تحلیل، طراحی و ضوابط کلی ساخت و اجرای سازه دودکشهای نیروگاههای بخاری و سیکل ترکیبی می باشد.

۲-۱- کاربرد

انواع دودکشهایی که این استاندارد برای آنها کاربرد دارد به شرح زیر می باشد:

۱-۲-۱- دودکشهای فولادی خود ایستا^۱

دودکشهای فولادی خود ایستا از نظر فرم ظاهری معمولاً مطابق اشکال ارائه شده در شکل ۱-۱ می باشند این دودکشا حداکثر تا ارتفاع ۱۰۰ متر ساخته می شوند اگر ارتفاع دودکش کمتر از ۴۰ متر باشد،



شکل ۱-۱- فرمهای مختلف دودکشهای فولادی خود ایستا

1) Self Supporting Stacks

شماره صفحه ۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

معمولاً به فرم استوانه‌ای کامل طراحی می‌گردد و برای ارتفاع بیشتر از فرمهای ترکیبی مخروطی استوانه‌ای استفاده می‌شود.

معمولاً در ساخت و طراحی این دودکشها نسبت‌های زیر رعایت می‌شود:

$$H_b \cong \left(\frac{1}{3} \text{ تا } \frac{1}{4} \right) H \quad (1-1)$$

$$D_b \cong \left(\frac{5}{4} \text{ تا } \frac{4}{3} \right) D_t$$

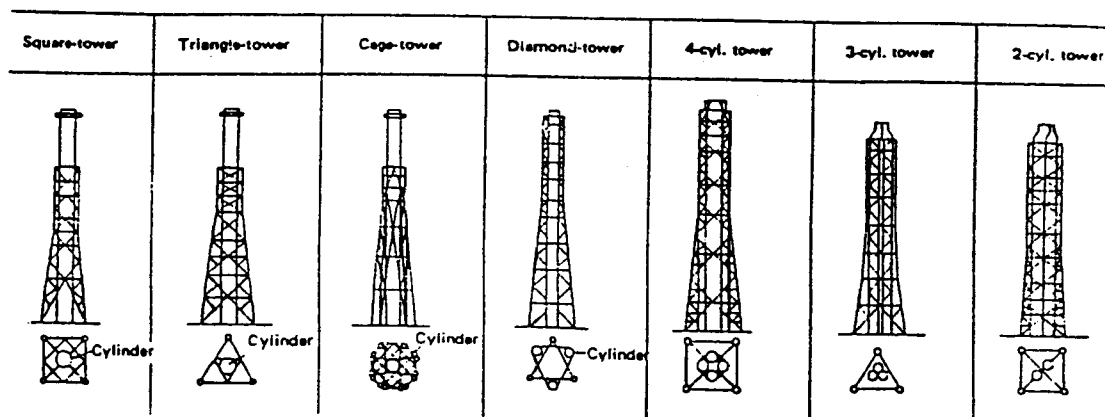
در نیروگاههای سیکل ترکیبی دودکشها از نوع خود ایستا می‌باشند.

۲-۲-۱- دودکشهای مهارشده توسط برج فولادی یا پوسته بتنی

در مواردی برای مهار کردن جانبی دودروها از یک سازه جداگانه مثل یک برج فولادی یا پوسته بتنی

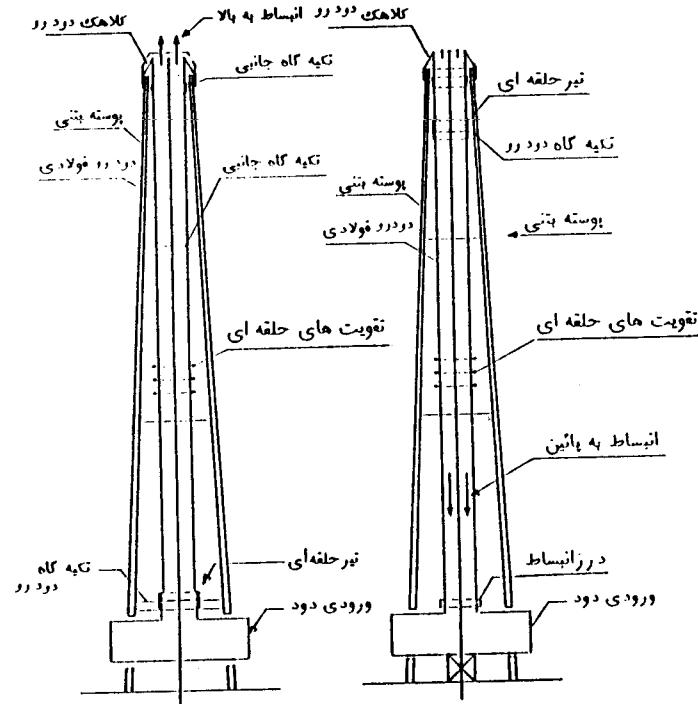
استفاده می‌شود. در این شرایط می‌توان چندین دودرو را توسط یک سازه مهارکننده، مهار نمود. نمونه‌هایی از

این نوع دودکشها در اشکال ۲-۱ و ۳-۱ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱- دودکشهای مهاربندی شده توسط برج فولادی

شماره صفحه ۵	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



شکل ۱-۳- دودکشهای مهاربندی شده توسط پوسته بتنی

دودکشهای نشان داده شده در شکل ۱-۲ برای ارتفاعهای بالاتر از ۷۰ متر مناسب هستند.

۱-۵- سایر قوانین

پارامترهای موثر در تعیین ارتفاع دودکش عبارتند از اطلاعات هواشناسی (سرعت و جهت باد، دمای محیط، فشار هوای محیط، تعداد روزهای ابری و آفتابی و دفعات وارونگی)، میزان ماده آلاینده، میزان مجاز نشر مواد آلاینده، ارتفاع موثر دود، میزان آلودگی موجود منطقه، جغرافیایی انسانی، کشاورزی و صنعتی، ضریب بار نیروگاه و اطلاعات توپوگرافی اطراف ساختگاه

۱-۵-۱- میزان ماده آلاینده

در بین آلایندهها تنها میزان تولید اکسیدهای گوگرد رابطه مستقیم با میزان گوگرد موجود در سوخت دارد

شماره صفحه ۶	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

و لذا میزان تولید کلیه آلاینده‌ها به غیر از اکسید گوگرد باید توسط طراحان بویلر مشخص شود.
در نیروگاه‌های بخاری ایران سوخت مورد مصرف گاز طبیعی و مازوت می‌باشد، که بسته به مورد یکی
بعنوان سوخت اول و دیگری بعنوان سوخت دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گاز طبیعی حاوی میزان ناچیزی از گوگرد بوده و استفاده از آن مشکل نشر اکسیدهای گوگرد را نخواهد
داشت. با استفاده از نفت کوره، که حاوی ۰.۳-۰.۴٪ گوگرد می‌باشد، اکسیدهای گوگرد ایجاد خواهند شد. طی
فرآیند احتراق تقریباً تمامی گوگرد به دی‌اکسید گوگرد تبدیل می‌شود و بخش ناچیزی نیز به تری‌اکسید گوگرد
(ایندرید سولفوریک) تبدیل می‌گردد.

لذا با توجه به اینکه هیچ‌یک از نیروگاه‌های بخاری برای استفاده از گاز طبیعی به تنهایی طراحی
نمی‌گردند، و اینکه در صورت استفاده از نفت کوره به ازای کیلوکالری انرژی تولید شده در بویلر، میزان تولید
اکسیدهای گوگرد بیش از سایر آلاینده‌ها می‌باشد و با توجه به کمتر بودن حد مجاز غلظت دی‌اکسید گوگرد در
سطح زمین، نسبت به سایر آلاینده‌ها، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که از بین آلاینده‌ها، دی‌اکسید گوگرد در تعیین
ارتفاع دودکش، کنترل‌کننده خواهد بود. بنابراین در این گزارش چنانچه به "ماده آلاینده" اشاره شده، منظور
دی‌اکسید گوگرد می‌باشد.

۱-۵-۲- میزان مجاز نشر مواد آلاینده

میزان مجاز نشر آلاینده در سطح زمین باید توسط استانداردهای معتبر بین‌المللی نظیر EPA^۱ معین
شود. جدول ۱-۱ میزان غلظت مجاز آلاینده‌ها را در سطح زمین مطابق استاندارد EPA ارائه می‌نماید.

1) Environmental Protection Agency

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۷
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

جدول ۱-۱- استاندارد EPA - حدود مجاز آلاینده در سطح زمین

ماده آلاینده	حد مجاز
مواد معلق	متوسط هندسی سالیانه $0.06 \frac{mg}{m^3}$ ماکزیمم ۲۴ ساعت و تنها یکبار در سال $0.15 \frac{mg}{m^3}$
اکسیدهای گوگرد	متوسط حسابی سالیانه (۰.۰۲ p.p.m) $0.06 \frac{mg}{m^3}$ ماکزیمم ۲۴ ساعت و تنها یکبار (۰.۰۲ p.p.m) $0.26 \frac{mg}{m^3}$ ماکزیمم ۳ ساعت و تنها یکبار در سال $1.3 \frac{mg}{m^3}$
متواکسید کربن	ماکزیمم ۸ ساعت و تنها یکبار در سال (۹ p.p.m) $10 \frac{mg}{m^3}$ ماکزیمم ۱ ساعت و تنها یکبار در سال (۲۵ p.p.m) $40 \frac{mg}{m^3}$
اکسیدهای نیتروژن	متوسط حسابی سالیانه (۰.۰۵ p.p.m) $0.1 \frac{mg}{m^3}$ متوسط ماکزیمم ۲۴ ساعت (۰.۰۵ p.p.m) $0.1 \frac{mg}{m^3}$
هیدروکربن ها	ماکزیمم ۳ ساعت و تنها یکبار در سال (۰.۲۴ p.p.m) $0.16 \frac{mg}{m^3}$
اکسیدانت های فتوشیمایی	ماکزیمم یک ساعت و تنها یکبار در سال $0.16 \frac{mg}{m^3}$

۱-۵-۳- ارتفاع موثر دود

گازهای حاصل از احتراق هنگام خروج از دودکش تحت تاثیر دو مولفه حرکت می‌کنند، مولفه‌ای به جهت بالا بواسطه انرژی جنبشی و اختلاف دانسیته‌ای که با هوای محیط دارند و مولفه‌ای در جهت باد. ارتفاعی را که دود پس از نشر به آتمسفر به سمت بالا خواهد رفت، خیزش دود می‌نامند. ارتفاع موثر دود جمع ارتفاع فیزیکی دودکش و خیزش دود می‌باشد.

میزان خیزش دود بستگی به عواملی نظیر، سرعت و دمای گازهای خروجی، قطر دودکش و شرایط هواشناسی منطقه (سرعت باد، دما و فشار هوای محیط) دارد. سرعت گازهای خروجی توسط طراح بویلر مشخص می‌شود و در مواردی نیز می‌توان محدوده تعیین شده جهت سرعت گازهای خروجی را مبنای محاسبات قرار داد. این محدوده برابر است با $2/20-6/17$ متر بر ثانیه یا $4000-3000$ فوت بر دقیقه.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

۱-۵-۴- قطر دودکش

قطر دودکش با داشتن دبی حجمی گازهای حاصل از احتراق و سرعت گازهای خروجی از دودکش بدست می آید. محاسبه دبی حجمی گازهای حاصل از احتراق نیز توسط طراحان سیکل و بویلر انجام می شود.

۱-۵-۵- میزان آلودگی منطقه

دریافت اطلاعات مربوط به میزان آلاینده‌ها در محدوده مورد بررسی اطراف ساختگاه انتخابی برای احداث نیروگاه به منظور بررسی شرایط از لحاظ میزان آلودگی موجود و اختلاف آن با حد مجاز غلظت آلاینده‌ها در سطح زمین لازم می باشد. کسب این اطلاعات از طریق سازمان حفاظت محیط زیست ایران و یا انجام آزمایشات در یک دوره مشخص میسر می باشد.

۱-۵-۶- جغرافیای انسانی، کشاورزی، صنعتی

کسب اطلاعات مربوط به وضعیت شهرها و مناطق مسکونی، اراضی مزروعی و باغات و نوع محصول، همچنین چگونگی استقرار صنایع مختلف در محدوده ساختگاه مورد بررسی لازم می باشد.

۱-۵-۷- اطلاعات توپوگرافی اطراف ساختگاه

این اطلاعات با استفاده از نقشه‌های $\frac{1}{50000}$ سازمان جغرافیای کشوری بدست خواهد آمد و برای محدوده ۵۰ کیلومتری اطراف نیروگاه مورد نیاز است.

۱-۵-۸- ضریب بار نیروگاه

ضریب بار نیروگاه برابر است با نسبت مصرف سوخت در طی یک دوره مشخص به مصرفی که با فرض استفاده پیوسته (دائمی) از حداکثر یا مقدار مشخص شده بار در طی همان دوره می توانست امکان پذیر باشد. مقدار ضریب بار سالیانه نیز توسط طراحان تجهیزات نیروگاهی و براساس اهداف و چگونگی بهره برداری نیروگاه مشخص می گردد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۹
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

فصل دوم

مصالح مصرفی

۳-۲- برج فولادی نگهدارنده دودرو

۴-۲- دودروی فولادی

فولادهای مصرفی در دودکش و مشخصات مربوط به آنها را می توان در جداول ۱-۲ و ۲-۲ خلاصه کرد.

جدول ۱-۲- نوع فولادهای مصرفی

ملاحظات	مصادر		
صنحاتی که جهت ساخت لوله ها، صنححات اتصال و وصله ها بکار می روند.	DIN st 37-2 st 52-3	صنححات	برج فولادی
لوله های اعضای اصلی، مورب و افقی	DIN st 37-2	لوله	
صفحه زیر سری دودرو، حلقه های نگهدارنده، قسمتهایی از استوانه دودرو (سخت کننده) و اتصال پوسته دودرو به صفحه زیرسری	DIN st 37-2	صنححات	دودرو
قسمتهای بالایی استوانه فلزی دودرو	Corten steel کورتن استیل		
پیچهای با مقاومت بالا	ASTM A325	پیچها	
پیچهای معمولی و میل مهارها	ASTM A307		

جدول ۲-۲- مقاومت فولادهای مصرفی

مقاومت کششی	تنش جاری شدن F_y	استاندارد	نوع فولاد
t/cm^2	t/cm^2		
۳/۴	۲/۳۵	DIN Rst 37-2	فولاد معمولی
۴/۹	۳/۵۵	DIN st 52-3	فولاد با مقاومت بالا
۳/۴	۲/۳۵		کورتن - استیا (Corten steel)

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۰
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

۷-۲- عایق داخلی

۲-۷-۲- آجر نسوز

این نوع آجرها قوسی شکل ساخته می‌شوند که برای نصب در دودکش مناسب باشند. آجر نسوز نیازهای قسمت الف و ب از بند ۱-۳-۹ را برآورده می‌سازد ولی به علت ظرفیت بالای حرارتی برای مورد ذکر شده در قسمت ج مناسب نمی‌باشد.

۳-۷-۲- آجر ضد اسید

این نوع آجر به خوبی نیاز قسمت ب از بند ۱-۳-۹ را برآورده می‌سازد.

۴-۷-۲- آجر دیاتمه

این نوع آجرها نیازهای قسمت الف و ج از بند ۱-۳-۹ را برآورده می‌سازد و در دماهای ۱۵۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد و متناسب با نوع گاز عبوری نیازهای بند (ب) را نیز برآورده می‌سازد. این نوع عایق در حالت خشک دارای ضریب انبساط حرارتی پایینی بوده و در مقابل تغییر دما مقاوم می‌باشد. به علت قابلیت جذب آب زیادی که این نوع آجر دارد باید در محیط‌های خشک نگهداری شود.

۵-۷-۲- بتن دیاتمه

این نوع عایق دارای ضریب انبساط حرارتی نسبتاً پایینی است و نیازهای قسمت الف و ج بند ۱-۳-۹ را برآورده می‌سازد و متناسب با نوع گاز عبوری در دماهای بین ۱۵۰ تا ۸۷۰ درجه سانتیگراد نیاز بند (ب) را نیز برآورده می‌کند.

۸-۲- عایق خارجی

۱-۸-۲- کلیات

به منظور به حداقل رساندن اتلاف حرارت دودروها و پایین نیامدن درجه حرارت گاز عبوری از داخل

شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳	محامیات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۱
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

آن، لازم است سطح خارجی دودروهای فولادی کاملاً عایق‌بندی شود. میزان این عایق‌بندی و ضخامت آن بستگی به عوامل زیر دارد.

- الف) نوع عایق و میزان موثر بودن آن
- ب) سرعت گاز عبوری از داخل دودرو
- ج) دمای گاز در لحظه ورود به داخل دودرو

آنچه که در انتخاب عایق مهم می‌باشد، این است که همواره باید دمای گاز در حالتی که دودکش در حالت عادی کار می‌کند بالای نقطه میعان باشد تا خوردگی در اثر عبور گاز کاهش یابد. سرعت گاز در داخل دودرو باید به حدی باشد که گاز تا آنجا که ممکن است سریعتر از دودرو خارج شود. برای این منظور حداقل سرعت $4/5$ متر بر ثانیه و حداکثر 35 متر بر ثانیه توصیه می‌شود. اگر سرعت گاز خیلی کم باشد، نمی‌تواند تمام مقطع دودرو را در بالاترین نقطه کاملاً پر نماید و در نتیجه هوای سرد در اثر وزش باد، داخل دودکش می‌شود و سطح دودرو را سرد نموده و دمای گاز به زیر نقطه میعان کاهش می‌یابد و دودکش دچار پدیده وارونگی هوای سرد می‌شود.

۲-۸-۲- پوشش آلومینیومی

استفاده از صفحات آلومینیومی بدلیل ضریب بازتاب حرارتی بالای آنها از روشهای موثر در عایق‌بندی دودروها می‌باشد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۲
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

فصل سوم

ضوابط ساخت و نگهداری

۳-۲-۳- دودروی فولادی

۳-۲-۳-۴- سخت کننده‌ها

۳-۲-۳-۴- الف - سخت کننده‌های حلقوی

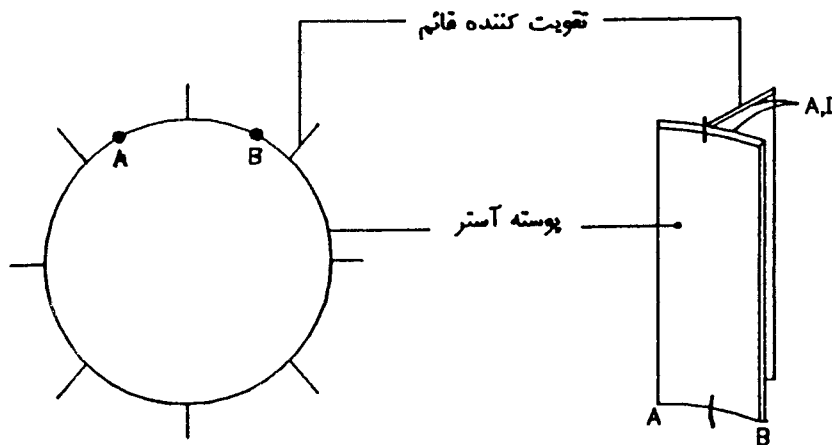
به علت اختلاف فشار موجود بین خارج و داخل دودرو تنشهای محیطی در جداره دودکش بوجود خواهد آمد. علاوه بر این وزش باد باعث می شود پوسته تحت فشاری محیطی قرار گیرد و دچار پدیده بیضی شدن شود.

به منظور جلوگیری از تغییر شکل های محیطی در بدنه دودرو از سخت کننده های حلقوی شکل استفاده می شود، وجود این سخت کننده ها به فواصل معین از کمانش محیطی پوسته دودرو نیز ممانعت می نماید. همچنین در مواردی که دودروهای فولادی بصورت خود ایستا طراحی می شوند و نیز در دودروهای فولادی مهار شده معمولاً به منظور پایداری بیشتر قسمت پایین را به شکل یک مخروط ناقص می سازند. برای جلوگیری از خمشهای موضعی در محل اتصال استوانه به این مخروط ناقص باید از تقویت کننده حلقوی استفاده شود.

۳-۲-۳- ب - سخت کننده های قائم

در مواردی که به دلیل ابعاد بزرگ دودرو، ضخامت آنها افزایش می یابد اقتصادی تر این است که از تقویت های قائم در بدنه دودرو استفاده شود. به منظور ایجاد مقاومت بالا در برابر کمانش در این حالت هر کدام از این تقویت ها با بخشی از دودرو، یک مقطع مرکب تشکیل می دهند و مانند یک ستون طراحی می شود. (شکل ۱-۳)

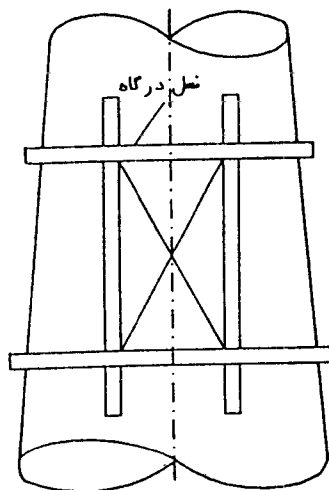
شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۳
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸



شکل ۱-۳- تقویت کننده‌های قائم دودرو

۳-۲-۴- ج - تقویت‌های اطراف بازشوها

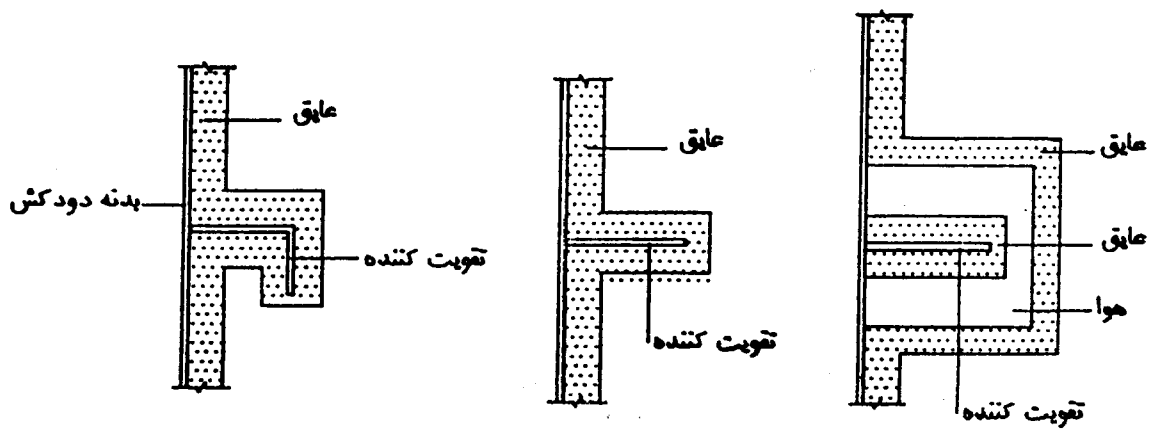
بازشوها در دودروها به منظور هدایت دود و گازهای حاصل از کارکرد بویلر به داخل دودرو تعبیه می‌شوند که این بازشوها معمولاً دارای ابعاد قابل توجهی هستند و در نتیجه اثر قابل ملاحظه‌ای بر توزیع تنشها در جداره دودرو می‌گذارند. اطراف این بازشوها باید به نحوی تقویت شود که در مقاومت کلی مقطع در اثر وجود بازشو تغییری حاصل نشود. (شکل ۲-۳)



شکل ۲-۳- تقویت‌های اطراف بازشو

۳-۲-۴- د - نمونه‌هایی از نحوه عایق‌بندی سخت‌کننده‌ها در شکل ۳-۳ آورده شده است.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۴
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸



شکل ۳-۳. نحوه عایق بندی تقویت کننده های بدنه دودرو

۴-۳- عایق کاری

۳-۱-۴-۳- عایق های بتنی

برای اجرای این نوع پوشش ها روش های مختلفی استفاده می شود که دو روش معمول به شرح زیر می باشد.

الف) اجرای پوشش به روش پاششی

در این روش مواد مربوط به پوشش داخل دودرو بوسیله دستگاهی که با پمپ هواکار می کند به دیواره دودرو پاشیده می شوند. نحوه قرار گرفتن مواد بر روی دیواره دودرو بستگی به شرایط کار و درجه حرارت دارد. معمولاً پاشیدن مواد از پایین به بالا شروع می شود و سپس مواد در نوارهای دایره ای شکل و به ارتفاع کم تا رسیدن به ضخامت نهایی، به دیواره پاشیده می شوند.

ب) اجرای پوشش با قالب بندی

در این روش مواد به داخل قالبهایی که در ابعاد محدود در داخل دودرو قرار گرفته اند، ریخته می شوند و بعد از مدتی (بسته به نوع عایق و درجه حرارت هوا) قالبها باز می شوند. در این روش سطحی با کیفیت بهتر نسبت به روش قبل بوجود می آید ولی مدت اجرای پوشش طولانی تر خواهد شد.

۳-۴-۲- عایق پشم معدنی

پوشاندن صفحات فولادی دودرو با نوع مناسبی از لایه های پشم معدنی با ضخامت کافی باعث می شود تا عایق مناسب تری نسبت به پوشش آلومینیومی که با ۶ میلیمتر فاصله از دودکش اجرا شده بدست آید.

شماره صفحه ۱۵	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

فصل چهارم بارهای طراحی

۴-۳- نیروی باد

۴-۳-۱- کلیات

بار باد یکی از مهمترین بارگذاری‌های روی دودکش است. مسائل مربوط به پیشگیری از آلودگی هوا باعث ازدیاد هرچه بیشتر ارتفاع دودکش‌ها شده است، بدین جهت در دودکش‌ها حساسیت زیادی نسبت به اثر بارباد وجود دارد.

بطورکلی حتی هنگام وزش ملایم‌ترین بادها راس دودکش تحت فرکانس ارتعاشی خود تغییر مکان می‌یابد. مسیر طی شده توسط راس دودکش یک بیضی است که طول قطرهای کوتاه و بلند آن با زمان متغیر است و گاهی قطر کوتاه برابر صفر بوده (خط) و غالباً این قطر در امتداد وزش باد قرار دارد.

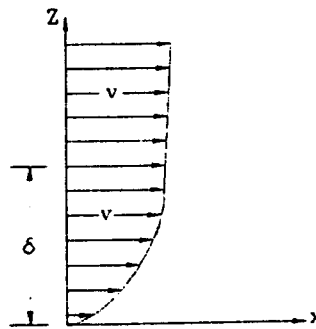
پیش‌گویی دقیق اثر باد بوسیله روشهای تحلیلی تقریباً غیرممکن است زیرا رفتار نامعلوم و بی‌ثبات دارد، بنابراین از روشهای تحلیل آماری استفاده می‌شود که اغلب نسبت به رفتار واقعی باد، همراه با ساده‌سازی‌هایی خواهد بود، این روشها در عمل نتایج قابل قبولی را ارائه کرده‌اند.

تحلیل اثر باد بر روی دودکش شامل دو قسمت استاتیکی و دینامیکی است. در قسمت استاتیکی آنچه که مدنظر است مقدار فشار باد و توزیع این فشار در ارتفاع و پیرامون مقطع دودکش است. بدلیل رفتار دینامیکی باد سازه دودکش در امتداد وزش باد و نیز در امتداد عمود بر وزش باد ارتعاش خواهد کرد. علاوه بر آن در اثر تغییرات زمانی توزیع پیرامونی بارباد، مقطع دایره‌ای شکل دودکش تحت ارتعاش بیضوی قرار می‌گیرد. سازه دودکش در مقابل این ارتعاشات باید پایداری خود را حفظ کند.

بطورکلی تحلیل دقیق دینامیکی اثرات باد بر روی دودکش پیچیده و وقت‌گیر است، بهمین دلیل اغلب آئین‌نامه‌های معتبر اثرات دینامیکی باد را بصورت یک نیروی استاتیکی معادل جایگزین می‌نمایند. یکی از مشخصات مهم باد تغییرات سرعت آن با افزایش ارتفاع است. میانگین سرعت باد در یک ناحیه که

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۶
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

اغلب بعنوان سرعت باد از آن یاد می‌شود، در نقطه تماس با سطح زمین صفر است و با افزایش ارتفاع از سطح زمین افزایش می‌یابد. این تغییرات در لایه‌ای از سطح زمین بنام لایه مرزی اتمسفر در نظر گرفته می‌شود. (شکل ۱-۴)

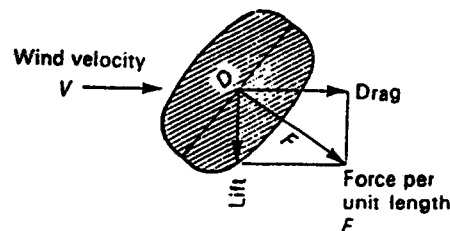


شکل ۱-۴- تغییرات سرعت باد با افزایش ارتفاع از سطح زمین

δ ارتفاع لایه مرزی است که تا این ارتفاع تغییرات سرعت باد قابل توجه بوده و در بالاتر از آن محسوس نیست. تغییرات سرعت باد نسبت به افزایش ارتفاع در لایه مرزی اتمسفر می‌تواند با روابط لگاریتمی یا توانی نشان داده شود. فرمول ۱-۴ در استاندارد معرف این تغییرات می‌باشد.

۱-۳-۴- بار باد در امتداد طولی

چنانچه بار باد با سرعت $V(z)$ به مقطعی مطابق شکل ۲-۴ برخورد کند، در صورتیکه محور تقارن مقطع در امتداد وزش باد نباشد نیروی وارده از باد به مقطع به دو مولفه عمود بر هم تجزیه می‌شود. یکی از این دو در امتداد جریان بوده و به نیروی درگ موسوم است و دیگری در جهت عمود بر جهت جریان باد است و نیروی لیفت نامیده می‌شود.



شکل ۲-۴- نیروهای موثر باد

شماره صفحه ۱۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

در صورتیکه جهت وزش باد در امتداد یکی از محورهای تقارن مقطع باشد، آنگاه در بررسی استاتیکی نیروی لیفت برابر با صفر خواهد شد و در این حالت نیروی اعمالی به سازه تنها نیروی درگ خواهد بود که در جهت جریان اعمال می شود. لازم به ذکر است که در بررسی رفتار دینامیکی باد نوع دیگری از نیروی لیفت در اثر تولید پیچکها بوجود می آید که در بند (۲-۳-۳-۴) بطور مشروح بیان شده است. فرمول ۲-۴ بیانگر مقدار نیروی لیفت است.

۲-۳-۴-۱-الف - ضریب C_H

ضریب C_H ، ضریب درگ^۱ است. C_H بستگی به شکل مقطع و عدد رینولدز^۲ دارد، برای سرعت‌هایی از باد که دودکش به ازا آنها طراحی می شود اعداد رینولدز در محدوده‌ای قرار دارد که برای این محدوده مقدار ضریب فوق ثابت و در نتیجه مقدار آن فقط بستگی به شکل جسم خواهد داشت.

الف) دودکش بتنی

ضرایب ارائه شده برای C_H مربوط به دودکش‌های لاغر که نسبت $h/d(h)$ می تواند بیش از ۲۰ با ضریب زبری سطح در حدود 10^{-4} تا 10^{-5} می باشد. بدیهی است با کاهش $h/d(h)$ می توان مقادیر کمتری از C_H و با افزایش ضریب زبری مقدار بیشتری از C_H را انتظار داشت.

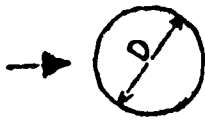


ب) دودکش فلزی خود ایستا

جدول ۱-۴ معرف ضریب درگ در این نوع دودکش‌ها می باشد.

- 1) Drag
- 2) Reynolds

شماره صفحه ۱۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

جدول ۱-۴- مقادیر ضریب درگ در دودکش‌های فلزی خود ایستا

انواع سطح مقطع	C_d
	۰/۸
	۱/۲
	۰/۹

۴-۳-۱-ب - بار شبه دینامیکی $W'(z)$

روابطی که در این استاندارد برای محاسبه زمان تناوب دودکش ارائه شده است (روابط ۴-۸ و ۴-۲۲) روابط

تقریبی است که دارای درصدی خطا نسبت به تحلیل دینامیکی می‌باشد.

مثال ۱-۴- محاسبه زمان تناوب مد اول دودکشی با مشخصات زیر با دوروش تقریبی و تحلیل دقیق دینامیکی

- ارتفاع دودکش : ۲۰۰ متر

- قطر متوسط در تراز پی : ۲۵ متر، در راس دودکش : ۱۵ متر

- ضخامت دودکش در تراز پی : ۵۰ سانتیمتر که بصورت خطی تا تراز ۱۵۰ متری کاهش می‌یابد و از تراز ۱۵

متری تا راس دودکش ضخامت ثابت و مقدار آن ۲۵ سانتیمتر می‌باشد (فرض اولیه)

- قطر دودرو : ۵/۵ متر

دودکش مزبور با استفاده از مدلسازی اجزاء محدود مدل سازی و زمان تناوب آن محاسبه گردید :

$$T_1 = 2.42 (S)$$

$$T_2 = 0.6(S)$$

شماره صفحه ۱۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

زمان تناوب مد اول و دوم با استفاده از روابط ۴-۸ و ۴-۴ به شرح زیر می باشد.

$$T'1 = \frac{5(200)^2}{(25)} \sqrt{\frac{2400}{2.1 \times 10^5 \times 10^4 \times 9.81}} \left[\frac{0.25}{0.5} \right]^{0.3} = 2.22 \text{ sec} \quad \therefore \quad \text{٪.۸} = \text{میزان خطا}$$

٪.۲۲ = میزان خطا

$$T'2 = 0.82 \frac{(200)^2}{25} \sqrt{\frac{2400}{2.1 \times 10^5 \times 10^4 \times 9.81}} \left[\frac{0.25}{0.5} \right]^{0.09} = \left[\frac{15}{25} \right] - 0.22 = 0.47 \text{ sec} \quad \therefore$$

همانطور که ملاحظه می شود میزان خطا به خصوص در مد دوم نسبتاً زیاد می باشد، بنابراین توصیه می شود

از آنالیز دینامیکی برای محاسبه زمان تناوب استفاده شود.

۴-۳-۲- بار باد در امتداد عرضی

در اثر وزش باد در پشت استوانه دودکش جریانهای چرخشی کوچکی به نام پیچک بوجود می آید که دارای مشخصات یکسان ولی جهت چرخش مخالف هستند. این پیچکها از دو طرف استوانه بصورت متناوب و یک در میان تولید و به سمت پایین دست جریان با سرعتی کمتر از سرعت جریان شروع به حرکت می کنند. تولید پیچکها کاملاً منظم و با فرکانس ثابت انجام می گیرد و سبب بوجود آمدن نیرویی در امتداد عمود بر امتداد وزش باد می شود. این نیرو حالت دینامیکی متناوب دارد و در حالتی که فرکانس تولید پیچکها و در نتیجه فرکانس اعمال این نیرو با فرکانس طبیعی سازه منطبق باشد پدیده تشدید رخ خواهد داد. شکل ۴-۳



شکل ۴-۳- تولید پیچکها در اثر وزش باد

مثال ۴-۲- محاسبه بار باد و لنگرهای ناشی از آن برای دودکش بتنی با دو واحد دودرو و مشخصات زیر:

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۲۰
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

قطر هر دودرو: ۴/۵ متر

ارتفاع دودکش: ۱۵۷/۵ متر

قطر خارجی در تراز پی: ۱۹/۸ متر

قطر خارجی در راس: ۱۳/۵ متر

ضخامت پوسته در تراز پی: ۵۰ سانتیمتر که بصورت خطی تا تراز ۱۰۰ متری کاهش می یابد و از تراز ۱۰۰ متری تا راس دودکش ضخامت ثابت و مقدار آن ۳۵ سانتیمتر است.

سرعت حداکثر باد در ارتفاع ۱۰ متری: ۱۲۰ km/hr

الف) محاسبه بار باد در امتداد طولی و لنگر ناشی از آن (در پایه)

$$\bar{V}_{(Z)} = 0.217 \times V_R \times \left(\frac{128.74}{V_R}\right)^{0.09} \left(\frac{Z}{10}\right)^{0.14} \quad \text{(رابطه ۱-۴)}$$

$$\bar{V}_{(Z)} = 18.984 Z^{0.14}$$

$$\bar{V}_{(10)} = 26.205 \text{ m/sec}$$

$$\bar{P}_{(Z)} = 0.0683 (18.984 Z^{0.14})^2$$

$$\therefore \bar{P}_{(Z)} = 24.615 (Z)^{0.28}$$

$$d_{(h)} = 13.5 \text{ m}, h = 157.5 \text{ m}$$

$$h - 1.5d_{(h)} = 157.5 - (1.5)(13.5) = 137.25 \text{ m}$$

$$c_d = \begin{cases} 0.65 & Z < 137.25 \\ 1 & Z \geq 137.25 \end{cases}$$

$$d_Z = 19.8 - 0.04Z$$

$$\therefore \bar{W}_{(Z)} = \begin{cases} 16Z^{0.28} (19.8 - 0.04Z) & Z < 137.25 \\ 24.615Z^{0.28} (19.8 - 0.04Z) & Z \geq 137.25 \end{cases}$$

شماره صفحه ۲۱	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$M_{\bar{w}(b)} = \int_0^{137.25} 16Z^{0.28} (19.8-0.04Z)ZdZ + \int_{137.25}^{157.5} 24.615Z^{0.28} (19.8-0.04Z) ZdZ$$

$$M_{\bar{w}(b)} = 16(8.684Z^{2.28} - 0.012 Z^{3.28}) \Big|_0^{137.25} + 24.615(8.684.Z^{2.28} - 0.012Z^{3.28}) \Big|_{137.25}^{157.5}$$

$$M_{\bar{w}(b)} = 8.41 \times 10^6 + 17.10 \times 10^6 - 12.95 \times 10^6$$

$$\therefore M_{\bar{w}(b)} = 12.56 \times 10^6 \text{ kg.m}$$

ممان ناشی از مولفه استاتیکی بار باد

ب (محاسبه زمان تناوب دودکش

برای محاسبه زمان تناوب دودکش می توان سازه را به روش میله ای مدل نمود که فایل ورودی و خروجی در

ادامه آورده شده است.

شماره صفحه ۲۲	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آزمایه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

SYSTEM

l=2 v=2

JOINTS

1 X=0 Y=0 Z=0 s=.01

32 Z=15500 G=1,32,1

33 Z=15750

101 X=2500 Y=0 Z=0

132 Z=15500 G=101,132,1

133 Z=15750

201 X=4500 Y=0 Z=0

232 Z=15500 G=201,232,1

233 Z=15750

RESTRAINTS

1,33,1 R=0,1,0,1,0,1

101,133,1 R=0,1,0,1,0,1

201,233,1 R=0,1,0,1,0,1

1 R=1,1,1,1,1,1

101 R=1,1,1,1,1,1

201 R=1,1,1,1,1,1

CONSTRAINTS

106 C=6,0,0,0,0,0

111 C=11,0,0,0,0,0

116 C=16,0,0,0,0,0

121 C=21,0,0,0,0,0

126 C=26,0,0,0,0,0

131 C=31,0,0,0,0,0

206 C=6,0,0,0,0,0

211 C=11,0,0,0,0,0

216 C=16,0,0,0,0,0

221 C=21,0,0,0,0,0

226 C=26,0,0,0,0,0

231 C=31,0,0,0,0,0

FRAME

NM=33 n1=10

1 SH=P T=1970e-2,49.6e-2 E=2.1E10 m=73673

2 SH=P T=1949e-2,48.8e-2 E=2.1E10 m=71712

3 SH=P T=1928e-2,48.0e-2 E=2.1E10 m=69777

4 SH=P T=1908e-2,47.2e-2 E=2.1E10 m=67758

5 SH=P T=1887e-2,46.4e-2 E=2.1E10 m=65981

6 SH=P T=1866e-2,45.6e-2 E=2.1E10 m=64156

7 SH=P T=1845e-2,44.8e-2 E=2.1E10 m=62321

8 SH=P T=1824e-2,44.0e-2 E=2.1E10 m=60511

9 SH=P T=1804e-2,43.3e-2 E=2.1E10 m=58890

10 SH=P T=1783e-2,42.5e-2 E=2.1E10 m=57100

11 SH=P T=1762e-2,41.7e-2 E=2.1E10 m=55400

12 SH=P T=1741e-2,40.9e-2 E=2.1E10 m=53600

13 SH=P T=1720e-2,40.1e-2 E=2.1E10 m=52000

14 SH=P T=1700e-2,39.3e-2 E=2.1E10 m=50000

15 SH=P T=1679e-2,38.5e-2 E=2.1E10 m=48700

16 SH=P T=1658e-2,37.7e-2 E=2.1E10 m=47100

17 SH=P T=1637e-2,36.9e-2 E=2.1E10 m=45500

18 SH=P T=1616e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=30400

19 SH=P T=1596e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=30000

20 SH=P T=1575e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=29700

21 SH=P T=1554e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=29300

22 SH=P T=1533e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=28900

23 SH=P T=1512e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=28500

24 SH=P T=1492e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=28100

25 SH=P T=1471e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=27700

26 SH=P T=1450e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=27300

27 SH=P T=1430e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=26900

28 SH=P T=1410e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=26400

شماره صفحه ۲۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

29 SH=P T=1397e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=26000
 30 SH=P T=1376e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=25600
 31 SH=P T=1356e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=25200
 32 SH=P T=1331e-2,25.0e-2 E=2.1E10 m=24800
 33 SH=P T=450e-2,2e-2 E=2.1E11 m=22000
 1 wg=7050,0,0
 2 wg=11100,0,0
 3 wg=15450,0,0
 4 wg=20280,0,0
 5 wg=25610,0,0
 6 wg=31460,0,0
 7 wg=37550,0,0
 8 wg=43940,0,0
 9 wg=50650,0,0
 10 wg=60320,0,0
 1 1 2 M=1 LP=3,0 nsl=1
 2 2 3 M=2 LP=3,0 nsl=1
 3 3 4 M=3 LP=3,0 nsl=1
 4 4 5 M=4 LP=3,0 nsl=2
 5 5 6 M=5 LP=3,0 nsl=2
 6 6 7 M=6 LP=3,0 nsl=2
 7 7 8 M=7 LP=3,0 nsl=3
 8 8 9 M=8 LP=3,0 nsl=3
 9 9 10 M=9 LP=3,0 nsl=3
 10 10 11 M=10 nsl=4
 11 11 12 M=11 nsl=4
 12 12 13 M=12 nsl=4
 13 13 14 M=13 nsl=5
 14 14 15 M=14 nsl=5
 15 15 16 M=15 nsl=5
 16 16 17 M=16 nsl=6
 17 17 18 M=17 nsl=6
 18 18 19 M=18 nsl=6
 19 19 20 M=19 nsl=7
 20 20 21 M=20 nsl=7
 21 21 22 M=21 nsl=7
 22 22 23 M=22 nsl=8
 23 23 24 M=23 nsl=8
 24 24 25 M=24 nsl=8
 25 25 26 M=25 nsl=9
 26 26 27 M=26 nsl=9
 27 27 28 M=27 nsl=9
 28 28 29 M=28 nsl=10
 29 29 30 M=29 nsl=10
 30 30 31 M=30 nsl=10
 31 31 32 M=31 nsl=10
 32 32 33 M=32 nsl=10
 101 101 102 M=33
 102 102 103 M=33
 103 103 104 M=33
 104 104 105 M=33
 105 105 106 M=33
 106 106 107 M=33
 107 107 108 M=33
 108 108 109 M=33
 109 109 110 M=33
 110 110 111 M=33
 111 111 112 M=33
 112 112 113 M=33
 113 113 114 M=33
 114 114 115 M=33
 115 115 116 M=33
 116 116 117 M=33
 117 117 118 M=33
 118 118 119 M=33

شماره صفحه ۲۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

119 119 120 M=33
 120 120 121 M=33
 121 121 122 M=33
 122 122 123 M=33
 123 123 124 M=33
 124 124 125 M=33
 125 125 126 M=33
 126 126 127 M=33
 127 127 128 M=33
 128 128 129 M=33
 129 129 130 M=33
 130 130 131 M=33
 131 131 132 M=33
 132 132 133 M=33
 201 201 202 M=33
 202 202 203 M=33
 203 203 204 M=33
 204 204 205 M=33
 205 205 206 M=33
 206 206 207 M=33
 207 207 208 M=33
 208 208 209 M=33
 209 209 210 M=33
 210 210 211 M=33
 211 211 212 M=33
 212 212 213 M=33
 213 213 214 M=33
 214 214 215 M=33
 215 215 216 M=33
 216 216 217 M=33
 217 217 218 M=33
 218 218 219 M=33
 219 219 220 M=33
 220 220 221 M=33
 221 221 222 M=33
 222 222 223 M=33
 223 223 224 M=33
 224 224 225 M=33
 225 225 226 M=33
 226 226 227 M=33
 227 227 228 M=33
 228 228 229 M=33
 229 229 230 M=33
 230 230 231 M=33
 231 231 232 M=33
 232 232 233 M=33

شماره صفحه ۲۵	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

BISTON CHIMNY CONSOL MODEL WITH LINING

E I G E N S Y S T E M P A R A M E T E R S

NUMBER OF EQUATIONS = 276
 NUMBER OF MASSES = 180
 NUMBER OF VALUES TO BE EVALUATED = 2
 SIZE OF SUBSPACE = 6

BISTON CHIMNY CONSOL MODEL WITH LINING

E I G E N V A L U E S A N D F R E Q U E N C I E S

MODE NUMBER	EIGENVALUE (RAD/SEC)**2	CIRCULAR FREQ (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)
1	.553144E+01	.235190E+01	.374317	2.671534
2	.103087E+03	.101532E+02	1.615930	.618839

BISTON CHIMNY CONSOL MODEL WITH LINING

B A S E F O R C E R E A C T I O N F A C T O R S

MODE #	PERIOD (sec)	X DIRECTION	Y DIRECTION	Z DIRECTION	X MOMENT	Y MOMENT	Z MOMENT
1	2.672	.269E+04	.000E+00	.203E-03	.000E+00	.304E+06	.000E+00
2	.619	-.175E+04	.000E+00	-.478E+00	.000E+00	-.679E+05	.000E+00

BISTON CHIMNY CONSOL MODEL WITH LINING

P A R T I C I P A T I N G M A S S - (percent)

MODE	X-DIR	Y-DIR	Z-DIR	X-SUM	Y-SUM	Z-SUM
1	53.041	00.000	.000	53.041	00.000	.000
2	22.332	00.000	.000	75.374	00.000	.000

شماره صفحه ۲۶	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

همانطور که ملاحظه می شود پریود مد اول برابر با ۲/۶۷ ثانیه می باشد.

ج) محاسبه بار شبه دینامیکی باد و لنگر ناشی از آن (در پایه)

$$T_1 = 2.67 \text{ sec}$$

$$\bar{V}_{10} = 26.205 \text{ m/sec}$$

$$Gw' = 0.3 + \frac{19.227[2.67 \times 26.205]^{0.47}}{(3.28 \times 157.5 + 16)^{0.86}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \therefore Gw' = 0.94 \\ W'(Z) = \frac{3Z(0.94)(12.56 \times 10^6)}{(157.5)^3} \end{array} \right.$$

$$\therefore W'(Z) = 9.07Z$$

$$M_{W'(b)} = \int_0^{157.5} (9.07Z)Z dz$$

$$\therefore M_{W'(b)} = 11.81 \times 10^6 \text{ kg.m}$$

$$M_{t(b)} = 11.81 \times 10^6 + 12.56 \times 10^6 = 24.37 \times 10^6 \text{ kg.m}$$

د) بار باد در امتداد عرضی

د - ۱) بررسی اثر مد اول

$$\gamma_d = \frac{d(h)}{d(b)} = \frac{13.5}{19.8} = 0.68 > 0.5$$

$$d_u = \frac{1}{2} \left[\left(19.8 - 0.04 \times \frac{2}{3} \times 157.5 \right) + 13.5 \right] = 14.55 \text{ m}$$

شماره صفحه ۲۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$V_{cr} = \frac{(5)(14.55)}{2.67} = 27.25 \text{ m/sec}$$

$$Z_{cr} = \frac{5}{6} (157.5) = 131.25 \text{ m}$$

$$V_{zcr} = (0.217)(120) \left(\frac{128.74}{120}\right)^{0.09} \times \left(\frac{131.25}{10}\right)^{0.14} = 37.56 \text{ m/sec}$$

چون $V_{cr} < V_{zcr}$ است پس در نظر گرفتن بار باد در امتداد عرضی بدون هیچگونه کاهش الزامی است.

$$P_{cr} = 0.068 (27.25)^2 = 50.49 \text{ kg/m}^2$$

$$\frac{h}{d(u)} = \frac{157.5}{14.55} = 10.82 < 16 \text{ و } \gamma_d > 0.5 \Rightarrow C_1 = 0.63$$

$$\gamma_d > 0.5 \Rightarrow C_2 = 0.6$$

$$\beta_s = 0.015$$

$$\rho_a = 1.2826 \text{ kg/m}^3$$

$$w_{t(u)} = 27463 \text{ kg/m}$$

$$\therefore W_{a(h)} = \frac{(0.63)(50.49)(14.55)}{\left[0.015 - \frac{(0.6)(1.2826)(14.55)^2}{27463}\right]^{0.5}} = 4860 \text{ kg/m}$$

$$w_{a(z)} = 4860 \left(\frac{Z}{157.5}\right)^{1.3} = 6.764Z^{1.3}$$

د-۲) بررسی اثر مد دوم

$$T_2 = 0.619 \text{ sec}$$

$$V_{cr} = \frac{5(d_h)}{T_2} = \frac{5(13.5)}{0.619} = 109.047 \text{ m/sec}$$

$$V_{(h)} = V_{(157.5)} = 26.196 \left(\frac{157.5}{10}\right)^{0.14} = 38.53 \text{ m/sec}$$

شماره صفحه ۲۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$V_{cr} > 1.45V_{(h)}$$

پیش‌نیازی به در نظر گرفتن اثرات مد دوم نیست

۴-۳-۲-۳- اثر گروه دودکشها

پدیده‌ای که به آن اثر گروه دودکشها^۱ می‌گویند، در واقع ارتعاش تولید شده در دودکش بوسیله آشفتگی‌های ایجاد شده توسط دودکشهای مجاور می‌باشد. (شکل ۴-۴)



شکل ۴-۴- اثر یک دودکش بر دودکشهای مجاور

در نیروگاههایی که چند دودکش در مجاورت هم ساخته می‌شوند این اثر مشهود است. همانطور که از شکل ۴-۴ مشخص است، دودکشی که در پایین دست جریان قرار دارد بوسیله پیچکهایی که توسط دودکش بالادست قرار دارد، تحریک می‌شود. ضربات وارده به سازه پشتی منظم بوده و فرکانس آن از رابطه $\pi = \frac{V \cdot S}{d}$ بدست می‌آید که در آن S عدد استروهل، d قطر دودکش و V سرعت باد می‌باشد.

تحقیقاتی که در این زمینه انجام یافته نشان می‌دهد که این پدیده می‌تواند تا ۴۰٪ اثر باد را بر روی سازه افزایش دهد. تاثیر این پدیده بستگی به فاصله بین دودکشها دارد. این تاثیر وقتی که فاصله مرکز تا مرکز دودکشهای مشابه حدود ۵ برابر قطر اندازه‌گیری شده در $\frac{2}{3}$ ارتفاع باشد به حداکثر خواهد رسید.

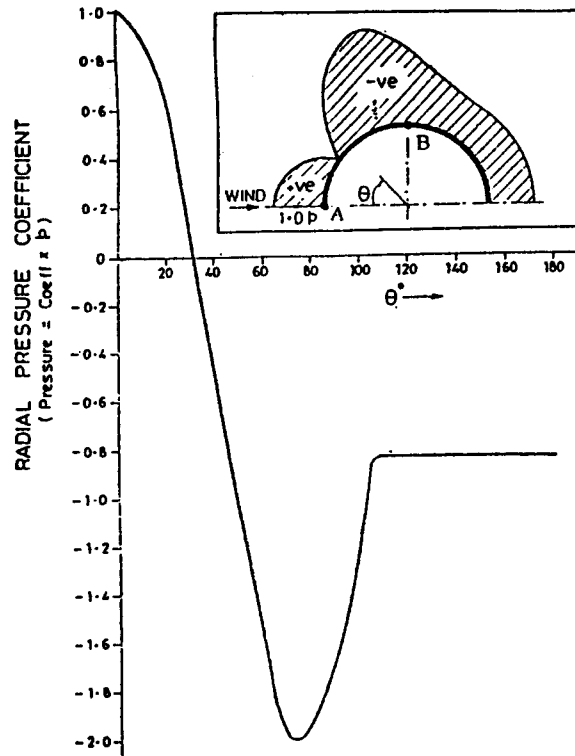
۴-۳-۲-۵- ممان‌های حلقوی در اثر بارباد

این ممان‌ها در اثر توزیع پیرامونی بارباد بوجود می‌آید، منحنی‌هایی که برای نمایش این توزیع در کتابها و

1) Buffeting

شماره صفحه ۲۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

استانداردها رسم شده‌اند با استفاده از آزمایشات انجام یافته روی مدل دودکش یا برج خنک‌کن در تونل باد بدست آمده است. کلیه بررسیها نشان می‌دهد که توزیع فشار پیرامون این سازه‌ها به فرم نشان داده شده در شکل ۵-۴ است.



شکل ۵-۴- توزیع بار باد در پیرامون دودکش

در صورتیکه P فشار باد در ارتفاع Z باشد $q = C_p P$ توزیع فشار در پیرامون مقطع در تراز Z است که

تغییرات C_p مطابق منحنی فوق می‌باشد.

این منحنی شامل مشخصات زیر است:

الف) حداکثر فشار ($\max C_p$)

ب) حداقل فشار (مکش - $\min C_p$)

ج) موقعیتی که در آن فشار صفر است θ_0

د) موقعیتی که در آن فشار حداقل است θ_1

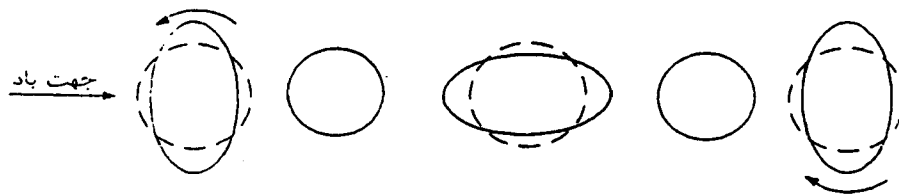
شماره صفحه ۳۰	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

توزیع پیرامونی فشار باعث تغییر شکل در مقطع سازه می‌شود و شکل دایره‌ای مقطع را به سمت بیضی شدن سوق می‌دهد، این تغییر شکل باعث ایجاد ممان‌هایی حلقوی در پوسته دودکش می‌شود.

۴-۳-۵- پدیده بیضی شدن

ارتعاش بیضوی و تغییر شکل مقطع دایره‌ای دودکش از آثار ثانویه باد است. توزیع پیرامونی فشار باد در اطراف مقطع دودکش باعث تغییر شکل مقطع شده و آنرا به سمت بیضی شدن سوق می‌دهد. با توجه به اینکه توزیع پیرامونی فشار خود تحت تاثیر تولید پیچک‌هاست نحوه توزیع و مقدار فشار با زمان متغیر بوده و تغییر شکل مقطع حالت ارتعاشی به خود می‌گیرد. این اثر عمدتاً برای دودکشهای فلزی که دارای ضخامت کمی در مقطع هستند مطرح می‌باشد.

ارتعاش بیضوی حالت رفت و برگشتی دارد و در صورتی که فرکانس ارتعاش حلقوی مقطع دو برابر فرکانس تولید پیچک‌ها باشد پدیده ارتعاش بیضوی رخ خواهد داد.



شکل ۴-۶- ارتعاش بیضوی

در دودکشهای بتنی به دلیل سخت بودن مقطع پدیده ارتعاش بیضوی غیر محتمل بوده، لذا نیازی به کنترل آن نیست ولی برای دودکشهای فلزی این پدیده باید مورد بررسی قرار گیرد.

بطور کلی پائین‌ترین فرکانس مربوط به ارتعاش بیضوی در پوسته استوانه با مقطع دایره توسط رابطه زیر

بدست می‌آید:

$$f_0 = 0.0175 \frac{t\sqrt{E}}{D^2} = 24.7 \frac{t}{D^2} \quad (۴-۱-ت)$$

f_0 = فرکانس مد اول ارتعاش بیضوی

شماره صفحه ۳۱	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و کنترلی

$t =$ ضخامت جداره دودکش (ثانیه)

$E =$ مدول الاستیسیته (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

$D =$ قطر پوسته فولادی (متر)

تشدید در حالتی پیش می آید که فرکانس ارتعاش بیضوی نزدیک دو برابر فرکانس تولید پیچکها باشد.

۴-۳-۴- دودروی فولادی

در شرایطی که سازه نگهدارنده برج فولادی باشد می بایست بار باد در امتداد طولی بطور مجزا بر روی دودرو و سازه نگهدارنده محاسبه شود. در این شرایط برای محاسبه $\bar{W}(z)$ سازه نگهدارنده مقدار $d(z)$ در رابطه ۲-۴ قطر المان مورد بررسی (لوله فولادی) می باشد و برای محاسبه $\bar{W}(z)$ دودرو، $d(z)$ قطر دودرو است. مثال ۳-۴- محاسبه بار باد و لنگرهای ناشی از آن برای دودکش فولادی با یک واحد دودرو که توسط برج فولادی نگهداری می شود و با مشخصات زیر:

قطر دودرو: ۵/۵ متر

ارتفاع دودرو: ۲۰۰ متر

حداکثر سرعت مبنای باد: ۱۲۰ کیلومتر در ساعت

الف) محاسبه بار باد در امتداد طولی

$$V_R = 120 \text{ km/hr}$$

$$V_{(z)} = 18.984 Z^{0.14}$$

$$V_{(10)} = 26.205 \text{ m/sec}$$

$$P_{(z)} = 24.615 Z^{0.28}$$

در جدول (۲-۴)- فشار مبنای باد در ترازهای مختلف آورده شده است.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۳۲
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

جدول ۴-۲- فشار مبنای باد در ترازهای مختلف

ارتفاع از سطح زمین (Z) (m)	فشار مینا ($\bar{P}(Z)$) kg/m ²
27	61.9
45	71.5
65	79.2
100	89.4
125	95.13
150	100.1
170	103.7
185	106.2
200	108.5

$$W(Z) = c_d d \cdot \bar{P}(Z)$$

$$W_L(Z) = (0.8)(5.5)(24.615)Z^{0.28} \quad \therefore W(Z) = 108.306Z^{0.28}$$

$$W_{sI}(Z) = (1.13)(d)(24.615)Z^{0.28} \quad \therefore W_{sI}(Z) = 27.815d Z^{0.28}$$

$$W_{sII}(Z) = (1.23)(d)(24.615)Z^{0.28} \quad \therefore W_{sII}(Z) = 30.276d Z^{0.28}$$

$$M_{\bar{w}L}(Z) = \int_0^{200} 108.306 Z^{0.28} (Z) dz \quad \therefore M_{\bar{w}L}(Z) = 8.38 \times 10^6 \text{ kg.m}$$

$$M_{\bar{w}sI}(Z) = 1.914 \times 10^6 \text{ kg.m}^1$$

بر روی هر پایه برج فولادی

$$M_{\bar{w}sII}(Z) = 2.083 \times 10^6 \text{ kg.m}$$

بر روی هر پایه برج فولادی

با استفاده از آنالیز دینامیکی پرپود ۱۰ مد اول دودکش بدست آمده است (فایل های کامپیوتری در انتهای مثال)

(۱) در اینجا اثر بار باد بر روی پایه های اصلی برج فولادی در نظر گرفته شده است (با فرض قطر متوسطی معادل یک متر)

شماره صفحه ۳۳	محاسبات و تفسیر مبنای و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$T_1 = 1.86 \text{ sec}$$

$$G_w' = 0.3 + \frac{19.227[(1.86)(26.205)]^{0.47}}{(3.28 h + 16)^{0.86}} \quad \therefore \quad \begin{cases} G_L W' = 0.74 & \text{دودرو} \\ G_S W' = 0.76 & \text{برج فولادی} \end{cases}$$

$$W'_{L(Z)} = \frac{(3)(Z)(0.74)(8.38 \times 10^6)}{(200)^3} \quad \therefore \quad W'_{L(Z)} = 2.325 Z$$

$$W'_{sI(Z)} = \frac{(3)(Z)(0.76)(1.914 \times 10^6)}{(190)^3} \quad \therefore \quad W'_{sI(Z)} = 0.636 Z$$

$$W'_{sII(Z)} = \frac{(3)(Z)(0.76)(2.083 \times 10^6)}{(190)^3} \quad \therefore \quad W'_{sII(Z)} = 0.692 Z$$

در جداول (۳-۴) و (۴-۴) بار باد بر روی دودرو و برج فولادی آورده شده است

جدول ۳-۴- نیروی باد وارد بر دودرو

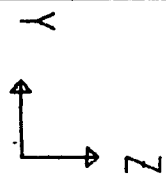
Z (m)	شماره گره مبنا	\bar{W}_L (kg/m)	W'_L (kg/m)	ارتفاع باد خور H_L (m)	بار متمرکز باد در هر تراز P_L (Ton)
27	85	272.54	62.78	22.5	7.54
45	86	314.45	104.63	18.2	7.63
65	87	348.55	151.12	25.95	12.97
100	88	393.24	232.5	30.31	18.97
125	89	418.59	290.63	25.58	18.14
150	90	440.51	348.75	21.63	17.07
170	91	456.22	395.25	18.50	15.75
185	92	467.15	430.13	11.75	10.54
200	93	477.46	465	7.5	7.07

جدول ۴-۴- نیروی باد وارد بر برج نگهدارنده

Z (m)	شماره گره مبنا	\bar{W}_{sI} (kg/m)	\bar{W}_{sII} (kg/m)	W'_{sI} (kg/m)	W'_{sII} (kg/m)	ارتفاع باد خور H_s (m)	بار متمرکز باد درجهت I (Ton)	بار متمرکز باد درجهت II (Ton)
27	85	70.00	76.18	17.17	18.68	22.5	0.46	2.13
45	86	80.76	87.89	28.62	31.14	18.2	1.99	2.17
65	87	89.51	97.41	41.34	44.98	25.95	3.40	3.70
100	88	101.00	109.91	63.6	69.2	30.31	4.99	5.43
125	89	107.99	116.99	79.50	86.5	25.58	4.78	5.21
150	90	113.13	123.12	95.4	103.8	21.63	4.51	4.91
170	91	117.17	127.51	108.12	117.64	18.5	4.17	4.54
185	92	119.97	130.56	117.66	128.02	8.5	2.02	5.22

شماره صفحه ۳۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

932
 111
 920
 109
 908
 107
 906
 105
 804
 103
 802
 101
 100
 89
 98
 88
 86
 95
 94



c2001hm1

UNDEFORMED
 SHAPE

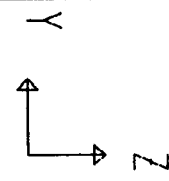
OPTIONS

JOINT IDS
 SHRUNKEN
 WIRE FRAME

SAP90

شماره صفحه ۳۵	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

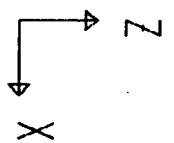
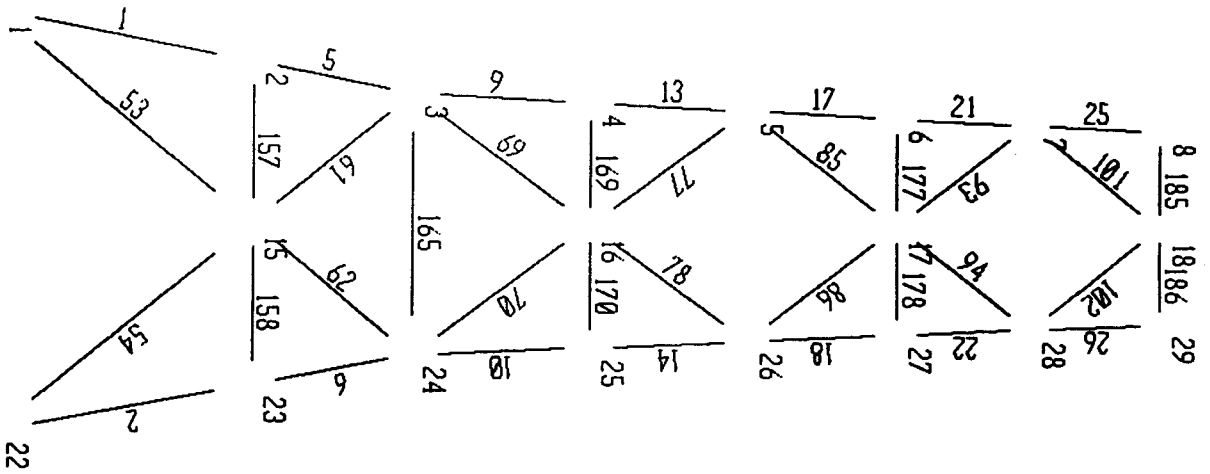
300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317



c2001hml
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
SHRUNKEN
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90

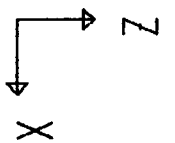
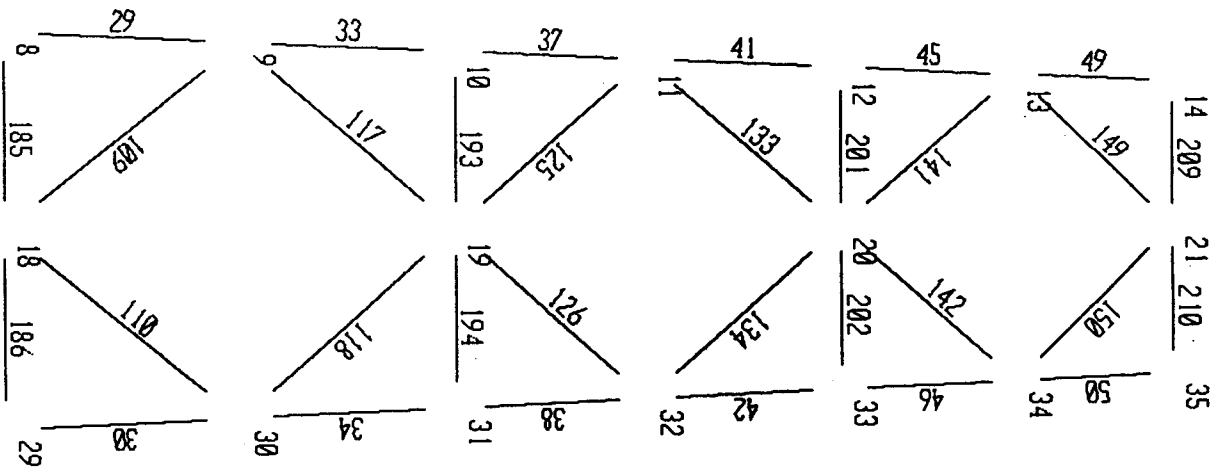


c2001hm1
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
SHRUNKEN
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90

شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۳۷
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

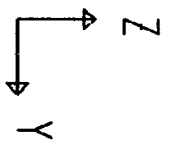
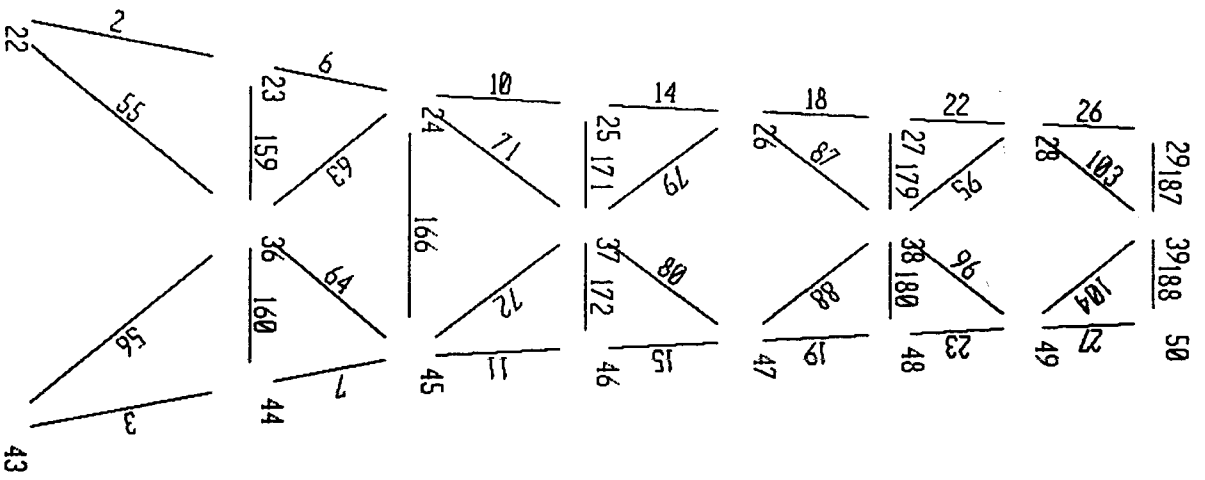


c2001hm1
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
SHRUNKEN
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90

شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۳۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

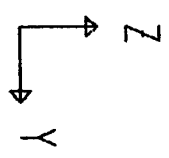
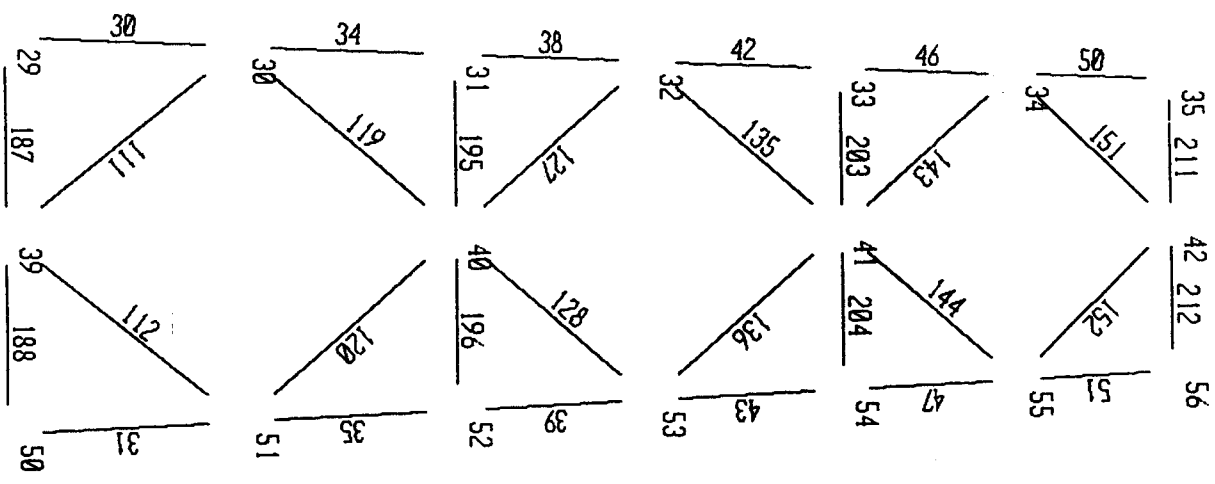


c2001hml
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
SHRUNKEN
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90

شماره صفحه ۳۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

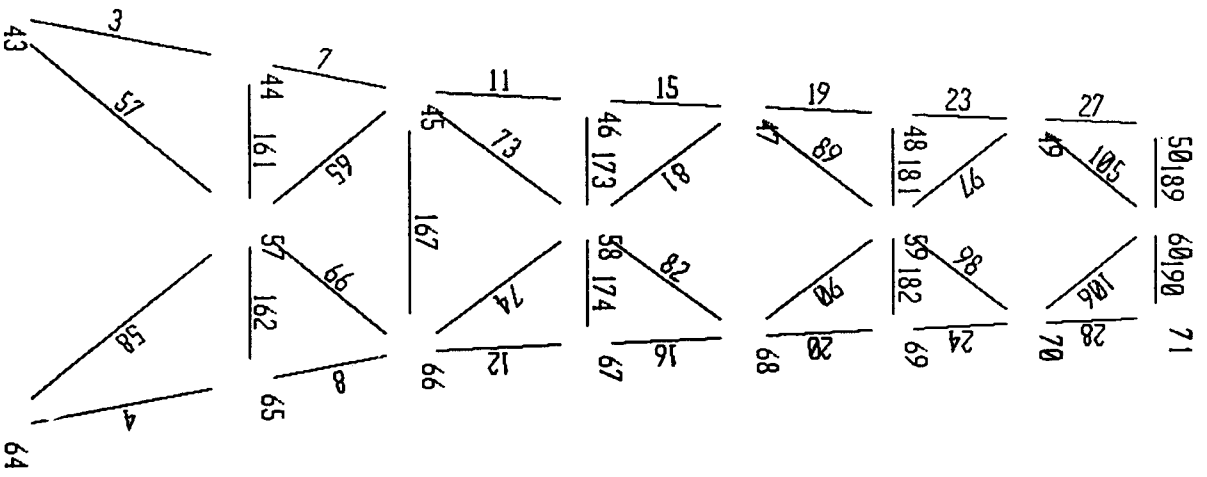


c200 lhm l
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
SHRUNKEN
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

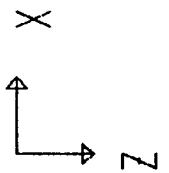
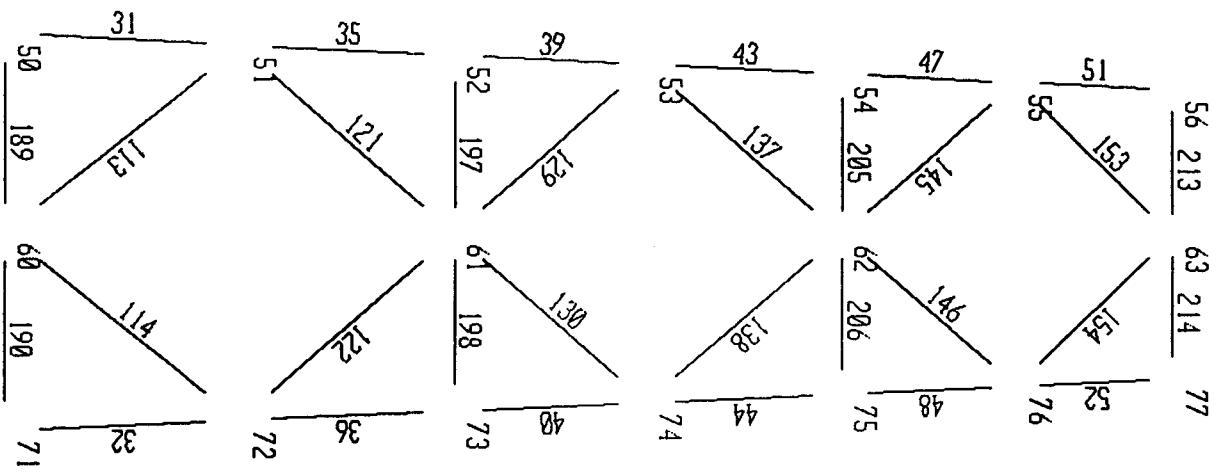
SAP90

شماره صفحه ۴۰	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



	c200lhml UNDEFORMED SHAPE	OPTIONS JOINT IDS SHRUNKEN ELEMENT IDS WIRE FRAME	SAP90
--	---------------------------------	---	-------

شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۴۱
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

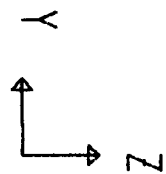
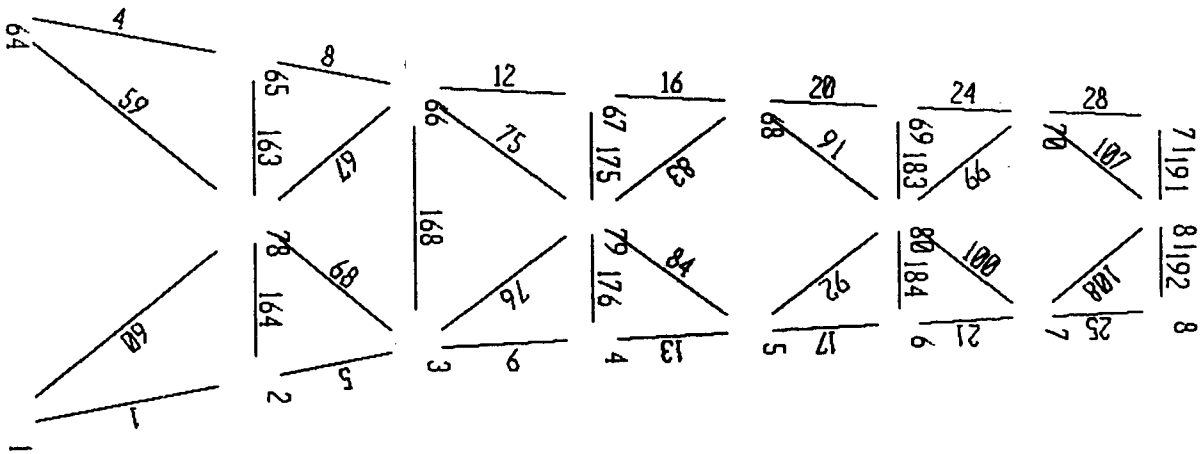


c200lhml
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
SHRUNKEN
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90

شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۴۲
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

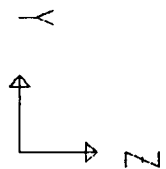
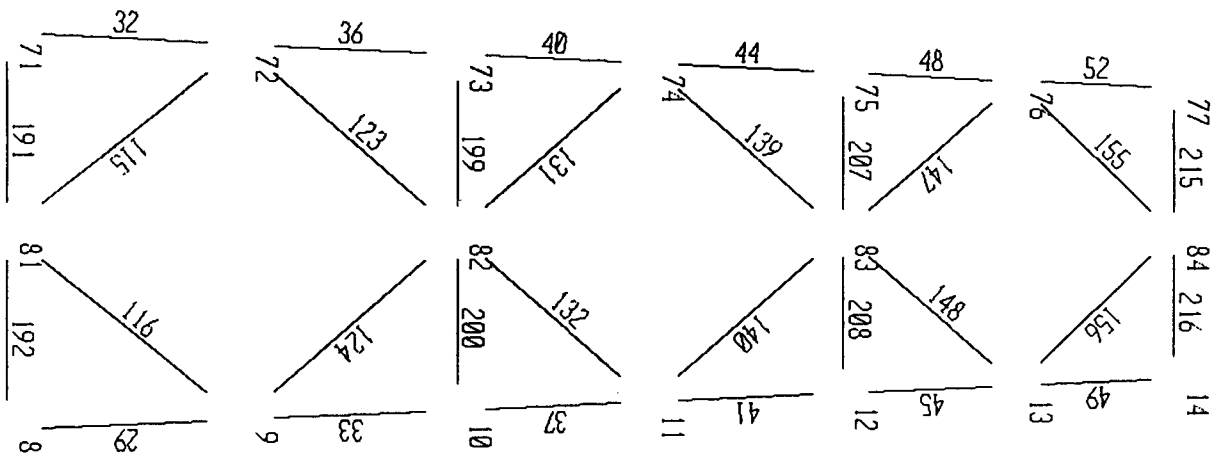


c2001hml
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
SHRUNKEN
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90

شماره صفحه ۴۳	محاسبات و تفسیر مباحث و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



c200Ihml
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
SHRUNKEN
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90

شماره استاندارد
۶۲-۲۰۳

محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه

شماره صفحه
۴۴

معاونت تحقیقات و تکنولوژی

استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش

آذرماه ۱۳۷۸

54	X=8.29	Y=8.29	Z=168.01
55	X=7.87	Y=7.87	Z=177
56	X=7.5	Y=7.5	Z=185
57	X=0	Y=17.26	Z=27.74
58	X=0	Y=13.11	Z=64.14
59	X=0	Y=11.59	Z=96.9
60	X=0	Y=10.3	Z=124.76
61	X=0	Y=9.22	Z=148.05
62	X=0	Y=8.29	Z=168.01
63	X=0	Y=7.5	Z=185
64	X=-22.5	Y=22.5	Z=0
65	X=-17.26	Y=17.26	Z=27.74
66	X=-14	Y=14	Z=45
67	X=-13.11	Y=13.11	Z=64.14
68	X=-12.33	Y=12.33	Z=81
69	X=-11.59	Y=11.59	Z=96.9
70	X=-10.94	Y=10.94	Z=111
71	X=-10.3	Y=10.3	Z=124.76
72	X=-9.73	Y=9.73	Z=137
73	X=-9.22	Y=9.22	Z=148.05
74	X=-8.75	Y=8.75	Z=158
75	X=-8.29	Y=8.29	Z=168.01
76	X=-7.87	Y=7.87	Z=177
77	X=-7.5	Y=7.5	Z=185
78	X=-17.26	Y=0	Z=27.74
79	X=-13.11	Y=0	Z=64.14
80	X=-11.59	Y=0	Z=96.9
81	X=-10.3	Y=0	Z=124.76
82	X=-9.22	Y=0	Z=148.05
83	X=-8.29	Y=0	Z=168.01
84	X=-7.5	Y=0	Z=185

C MASTER JOINTS

85	X=0	Y=0	Z=27.74
86			Z=45
87			Z=64.14
88			Z=96.9
89			Z=124.76
90			Z=148.05
91			Z=168.01
92			Z=185
93			Z=200

C LINER JOINTS

94	X=0	Y=0	Z=0
95			Z=13.87
96			Z=27.74
97			Z=45
98			Z=54.57
99			Z=64.14
100			Z=75.06
101			Z=85.98
102			Z=96.9
103			Z=110.83
104			Z=124.76
105			Z=136.405
106			Z=148.05
107			Z=158.03
108			Z=168.01
109			Z=176.505
110			Z=185
111			Z=192.5
112			Z=200

RESTRAINTS

1 64 21 R=1,1,1,0,0,1

شماره صفحه ۴۵	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

85 93 1 R=0,0,1,1,1,0
 2 4 1 R=1,1,0,0,0,1
 5 13 2 R=0,0,0,0,0,1
 6 14 2 R=1,1,0,0,0,1
 15 21 1 R=1,1,0,0,0,1
 23 25 1 R=1,1,0,0,0,1
 26 34 2 R=0,0,0,0,0,1
 27 35 2 R=1,1,0,0,0,1
 36 42 1 R=1,1,0,0,0,1
 44 46 1 R=1,1,0,0,0,1
 47 55 2 R=0,0,0,0,0,1
 48 56 2 R=1,1,0,0,0,1
 57 63 1 R=1,1,0,0,0,1
 65 67 1 R=1,1,0,0,0,1
 68 76 2 R=0,0,0,0,0,1
 69 77 2 R=1,1,0,0,0,1
 78 84 1 R=1,1,0,0,0,1
 94 R=1,1,1,1,1,1
 95 R=0,0,0,0,0,1
 96 R=1,1,0,0,0,1
 97 R=1,1,0,0,0,1
 98 R=0,0,0,0,0,1
 99 R=1,1,0,0,0,1
 100 R=0,0,0,0,0,1
 101 R=0,0,0,0,0,1
 102 R=1,1,0,0,0,1
 103 R=0,0,0,0,0,1
 104 R=1,1,0,0,0,1
 105 R=0,0,0,0,0,1
 106 R=1,1,0,0,0,1
 107 R=0,0,0,0,0,1
 108 R=1,1,0,0,0,1
 109 R=0,0,0,0,0,1
 110 R=1,1,0,0,0,1
 111 R=0,0,0,0,0,1
 112 R=1,1,0,0,0,1

MASSES

85 M=21.40E3, 21.40E3
 86 M=15.18E3, 15.18E3
 87 M=17.49E3, 17.49E3
 88 M=18.69E3, 18.69E3
 89 M=13.17E3, 13.17E3
 90 M=10.16E3, 10.16E3
 91 M=8.980E3, 8.980E3
 92 M=6.300E3, 6.300E3
 93 M=2.340E3, 2.340E3

FRAME

NM=17 Z=-1

C TOWER SECTIONS

C 1- MAIN MEMBER

1 SH=P T=.80, .014 E=2.1E10 W=276
 2 SH=P T=.80, .014 W=276
 3 SH=P T=.70, .012 W=207
 4 SH=P T=.50, .010 W=123

C 2- DIAGONAL MEMBERS

5 SH=P T=.50, .008 W=99
 6 SH=P T=.50, .012 W=148
 7 SH=P T=.50, .012 W=148
 8 SH=P T=.40, .010 W=99

C 3- HORIZONTAL MEMBERS

9 SH=P T=.35, .008 W=69
 10 SH=P T=.3, .006 W=44

شماره صفحه ۴۶	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

11 SH=P T=.2, .006 W=30
 12 SH=P T=.20, .006 W=30
 C STACKS SECTIONS
 13 SH=P T=5.5, .0226 W=4391 :THICK=1.9cm+0.36cm=2.26cm
 14 SH=P T=5.5, .0191 W=3917
 15 SH=P T=5.5, .0176 W=3713
 16 SH=P T=5.5, .0156 W=3442
 17 SH=P T=5.5, .0116 W=2899

C TOWER'S MEMBER GEOMETRY AND PROPERTY

C MAIN MEMBERS

1	1	2	M=1	LP=-2, 0	MS=0, 85	G=3, 1, 21, 21
5	2	3			MS=85, 86	G=3, 1, 21, 21
9	3	4	M=2		MS=86, 87	G=3, 1, 21, 21
13	4	5			MS=87, 0	G=3, 1, 21, 21
17	5	6	M=3		MS=0, 88	G=3, 1, 21, 21
21	6	7			MS=88, 0	G=3, 1, 21, 21
25	7	8			MS=0, 89	G=3, 1, 21, 21
29	8	9	M=4		MS=89, 0	G=3, 1, 21, 21
33	9	10			MS=0, 90	G=3, 1, 21, 21
37	10	11	M=5		MS=90, 0	G=3, 1, 21, 21
41	11	12			MS=0, 91	G=3, 1, 21, 21
45	12	13			MS=91, 0	G=3, 1, 21, 21
49	13	14			MS=0, 92	G=3, 1, 21, 21

C DIAGONAL MEMBERS

53	1	15	M=6	LP=-2, 0	MS=0, 85	LR=1, 1, 0, 1, 1
54	22	15			MS=0, 85	LR=1, 1, 0, 1, 1
55	22	36		LP=3, 0	MS=0, 85	LR=1, 1, 0, 1, 1
56	43	36			MS=0, 85	LR=1, 1, 0, 1, 1
57	43	57		LP=2, 0	MS=0, 85	LR=1, 1, 0, 1, 1
58	64	57			MS=0, 85	LR=1, 1, 0, 1, 1
59	64	78		LP=-3, 0	MS=0, 85	LR=1, 1, 0, 1, 1
60	1	78			MS=0, 85	LR=1, 1, 0, 1, 1
61	15	3		LP=-2, 0	MS=0, 85	LR=1, 1, 0, 1, 1
62	15	24			MS=85, 86	LR=1, 1, 0, 1, 1
63	36	24		LP=3, 0	MS=85, 86	LR=1, 1, 0, 1, 1
64	36	45			MS=85, 86	LR=1, 1, 0, 1, 1
65	57	45		LP=2, 0	MS=85, 86	LR=1, 1, 0, 1, 1
66	57	66			MS=85, 86	LR=1, 1, 0, 1, 1
67	78	66		LP=-3, 0	MS=85, 86	LR=1, 1, 0, 1, 1
68	78	3			MS=85, 86	LR=1, 1, 0, 1, 1
69	3	16	M=7	LP=-2, 0	MS=85, 86	LR=1, 1, 0, 1, 1
70	24	16			MS=86, 87	LR=1, 1, 0, 1, 1
71	24	37		LP=3, 0	MS=86, 87	LR=1, 1, 0, 1, 1
72	45	37			MS=86, 87	LR=1, 1, 0, 1, 1
73	45	58		LP=2, 0	MS=86, 87	LR=1, 1, 0, 1, 1
74	66	58			MS=86, 87	LR=1, 1, 0, 1, 1
75	66	79		LP=-3, 0	MS=86, 87	LR=1, 1, 0, 1, 1
76	3	79			MS=86, 87	LR=1, 1, 0, 1, 1
77	16	5		LP=-2, 0	MS=87, 0	LR=1, 1, 0, 1, 1
78	16	26			MS=87, 0	LR=1, 1, 0, 1, 1
79	37	26		LP=3, 0	MS=87, 0	LR=1, 1, 0, 1, 1
80	37	47			MS=87, 0	LR=1, 1, 0, 1, 1
81	58	47		LP=2, 0	MS=87, 0	LR=1, 1, 0, 1, 1
82	58	68			MS=87, 0	LR=1, 1, 0, 1, 1
83	79	68		LP=-3, 0	MS=87, 0	LR=1, 1, 0, 1, 1
84	79	5			MS=87, 0	LR=1, 1, 0, 1, 1
85	5	17		LP=-2, 0	MS=87, 0	LR=1, 1, 0, 1, 1
86	26	17			MS=0, 88	LR=1, 1, 0, 1, 1
87	26	38		LP=3, 0	MS=0, 88	LR=1, 1, 0, 1, 1
88	47	38			MS=0, 88	LR=1, 1, 0, 1, 1
89	47	59		LP=2, 0	MS=0, 88	LR=1, 1, 0, 1, 1
90	68	59			MS=0, 88	LR=1, 1, 0, 1, 1
91	68	80		LP=-3, 0	MS=0, 88	LR=1, 1, 0, 1, 1
92	5	80			MS=0, 88	LR=1, 1, 0, 1, 1

شماره صفحه ۴۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

93	17	7	M=8	LP=-2,0	MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
94	17	28			MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
95	38	28		LP=3,0	MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
96	38	49			MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
97	59	49		LP=2,0	MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
98	59	70			MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
99	80	70		LP=-3,0	MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
100	80	7			MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
101	7	18		LP=-2,0	MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
102	28	18			MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
103	28	39		LP=3,0	MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
104	49	39			MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
105	49	60		LP=2,0	MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
106	70	60			MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
107	70	81		LP=-3,0	MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
108	7	81			MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
109	18	9	M=9	LP=-2,0	MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
110	18	30			MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
111	39	30		LP=3,0	MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
112	39	51			MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
113	60	51		LP=2,0	MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
114	60	72			MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
115	81	72		LP=-3,0	MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
116	81	9			MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
117	9	19		LP=-2,0	MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
118	30	19			MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
119	30	40		LP=3,0	MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
120	51	40			MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
121	51	61		LP=2,0	MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
122	72	61			MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
123	72	82		LP=-3,0	MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
124	9	82			MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
125	19	11		LP=-2,0	MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
126	19	32			MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
127	40	32		LP=3,0	MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
128	40	53			MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
129	61	53		LP=2,0	MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
130	61	74			MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
131	82	74		LP=-3,0	MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
132	82	11			MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
133	11	20		LP=-2,0	MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
134	32	20			MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
135	32	41		LP=3,0	MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
136	53	41			MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
137	53	62		LP=2,0	MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
138	74	62			MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
139	74	83		LP=-3,0	MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
140	11	83			MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
141	20	13	M=10	LP=-2,0	MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
142	20	34			MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
143	41	34		LP=3,0	MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
144	41	55			MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
145	62	55		LP=2,0	MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
146	62	76			MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
147	83	76		LP=-3,0	MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
148	83	13			MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
149	13	21		LP=-2,0	MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
150	34	21			MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
151	34	42		LP=3,0	MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
152	55	42			MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
153	55	63		LP=2,0	MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
154	76	63			MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
155	76	84		LP=-3,0	MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
156	13	84			MS=0,92	LR=1,1,0,1,1

شماره صفحه ۴۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

C HORIZONTAL MEMBERS

157	2	15	M=9	LP=-2,0	MS=85,85	G=1,1,13,8,0,0
159	23	36		LP=3,0	MS=85,85	G=1,1,13,8,0,0
161	44	57		LP=2,0	MS=85,85	G=1,1,13,8,0,0
163	65	78		LP=-3,0	MS=85,85	
164	78	2		LP=-3,0	MS=85,85	
165	3	24		LP=-2,0	MS=86,86	
166	24	45		LP=3,0	MS=86,86	
167	45	66		LP=2,0	MS=86,86	
168	66	3		LP=-3,0	MS=86,86	
169	4	16	M=10	LP=-2,0	MS=87,87	G=1,1,12,9,0,0
171	25	37		LP=3,0	MS=87,87	G=1,1,12,9,0,0
173	46	58		LP=2,0	MS=87,87	G=1,1,12,9,0,0
175	67	79		LP=-3,0	MS=87,87	
176	79	4		LP=-3,0	MS=87,87	
177	6	17		LP=-2,0	MS=88,88	G=1,1,11,10,0,0
179	27	38		LP=3,0	MS=88,88	G=1,1,11,10,0,0
181	48	59		LP=2,0	MS=88,88	G=1,1,11,10,0,0
183	69	80		LP=-3,0	MS=88,88	
184	80	6		LP=-3,0	MS=88,88	
185	8	18	M=11	LP=-2,0	MS=89,89	G=1,1,10,11,0,0
187	29	39		LP=3,0	MS=89,89	G=1,1,10,11,0,0
189	50	60		LP=2,0	MS=89,89	G=1,1,10,11,0,0
191	71	81		LP=-3,0	MS=89,89	
192	81	8		LP=-3,0	MS=89,89	
193	10	19		LP=-2,0	MS=90,90	G=1,1,9,12,0,0
195	31	40		LP=3,0	MS=90,90	G=1,1,9,12,0,0
197	52	61		LP=2,0	MS=90,90	G=1,1,9,12,0,0
199	73	82		LP=-3,0	MS=90,90	
200	82	10		LP=-3,0	MS=90,90	
201	12	20	M=12	LP=-2,0	MS=91,91	G=1,1,8,13,0,0
203	33	41		LP=3,0	MS=91,91	G=1,1,8,13,0,0
205	54	62		LP=2,0	MS=91,91	G=1,1,8,13,0,0
207	75	83		LP=-3,0	MS=91,91	
208	83	12		LP=-3,0	MS=91,91	
209	14	21		LP=-2,0	MS=92,92	G=1,1,7,14,0,0
211	35	42		LP=3,0	MS=92,92	G=1,1,7,14,0,0
213	56	63		LP=2,0	MS=92,92	G=1,1,7,14,0,0
215	77	84		LP=-3,0	MS=92,92	
216	84	14		LP=-3,0	MS=92,92	

C LINER'S GEOMETRY AND PROPERTY

300	94	95	M=14	LP=-2,0	MS=0,0
301	95	96			MS=0,85
302	96	97			MS=85,86
303	97	98	M=15		MS=86,0
304	98	99			MS=0,87
305	99	100			MS=87,0
306	100	101			MS=0,0
307	101	102			MS=0,88
308	102	103			MS=88,0
309	103	104			MS=0,89
310	104	105	M=16		MS=89,0
311	105	106			MS=0,90
312	106	107			MS=90,0
313	107	108	M=17		MS=0,91
314	108	109			MS=91,0
315	109	110			MS=0,92
316	110	111			MS=92,0
317	111	112			MS=0,93

LOADS

C WIND LOADS IN DIRECTION I (TOWER AND LINER)

85 L=? F=21.76E3

86 F=22.20E3

شماره صفحه ۴۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

87 F=31.08E3
 88 F=46.83E3
 89 F=41.42E3
 90 F=38.78E3
 91 F=37.29E3
 92 F=24.18E3
 93 F=7.34E3

C WIND LOADS IN DIRECTION II (TOWER AND LINER)

85 L=3 F=16.27E3,16.27E3
 86 F=16.60E3,16.60E3
 87 F=23.26E3,23.26E3
 88 F=34.82E3,34.82E3
 89 F=30.71E3,30.71E3
 90 F=28.74E3,28.74E3
 91 F=27.68E3,27.68E3
 92 F=17.80E3,17.80E3
 93 F=5.190E3,5.190E3

C U.B.C. DESIGN SPECTRUM

SPEC

A=0 S=2.614 :S=1.2x0.35x9.81/3x(5/1)^.4
 0 1
 .1 2.0
 .2 2.5
 .3 2.5
 .4 2.5
 .5 2
 .6 1.7
 .7 1.45
 .8 1.25
 .9 1.15
 1 1
 1.5 .7
 2.5 .4
 3 .35
 100 .3

c COMBO

c 1 C=1,.25,0,0,0 D=0 :D + 1/4 WI
 c 2 C=1,0,.25,0,0 D=0 :D + 1/4 WII
 c 3 C=1,1,0,0,0 D=0 :D + WI
 c 4 C=1,0,1,0,0 D=0 :D + WII
 c 5 C=1,0,0,0,0 D=1 :D + EQd

COMBO

1 C=.001,.00025,0 D=0 :D + 1/4 WI
 2 C=.001,0,.00025 D=0 :D + 1/4 WII
 3 C=.001,.001,0 D=0 :D + WI
 4 C=.001,0,.001 D=0 :D + WII
 5 C=.001,0,0 D=.001 :D + EQd

*** S T E E L C H I M N E Y

UNIT:K-M-S

C H=200 m
 C NO. OF FLUE =1
 C EQ. RISK : HIGH
 C WIND RISK: MODERATE
 C PIER SLOPE = 18.9 %

SYSTEM

L=3 V=10

JOINTS

C TOWER JOINTS

1 X=-22.5 Y=-22.5 Z=0
 2 X=-17.26 Y=-17.26 Z=27.74
 3 X=-14 Y=-14 Z=45
 4 X=-13.11 Y=-13.11 Z=64.14

شماره صفحه ۵۰	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

5	X=-12.33	Y=-12.33	Z=81
6	X=-11.59	Y=-11.59	Z=96.9
7	X=-10.94	Y=-10.94	Z=111
8	X=-10.3	Y=-10.3	Z=124.76
9	X=-9.73	Y=-9.73	Z=137
10	X=-9.22	Y=-9.22	Z=148.05
11	X=-8.75	Y=-8.75	Z=158
12	X=-8.29	Y=-8.29	Z=168.01
13	X=-7.87	Y=-7.87	Z=177
14	X=-7.5	Y=-7.5	Z=185
15	X=0	Y=-17.26	Z=27.74
16	X=0	Y=-13.11	Z=64.14
17	X=0	Y=-11.59	Z=96.9
18	X=0	Y=-10.3	Z=124.76
19	X=0	Y=-9.22	Z=148.05
20	X=0	Y=-8.29	Z=168.01
21	X=0	Y=-7.5	Z=185
22	X=22.5	Y=-22.5	Z=0
23	X=17.26	Y=-17.26	Z=27.74
24	X=14	Y=-14	Z=45
25	X=13.11	Y=-13.11	Z=64.14
26	X=12.33	Y=-12.33	Z=81
27	X=11.59	Y=-11.59	Z=96.9
28	X=10.94	Y=-10.94	Z=111
29	X=10.3	Y=-10.3	Z=124.76
30	X=9.73	Y=-9.73	Z=137
31	X=9.22	Y=-9.22	Z=148.05
32	X=8.75	Y=-8.75	Z=158
33	X=8.29	Y=-8.29	Z=168.01
34	X=7.87	Y=-7.87	Z=177
35	X=7.5	Y=-7.5	Z=185
36	X=17.26	Y=0	Z=27.74
37	X=13.11	Y=0	Z=64.14
38	X=11.59	Y=0	Z=96.9
39	X=10.3	Y=0	Z=124.76
40	X=9.22	Y=0	Z=148.05
41	X=8.29	Y=0	Z=168.01
42	X=7.5	Y=0	Z=185
43	X=22.5	Y=22.5	Z=0
44	X=17.26	Y=17.26	Z=27.74
45	X=14	Y=14	Z=45
46	X=13.11	Y=13.11	Z=64.14
47	X=12.33	Y=12.33	Z=81
48	X=11.59	Y=11.59	Z=96.9
49	X=10.94	Y=10.94	Z=111
50	X=10.3	Y=10.3	Z=124.76
51	X=9.73	Y=9.73	Z=137
52	X=9.22	Y=9.22	Z=148.05
53	X=8.75	Y=8.75	Z=158
54	X=8.29	Y=8.29	Z=168.01
55	X=7.87	Y=7.87	Z=177
56	X=7.5	Y=7.5	Z=185
57	X=0	Y=17.26	Z=27.74
58	X=0	Y=13.11	Z=64.14
59	X=0	Y=11.59	Z=96.9
60	X=0	Y=10.3	Z=124.76
61	X=0	Y=9.22	Z=148.05
62	X=0	Y=8.29	Z=168.01
63	X=0	Y=7.5	Z=185
64	X=-22.5	Y=22.5	Z=0
65	X=-17.26	Y=17.26	Z=27.74
66	X=-14	Y=14	Z=45
67	X=-13.11	Y=13.11	Z=64.14
68	X=-12.33	Y=12.33	Z=81

شماره صفحه ۵۱	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

69 X=-11.59 Y=11.59 Z=96.9
70 X=-10.94 Y=10.94 Z=111
71 X=-10.3 Y=10.3 Z=124.76
72 X=-9.73 Y=9.73 Z=137
73 X=-9.22 Y=9.22 Z=148.05
74 X=-8.75 Y=8.75 Z=158
75 X=-8.29 Y=8.29 Z=168.01
76 X=-7.87 Y=7.87 Z=177
77 X=-7.5 Y=7.5 Z=185
78 X=-17.26 Y=0 Z=27.74
79 X=-13.11 Y=0 Z=64.14
80 X=-11.59 Y=0 Z=96.9
81 X=-10.3 Y=0 Z=124.76
82 X=-9.22 Y=0 Z=148.05
83 X=-8.29 Y=0 Z=168.01
84 X=-7.5 Y=0 Z=185

C MASTER JOINTS

85 X=0 Y=0 Z=27.74
86 Z=45
87 Z=64.14
88 Z=96.9
89 Z=124.76
90 Z=148.05
91 Z=168.01
92 Z=185
93 Z=200

C LINER JOINTS

94 X=0 Y=0 Z=0
95 Z=13.87
96 Z=27.74
97 Z=45
98 Z=54.57
99 Z=64.14
100 Z=75.06
101 Z=85.98
102 Z=96.9
103 Z=110.83
104 Z=124.76
105 Z=136.405
106 Z=148.05
107 Z=158.03
108 Z=168.01
109 Z=176.505
110 Z=185
111 Z=192.5
112 Z=200

RESTRAINTS

1 64 21 R=1,1,1,0,0,1
85 93 1. R=0,0,1,1,1,0
2 4 1 R=1,1,0,0,0,1
5 13 2 R=0,0,0,0,0,1
6 14 2 R=1,1,0,0,0,1
15 21 1 R=1,1,0,0,0,1
23 25 1 R=1,1,0,0,0,1
26 34 2 R=0,0,0,0,0,1
27 35 2 R=1,1,0,0,0,1
36 42 1 R=1,1,0,0,0,1
44 46 1 R=1,1,0,0,0,1
47 55 2 R=0,0,0,0,0,1
48 56 2 R=1,1,0,0,0,1
57 63 1 R=1,1,0,0,0,1
65 67 1 R=1,1,0,0,0,1
68 76 2 R=0,0,0,0,0,1

شماره صفحه ۵۲	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

69 77 2 R=1,1,0,0,0,1
78 84 1 R=1,1,0,0,0,1
94 R=1,1,1,1,1,1
95 R=0,0,0,0,0,1
96 R=1,1,0,0,0,1
97 R=1,1,0,0,0,1
98 R=0,0,0,0,0,1
99 R=1,1,0,0,0,1
100 R=0,0,0,0,0,1
101 R=0,0,0,0,0,1
102 R=1,1,0,0,0,1
103 R=0,0,0,0,0,1
104 R=1,1,0,0,0,1
105 R=0,0,0,0,0,1
106 R=1,1,0,0,0,1
107 R=0,0,0,0,0,1
108 R=1,1,0,0,0,1
109 R=0,0,0,0,0,1
110 R=1,1,0,0,0,1
111 R=0,0,0,0,0,1
112 R=1,1,0,0,0,1

MASSES

85 M=21.40E3,21.40E3
86 M=15.18E3,15.18E3
87 M=17.49E3,17.49E3
88 M=18.69E3,18.69E3
89 M=13.17E3,13.17E3
90 M=10.16E3,10.16E3
91 M=8.980E3,8.980E3
92 M=6.300E3,6.300E3
93 M=2.340E3,2.340E3

FRAME

NM=17 Z=-1

C TOWER SECTIONS

C 1- MAIN MEMBER

1 SH=P T=.80,.014 E=2.1E10 W=276
2 SH=P T=.80,.014 W=276
3 SH=P T=.70,.012 W=207
4 SH=P T=.50,.010 W=123

C 2- DIAGONAL MEMBERS

5 SH=P T=.50,.008 W=99
6 SH=P T=.50,.012 W=148
7 SH=P T=.50,.012 W=148
8 SH=P T=.40,.010 W=99

C 3- HORIZONTAL MEMBERS

9 SH=P T=.35,.008 W=69
10 SH=P T=.3,.006 W=44
11 SH=P T=.2,.006 W=30
12 SH=P T=.20,.006 W=30

C STACKS SECTIONS

13 SH=P T=5.5,.0226 W=4391 : THICK=1.9cm+0.36cm=2.26cm
14 SH=P T=5.5,.0191 W=3917
15 SH=P T=5.5,.0176 W=3713
16 SH=P T=5.5,.0156 W=3442
17 SH=P T=5.5,.0116 W=2899

C TOWER'S MEMBER GEOMETRY AND PROPERTY

C MAIN MEMBERS

1 1 2 M=1 LP=-2,0 MS=0,85 G=3,1,21,21
5 2 3 MS=85,86 G=3,1,21,21
9 3 4 M=2 MS=86,87 G=3,1,21,21
13 4 5 MS=87,0 G=3,1,21,21
17 5 6 M=3 MS=0,88 G=3,1,21,21

شماره صفحه ۵۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

21	6	7			MS=88,0	G=3,1,21,21
25	7	8			MS=0,89	G=3,1,21,21
29	8	9	M=4		MS=89,0	G=3,1,21,21
33	9	10			MS=0,90	G=3,1,21,21
37	10	11	M=5		MS=90,0	G=3,1,21,21
41	11	12			MS=0,91	G=3,1,21,21
45	12	13			MS=91,0	G=3,1,21,21
49	13	14			MS=0,92	G=3,1,21,21
C DIAGONAL MEMBERS						
53	1	15	M=6	LP=-2,0	MS=0,85	LR=1,1,0,1,1
54	22	15			MS=0,85	LR=1,1,0,1,1
55	22	36		LP=3,0	MS=0,85	LR=1,1,0,1,1
56	43	36			MS=0,85	LR=1,1,0,1,1
57	43	57		LP=2,0	MS=0,85	LR=1,1,0,1,1
58	64	57			MS=0,85	LR=1,1,0,1,1
59	64	78		LP=-3,0	MS=0,85	LR=1,1,0,1,1
60	1	78			MS=0,85	LR=1,1,0,1,1
61	15	3		LP=-2,0	MS=85,86	LR=1,1,0,1,1
62	15	24			MS=85,86	LR=1,1,0,1,1
63	36	24		LP=3,0	MS=85,86	LR=1,1,0,1,1
64	36	45			MS=85,86	LR=1,1,0,1,1
65	57	45		LP=2,0	MS=85,86	LR=1,1,0,1,1
66	57	66			MS=85,86	LR=1,1,0,1,1
67	78	66		LP=-3,0	MS=85,86	LR=1,1,0,1,1
68	78	3			MS=85,86	LR=1,1,0,1,1
69	3	16	M=7	LP=-2,0	MS=86,87	LR=1,1,0,1,1
70	24	16			MS=86,87	LR=1,1,0,1,1
71	24	37		LP=3,0	MS=86,87	LR=1,1,0,1,1
72	45	37			MS=86,87	LR=1,1,0,1,1
73	45	58		LP=2,0	MS=86,87	LR=1,1,0,1,1
74	66	58			MS=86,87	LR=1,1,0,1,1
75	66	79		LP=-3,0	MS=86,87	LR=1,1,0,1,1
76	3	79			MS=86,87	LR=1,1,0,1,1
77	16	5		LP=-2,0	MS=87,0	LR=1,1,0,1,1
78	16	26			MS=87,0	LR=1,1,0,1,1
79	37	26		LP=3,0	MS=87,0	LR=1,1,0,1,1
80	37	47			MS=87,0	LR=1,1,0,1,1
81	58	47		LP=2,0	MS=87,0	LR=1,1,0,1,1
82	58	68			MS=87,0	LR=1,1,0,1,1
83	79	68		LP=-3,0	MS=87,0	LR=1,1,0,1,1
84	79	5			MS=87,0	LR=1,1,0,1,1
85	5	17		LP=-2,0	MS=0,88	LR=1,1,0,1,1
86	26	17			MS=0,88	LR=1,1,0,1,1
87	26	38		LP=3,0	MS=0,88	LR=1,1,0,1,1
88	47	38			MS=0,88	LR=1,1,0,1,1
89	47	59		LP=2,0	MS=0,88	LR=1,1,0,1,1
90	68	59			MS=0,88	LR=1,1,0,1,1
91	68	80		LP=-3,0	MS=0,88	LR=1,1,0,1,1
92	5	80			MS=0,88	LR=1,1,0,1,1
93	17	7	M=8	LP=-2,0	MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
94	17	28			MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
95	38	28		LP=3,0	MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
96	38	49			MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
97	59	49		LP=2,0	MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
98	59	70			MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
99	80	70		LP=-3,0	MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
100	80	7			MS=88,0	LR=1,1,0,1,1
101	7	18		LP=-2,0	MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
102	28	18			MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
103	28	39		LP=3,0	MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
104	49	39			MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
105	49	60		LP=2,0	MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
106	70	60			MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
107	70	81		LP=-3,0	MS=0,89	LR=1,1,0,1,1

شماره صفحه ۵۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

108	7	81			MS=0,89	LR=1,1,0,1,1
109	18	9	M=9	LP=-2,0	MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
110	18	30			MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
111	39	30		LP=3,0	MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
112	39	51			MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
113	60	51		LP=2,0	MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
114	60	72			MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
115	81	72		LP=-3,0	MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
116	81	9			MS=89,0	LR=1,1,0,1,1
117	9	19		LP=-2,0	MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
118	30	19			MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
119	30	40		LP=3,0	MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
120	51	40			MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
121	51	61		LP=2,0	MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
122	72	61			MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
123	72	82		LP=-3,0	MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
124	9	82			MS=0,90	LR=1,1,0,1,1
125	19	11		LP=-2,0	MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
126	19	32			MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
127	40	32		LP=3,0	MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
128	40	53			MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
129	61	53		LP=2,0	MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
130	61	74			MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
131	82	74		LP=-3,0	MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
132	82	11			MS=90,0	LR=1,1,0,1,1
133	11	20		LP=-2,0	MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
134	32	20			MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
135	32	41		LP=3,0	MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
136	53	41			MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
137	53	62		LP=2,0	MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
138	74	62			MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
139	74	83		LP=-3,0	MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
140	11	83			MS=0,91	LR=1,1,0,1,1
141	20	13	M=10	LP=-2,0	MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
142	20	34			MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
143	41	34		LP=3,0	MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
144	41	55			MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
145	62	55		LP=2,0	MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
146	62	76			MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
147	83	76		LP=-3,0	MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
148	83	13			MS=91,0	LR=1,1,0,1,1
149	13	21		LP=-2,0	MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
150	34	21			MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
151	34	42		LP=3,0	MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
152	55	42			MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
153	55	63		LP=2,0	MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
154	76	63			MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
155	76	84		LP=-3,0	MS=0,92	LR=1,1,0,1,1
156	13	84			MS=0,92	LR=1,1,0,1,1

C HORIZONTAL MEMBERS

157	2	15	M=9	LP=-2,0	MS=85,85	G=1,1,13,8
159	23	36		LP=3,0	MS=85,85	G=1,1,13,8
161	44	57		LP=2,0	MS=85,85	G=1,1,13,8
163	65	78		LP=-3,0	MS=85,85	
164	78	2		LP=-3,0	MS=85,85	
165	3	24		LP=-2,0	MS=86,86	
166	24	45		LP=3,0	MS=86,86	
167	45	66		LP=2,0	MS=86,86	
168	66	3		LP=-3,0	MS=86,86	
169	4	16	M=10	LP=-2,0	MS=87,87	G=1,1,12,9,0,0
171	25	37		LP=3,0	MS=87,87	G=1,1,12,9,0,0
173	46	58		LP=2,0	MS=87,87	G=1,1,12,9,0,0
175	67	79		LP=-3,0	MS=87,87	
176	79	4		LP=-3,0	MS=87,87	

شماره صفحه ۵۵	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

177	6	17		LP=-2,0	MS=88,88	G=1,1,11,10,0,0
179	27	38		LP=3,0	MS=88,88	G=1,1,11,10,0,0
181	48	59		LP=2,0	MS=88,88	G=1,1,11,10,0,0
183	69	80		LP=-3,0	MS=88,88	
184	80	6		LP=-3,0	MS=88,88	
185	8	18	M=11	LP=-2,0	MS=89,89	G=1,1,10,11,0,0
187	29	39		LP=3,0	MS=89,89	G=1,1,10,11,0,0
189	50	60		LP=2,0	MS=89,89	G=1,1,10,11,0,0
191	71	81		LP=-3,0	MS=89,89	
192	81	8		LP=-3,0	MS=89,89	
193	10	19		LP=-2,0	MS=90,90	G=1,1,9,12,0,0
195	31	40		LP=3,0	MS=90,90	G=1,1,9,12,0,0
197	52	61		LP=2,0	MS=90,90	G=1,1,9,12,0,0
199	73	82		LP=-3,0	MS=90,90	
200	82	10		LP=-3,0	MS=90,90	
201	12	20	M=12	LP=-2,0	MS=91,91	G=1,1,8,13,0,0
203	33	41		LP=3,0	MS=91,91	G=1,1,8,13,0,0
205	54	62		LP=2,0	MS=91,91	G=1,1,8,13,0,0
207	75	83		LP=-3,0	MS=91,91	
208	83	12		LP=-3,0	MS=91,91	
209	14	21		LP=-2,0	MS=92,92	G=1,1,7,14,0,0
211	35	42		LP=3,0	MS=92,92	G=1,1,7,14,0,0
213	56	63		LP=2,0	MS=92,92	G=1,1,7,14,0,0
215	77	84		LP=-3,0	MS=92,92	
216	84	14		LP=-3,0	MS=92,92	

C LINER'S GEOMETRY AND PROPERTY

300	94	95	M=14	LP=-2,0	MS=0,0
301	95	96			MS=0,85
302	96	97			MS=85,86
303	97	98	M=15		MS=86,0
304	98	99			MS=0,87
305	99	100			MS=87,0
306	100	101			MS=0,0
307	101	102			MS=0,88
308	102	103			MS=88,0
309	103	104			MS=0,89
310	104	105	M=16		MS=89,0
311	105	106			MS=0,90
312	106	107			MS=90,0
313	107	108	M=17		MS=0,91
314	108	109			MS=91,0
315	109	110			MS=0,92
316	110	111			MS=92,0
317	111	112			MS=0,93

LOADS

C WIND LOADS IN DIRECTION I (TOWER AND LINER)

85	L=2	F=21.76E3
86		F=22.20E3
87		F=31.08E3
88		F=46.83E3
89		F=41.42E3
90		F=38.78E3
91		F=37.29E3
92		F=24.18E3
93		F=7.34E3

C WIND LOADS IN DIRECTION II (TOWER AND LINER)

85	L=3	F=16.27E3, 16.27E3
86		F=16.60E3, 16.60E3
87		F=23.26E3, 23.26E3
88		F=34.82E3, 34.82E3
89		F=30.71E3, 30.71E3
90		F=28.74E3, 28.74E3
91		F=27.68E3, 27.68E3

شماره صفحه ۵۶	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معلومات تحقیقات و تکنولوژی

92 F=17.80E3,17.80E3
 93 F=5.190E3,5.190E3

C U.B.C. DESIGN SPECTRUM
 SPEC

A=0 S=2.614 :S=1.2x0.35x9.81/3x(5/1)^.4
 0 1
 .1 2.0
 .2 2.5
 .3 2.5
 .4 2.5
 .5 2
 .6 1.7
 .7 1.45
 .8 1.25
 .9 1.15
 1 1
 1.5 .7
 2.5 .4
 3 .35
 100 .3

c COMBO

c 1 C=1,.25,0,0,0 D=0 :D + 1/4 WI
 c 2 C=1,0,.25,0,0 D=0 :D + 1/4 WII
 c 3 C=1,1,0,0,0 D=0 :D + WI
 c 4 C=1,0,1,0,0 D=0 :D + WII
 c 5 C=1,0,0,0,0 D=1 :D + EQd

COMBO

1 C=.001,.00025,0 D=0 :D + 1/4 WI
 2 C=.001,0,.00025 D=0 :D + 1/4 WII
 3 C=.001,.001,0 D=0 :D + WI
 4 C=.001,0,.001 D=0 :D + WII
 5 C=.001,0,0 D=.001 :D + EQd
 92 F=17.80E3,17.80E3
 93 F=5.190E3,5.190E3

C U.B.C. DESIGN SPECTRUM
 SPEC

A=0 S=2.614 :S=1.2x0.35x9.81/3x(5/1)^.4
 0 1
 .1 2.0
 .2 2.5
 .3 2.5
 .4 2.5
 .5 2
 .6 1.7
 .7 1.45
 .8 1.25
 .9 1.15
 1 1
 1.5 .7
 2.5 .4
 3 .35
 100 .3

c COMBO

c 1 C=1,.25,0,0,0 D=0 :D + 1/4 WI
 c 2 C=1,0,.25,0,0 D=0 :D + 1/4 WII
 c 3 C=1,1,0,0,0 D=0 :D + WI
 c 4 C=1,0,1,0,0 D=0 :D + WII
 c 5 C=1,0,0,0,0 D=1 :D + EQd

COMBO

1 C=.001,.00025,0 D=0 :D + 1/4 WI

شماره صفحه ۵۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکتولوژی

C=.001,0,.00025	D=0	:D + 1/4 WII
C=.001,.001,0	D=0	:D + WI
C=.001,0,.001	D=0	:D + WII
C=.001,0,0	D=.001	:D + EQd

شماره صفحه ۵۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و فناوری

** STEEL CHIMNEY

UNIT: K-M-S

EIGENVALUES AND FREQUENCIES

MODE NUMBER	EIGENVALUE (RAD/SEC)**2	CIRCULAR FREQ (RAD/SEC)	FREQUENCY (CYCLES/SEC)	PERIOD (SEC)
1	.113715E+02	.337216E+01	.536696	1.863251
2	.113715E+02	.337216E+01	.536696	1.863251
3	.136097E+03	.116661E+02	1.856712	.538586
4	.136097E+03	.116661E+02	1.856712	.538586
5	.439828E+03	.209721E+02	3.337809	.299598
6	.439828E+03	.209721E+02	3.337809	.299598
7	.943298E+03	.307132E+02	4.888151	.204576
8	.943298E+03	.307132E+02	4.888151	.204576
9	.193899E+04	.440339E+02	7.008214	.142690
10	.193899E+04	.440339E+02	7.008215	.142690

شماره صفحه ۵۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

۴-۴- بار زلزله

۴-۴-۱- کلیات

دودکش‌ها به دلیل اینکه سازه‌هایی لاغر و بلند هستند در مقابل زلزله صدمه پذیر هستند، همچنین خسارات ناشی از تخریب یک دودکش اغلب بسیار زیاد است، هم بدلیل اینکه سازه‌های گران قیمتی هستند و هم به خاطر ضررهای ناشی از توقف کار نیروگاه و خسارتهای ثانوی آن. بنابراین در برآورد بارهای ناشی از زلزله و تاثیر آن بر سازه دودکش باید دقت کافی بکار برده شود.

۴-۴-۲- تحلیل استاتیکی معادل

مطالعات اولیه بر روی مساله طراحی لرزه‌ای سازه‌ها منجر به روش استاتیکی معادل شد که سازه تحت اثر نیروهای ناشی از اینرسی، بارگذاری و تحلیل می‌شود. بموجب این روش سازه طوری طراحی می‌شود که قادر باشد نیروی مشخصی را در تراز پایه تحمل نماید. این نیرو از حاصلضرب ضریب زلزله در وزن کلی سازه بدست می‌آید. ضریب زلزله متاثر از عواملی نظیر شرایط محلی و زمین شناختی، اهمیت سازه، پیروید و شکل پذیری سازه است. این روش تقریبی از واکنش مد اول است و به همین جهت در محاسبات تنها به پیروید اول نیاز است. ضوابط ارائه شده برای محاسبه برش پایه در این بند مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران می‌باشد. لازم به ذکر است که استاندارد دی تحت عنوان، نحوه اثر زلزله بر سازه‌های نیروگاهها و پستها در مرکز تحقیقات نیرو در حال تدوین می‌باشد که پس از انتشار، استاندارد فوق می‌بایست مدنظر قرار گیرد.

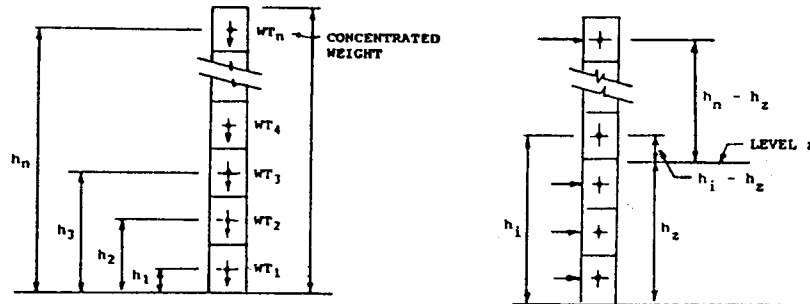
۴-۴-۵- ضریب رفتار

مقادیری که در جدول ۴-۵ استاندارد آورده شده است با این فرض می‌باشد که طراحی دودکش بتنی به روش حدی و طراحی دودکش فولادی (خود ایستا یا مهارشده توسط برج فولادی) به روش تنش مجاز انجام گیرد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	مخلصبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۶۰
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

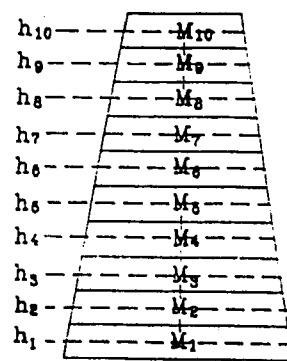
۴-۲-۶- توزیع نیروی برشی در ارتفاع

نیروهای برشی ناشی از زلزله باید در ارتفاعهای مختلف به مرکز ثقل المان مربوطه اعمال شود (شکل ۴-۷)



شکل ۴-۷- نحوه توزیع نیروهای برشی ناشی از زلزله در ارتفاعهای مختلف

مثال ۴-۴- محاسبه برش و لنگر ناشی از نیروی زلزله در سه ارتفاع ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر برای پوسته بتنی دودکشی به ارتفاع ۱۵۷/۵ متر در صورتی که نیروی اعمال شده در اثر نیروی زلزله در ترازهای مختلف (شکل ۴-۸) مطابق جدول ۴-۵ باشد. پریود مد اول ارتعاش دودکش ۲/۶۷ ثانیه می باشد ($T_1=2.67$) و با توجه به اینکه قطر در بالا از نصف قطر در پایین بیشتر است مقادیر J_v^z و J_m^z بدون ضریب اصلاح، محاسبه می شوند^۱.



شکل ۴-۸

(۱) بند ۴-۲-۶ از استاندارد جدول (۴-۶)

شماره صفحه ۶۱	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

جدول ۵-۴- نیروی اعمال شده بر اثر نیروی زلزله

تراز	ارتفاع (m)	وزن W_i (ton)	نیروی f_i (ton)
h_1	7.88	1180	1.88
h_2	23.6	1080	15.46
h_3	39.4	960	38.30
h_4	55.1	840	65.50
h_5	70.9	720	93.0
h_6	86.6	620	119.50
h_7	102.4	540	145.50
h_8	118.1	530	190.00
h_9	133.9	500	230.40
h_{10}	149.6	520	299.00
$\Sigma w_i h_i^2 = 46641163$			$\Sigma f_i = 1198$

الف) لنگر و برش در تراز صفر

$$\frac{h_z}{h} = 0 \leq 0.5$$

$$J_V = 1 - 2 \left(1 - J_V^{0.5h} \right) \left(\frac{h_z}{h} \right)$$

$$J_V = 1 \Rightarrow V = 1198$$

$$\frac{h_z}{h} = 0 \leq 0.5 \Rightarrow J_m^{0.9h} = 1.15 + 0.025 (2.67)^2 = 1.328$$

$$J_m^{0.3h} = 0.3 + 0.004 (6 - 2.67)^3 = 0.4477$$

$$J_m^{base} = 0.4 + (6 - 2.67)^3 / 300 = 0.523$$

شماره صفحه ۶۲	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$J_m^0 = 11.1 + (0.523 - 0.4477) (0.3)^2 + 0.4477 = 0.523$$

$$M = 0.523 \times 135360 = 70783 \text{ t.m}$$

ب- لنگر و برش در تراز ۵۰ متری

$$\frac{50}{157.5} = 0.32 < 0.5$$

$$J_V^{0.5h} = 0.43 + 0.5 / (2.67)^{1.5} = 0.544$$

$$J_V^{50} = 1 - 2(1 - 0.544) \left(\frac{50}{157.5} \right) = 0.71$$

$$V = 1198 \times 0.71 = 850$$

$$\frac{h_z}{h} > 0.3 \Rightarrow J_m^z = 2.78 (1.328 - 0.4477) \left(\frac{50}{157.5} - 0.3 \right)^2 + 0.4477$$

$$\Rightarrow J_m^z = 0.4484$$

$$M = 0.4484 \times 76358 = 34208 \text{ t.m}$$

ج- لنگر و برش در تراز ۱۰۰ متری

$$\frac{100}{157.5} = 0.63 > 0.5$$

$$J_V^{\text{top}} = 0.96 + 0.23 \times 2.67 = 1.574$$

$$J_V^{0.5h} = 0.43 + 0.5 / (2.67)^{1.5} = 0.545$$

$$J_V^{100} = 8(1.574 - 0.545) \left(\frac{100}{157.5} - 0.5 \right)^3 + 0.545 = 0.565$$

$$V = 0.565 \times 1198 = 677$$

$$\frac{100}{157.5} > 0.5 \Rightarrow J_m^z = 2.78 (1.328 - 0.4477) \left(\frac{100}{157.5} - 0.3 \right)^2 + 0.4477 = 0.722$$

$$M = 26429 \times 0.722 = 19082 \text{ t.m}$$

شماره صفحه ۶۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

۳-۴-۴- تحلیل شبه دینامیکی

معادله حرکت یک سازه مستقر بر روی یک فونداسیون در حال ارتعاش به شکل زیر است :

$$M\ddot{U} + C \dot{U} + KU = -M.I\ddot{U}_b \quad (۳-۴-۱)$$

در این معادله U بردار تغییر مکان نسبی و تابعی از زمان است و U_b تغییر مکان پی، M ماتریس جرم سازه، C ضریب میرایی، K ماتریس سختی و I ماتریس یکاکی است.

برای یک شتاب نگاشت داده شده می توان از جواب معادله (۳-۴-۱) انتگرالگیری کرده و تاریخچه تغییر مکان سیستم را بدست آورد.

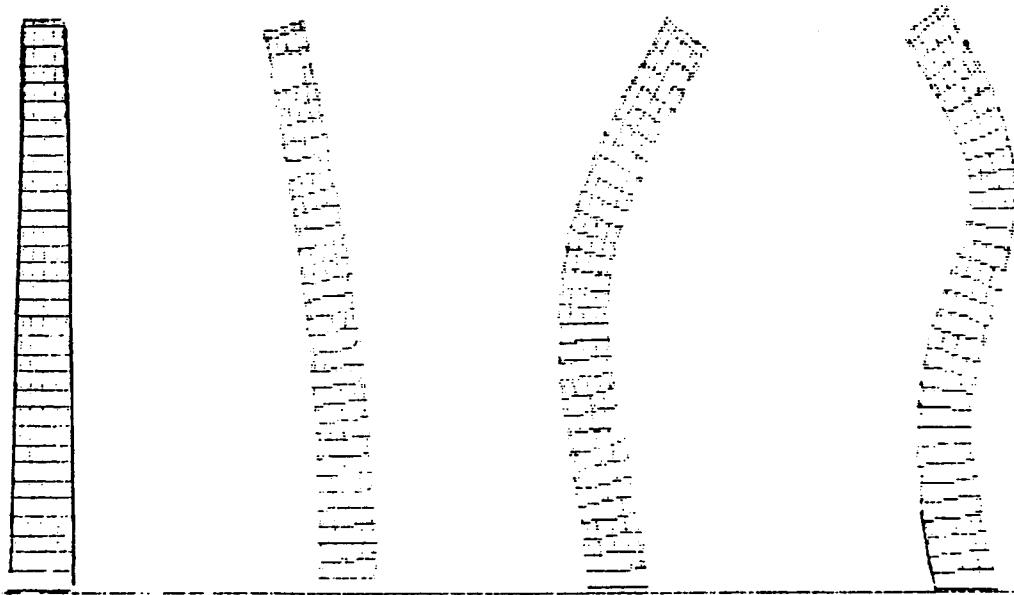
برای سازه های بزرگ با درجات آزادی زیاد، اغلب تغییر مکان سازه، U بر حسب شکل مدهای آن تعریف می شود، به عبارت دیگر U را می توان به شکل N بردار شکل مد (φ) در دامنه (X) نوشت که N تعداد درجات آزادی سازه است.

$$U = \varphi X \quad (۳-۴-۲)$$

برای محاسبه شکل مد و پرید آن می توان از روش اجزا محدود و انجام محاسبات بوسیله کامپیوتر استفاده کرد. در این روش ابتدا ماتریس $[K - \omega^2 M]$ که در آن ω فرکانس زاویه ای هر مد است تشکیل شده و سپس مقادیر ویژه و بردارهای ویژه آن با مساوی صفر قراردادن دترمینان ضرایب ماتریس بدست می آید. ریشه های معادله بدست آمده (مقادیر ویژه) فرکانسهای زاویه ای سیستم است. با قراردادن ω در رابطه $K - \omega^2 M = 0$ مقدار تغییر مکان های درجات آزادی سیستم بدست می آید که همان شکل مدها است.

یک سازه با N درجه آزادی دارای N شکل مد مجزاست و این در حالی است که فقط چند مد اول بطور مهم و قابل توجه در پاسخ سازه شرکت می کنند. برای سازه های پوسته ای نظیر دودکش و برج خنک کن، تحت اثر مولفه های افقی زمین لرزه مدهایی که باعث تغییر مکان انتقالی سطح مقطع پوسته می شوند (شکل ۳-۴) تحریک می شوند. با ترکیب کردن سهم تمام مدها نیروی زلزله در سازه بدست می آید.

شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۶۴
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸



شکل ۹-۴- سه مد اول ارتعاش جانبی دودکش بتنی

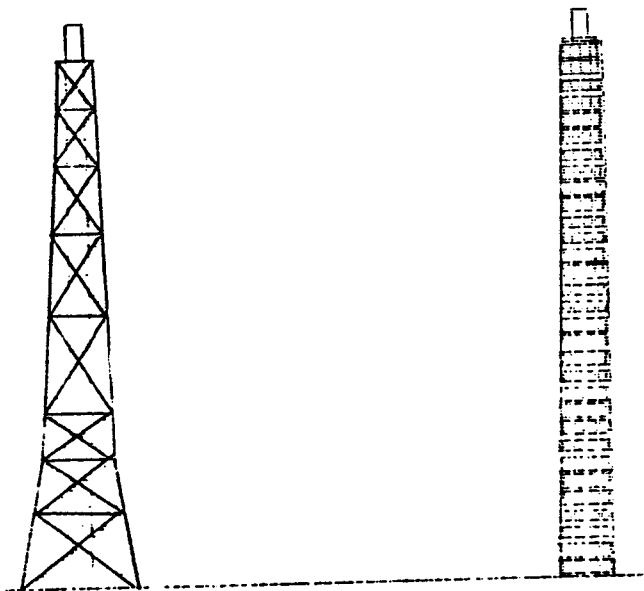
تحلیل دینامیکی دودکش‌ها تحت تاثیر زمین‌لرزه، نیازمند داشتن شکل مدها و فرکانسهای طبیعی هر مد است. برای نشان دادن رفتار واقعی سازه اصلی باید آن را مدل نمود. معمولاً رفتار سازه اصلی پیچیده بوده و ساده‌سازی زیادی در مدل سازه صورت می‌گیرد. مفیدترین مدلها، مدلی است که در عین سادگی دارای رفتاری نزدیک به رفتار سازه واقعی باشد^۱.

هرچه مدل انتخابی برای دودکش به سازه اصلی شبیه‌تر باشد، نتایج تحلیل دقیق‌تر خواهد بود ولی در عین حال محاسبات مشکل‌تر و وقت‌گیرتر خواهد شد.

مثلاً یک دودکش بتنی را می‌توان به شکل سه بعدی و با کمک المان‌های پوسته‌ای با رفتار غشایی یا خمشی، همراه با دودروی آن مدل نمود یا دودکش فولادی می‌تواند بصورت یک خرپای فضایی همراه با دودرو مدل شود. (شکل ۱۰-۴) در این صورت مقادیر بدست آمده از فرکانس‌ها و شکل مدها و سایر مقادیر مورد نیاز دقیق‌تر ولی حجم نتایج، محاسبات و داده‌ها بیشتر خواهد بود.

(۱) فصل هشتم استاندارد

شماره استاندارد ۶۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۶۵
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸



شکل ۴-۱۰- مدل دودکش بتنی و فلزی

۴-۳-الف- مثال ۴-۵- مقایسه نتایج با استفاده از انواع مدل سازی

دودکش بتنی با ارتفاع ۱۵۷ متر و با قطر پایین ۲۰ متر و قطر بالا ۱۳/۷۵ متر را به سه روش مدل نموده و مقادیر پریدها را با هم مقایسه می کنیم.

مدل شماره ۱- مدل دقیق دودکش با استفاده از المان پوسته (Shell)

مدل شماره ۲- مدل میله ای با ۲۰ جرم متمرکز

مدل شماره ۳- مدل میله ای با ۱۱ جرم متمرکز

این سه مدل توسط کامپیوتر و بوسیله نرم افزار Sap90 تحلیل شد و فرکانسها و شکل مدهای آنها بدست آمد. مقادیر بدست آمده از مدل شماره ۱ به عنوان دقیق ترین مقدار در نظر گرفته شده و نتایج دو مدل دیگر با آن مقایسه شده است خلاصه نتایج در جدول ۴-۶ آورده شده است.

شماره صفحه ۶۶	محاسبات و تفسیر مباحث و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

جدول ۴-۶- مقایسه زمان تناوب و ضرایب مشارکت مدلهای مختلف دودکش در ارتعاش جانبی

مجموع (درصد)	ضرایب مشارکت (درصد)					پد ما					
	۵	۴	۳	۲	۱	۵	۴	۳	۲	۱	
93	3.3	5.6	10.3	22.9	50.8	.073	.106	.178	.40	1.74	مدل شماره ۱
89	2.6	4.8	9.5	22.7	50.4	.073	.104	.176	.40	1.69	مدل شماره ۲
97	2.8	5.2	10.7	24.3	54.2	.079	.111	.183	.41	1.79	مدل شماره ۳

همانطور که مشاهده می شود هرچه مقدار جرمهای متمرکز بیشتر باشد رفتار مدل به سازه اصلی نزدیکتر است و البته اختلاف نتایج برای مدل با ۱۱ جرم متمرکز نیز ناچیز و دارای دقت مناسبی می باشد. علاوه بر آن می توان نتیجه گرفت برای محاسبه پاسخ دقیق دودکش به مولفه افقی زلزله، با در نظر گرفتن حدوداً ۵ مد اول مجموع ضرایب مشارکت جرم بیش از ۹۰٪ خواهد شد.

۴-۴-۴- اثر مولفه قائم زلزله

استفاده از مولفه های افقی زلزله در طراحی لرزه ای یک سازه عموماً "کافی خواهد بود. همچنین احتمال وقوع همزمان حداکثر مقدار دو مولفه افقی و قائم از نظر آماری بعید به نظر می رسد. لذا طراحی دودکش برای نیروی حداکثر P (ناشی از مولفه قائم) و ممان حداکثر M_r (ناشی از مولفه افقی) محافظه کارانه می باشد. علاوه بر آن ضرایب اطمینان موجود در طراحی اغلب حاشیه اطمینانی را ایجاد می کند که به موجب آن می توان از مقاومت اضافی سازه در مقابل حرکت قائم زمین اطمینان حاصل کرد. با وجود این مولفه قائم زلزله ممکن است تا دو سوم مولفه افقی بزرگی داشته باشد. در این حالت بهتر است اثرات توأم مولفه قائم و افقی زلزله که لزوماً مقادیر حداکثر هر یک نمی باشد، کنترل شود.

شماره صفحه ۶۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

۴-۵- اثر همزمان دو مولفه افقی

در صورتی که کنترل اثر همزمان دو مولفه افقی مدنظر باشد، توصیه می‌شود حالتی که صد درصد نیروی در یک جهت به همراه ۳۰٪ نیرو در جهت عمود بر آن در نظر گرفته شود.

۴-۵- بارهای ناشی از حرارت

وقتی که اولین دودکش‌ها در ابتدای این قرن ساخته شدند، اکثر آنها فاقد فولاد کافی برای مقاومت در برابر تنش‌های حرارتی بودند، در نتیجه دودکشها دارای ترک خوردگی‌هایی بودند که در طی سالهای ۱۹۲۰ تا ۱۹۳۰ تحقیقاتی در مورد جریان دما از سطح داخلی دودکش به سمت سطح خارجی صورت گرفت که نتایج آن منجر به ارائه فرمول‌هایی جهت محاسبه دما و تنش‌های حاصل از آن در مقاطع مختلف دودکش گردید.

لذا علاوه بر بارهای باد و زلزله، یکی از بارگذاری‌هایی که می‌بایست در طراحی دودکش مدنظر قرار گیرد، بارهای حرارتی می‌باشد. حرارتی که از مواد خروجی از دودکش منتقل می‌شود، علاوه بر این که طراحی دودرو را تحت الشعاع قرار می‌دهد، در دودکشهایی که پوسته بتنی قسمتی از سیستم عایق‌بندی می‌باشد، اثرات حرارت مستقیماً بر روی طراحی پوسته موثر می‌باشد.

در چنین دودکشهایی پوسته یا مستقیماً با دودرو در تماس می‌باشد و یا اینکه فضای خالی با سیستم تهویه هوا یا بدون سیستم تهویه، بین دودرو و پوسته وجود دارد.

همانطور که ذکر شد با استفاده از روابط و فرمولهایی می‌توان اختلاف دمای سطح داخلی و خارجی پوسته بتنی (فصل ششم استاندارد) که عامل ایجاد تنشهای حرارتی عمودی و محیطی است، محاسبه نمود. در دودروهای فولادی نیز عدم توزیع یکنواخت دما در پیرامون مقطع سبب ایجاد تنشهای حرارتی می‌شود.

۴-۵-۲- پوسته فولادی دودروها در دودکش‌های غیر خود ایستا

از جمله اجزایی از دودکش که عامل حرارت تاثیر قابل ملاحظه‌ای در طراحی آن خواهد داشت، دودروهای فولادی است. وجود تکیه‌گاههای جانبی که مانع تغییر شکل دودرو می‌شوند، باعث ایجاد لنگرهای خمشی شده و در نتیجه تنش‌های قائم در دودروی فولادی ایجاد می‌شود.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۶۸
مفوننت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

تنش های حرارتی در پوسته فولادی دودکش چه در جهت طولی و چه در جهت حلقه ای تحت اثر توزیع غیریکنواخت دمای گاز عبوری ایجاد می شود، توزیع غیریکسان دما را می توان به علل زیر نسبت داد.

الف) متغیر بودن دمای گاز داخلی

ب) شکل ورودی گاز به دودرو به عنوان مثال اگر گاز از یکطرف آستر وارد شود وجه ورودی گاز داغتر از وجه مقابل خواهد بود.

ج) نسبت حداقل حجم گاز ورودی به بالاترین حجم گاز ورودی در داخل دودرو

ه) وجود ورودی های دود مختلف که فقط تعدادی از آنها کار کند.

علاوه بر عوامل فوق، ایجاد حرارت های غیرعادی نیز باعث ایجاد تنش در دودرو می گردد، حرارت های غیرعادی به دلایل زیر ممکن است ایجاد شود:

الف) در شرایطی که دستگاه های ایجاد حرارت (تجهیزات بویلر) عملکرد نامناسبی داشته باشند.

ب) در شرایطی که یکی از واحدها برای شروع کار هوای سرد را با فشار بداخل دودرو می فرستد، در حالیکه دودرو دیگر با حداکثر دمای ممکن کار می کند.

ج) در شرایط راه اندازی کل سیستم

۴-۲-۲- تنش قائم ایجاد شده در دودرو تحت اثر حرارت

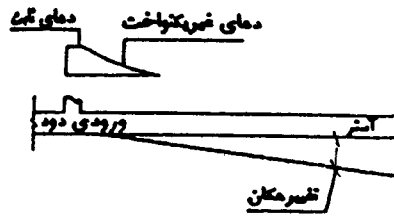
رابطه ۴-۴۶ دارای دو مولفه می باشد، مولفه M_x لنگر ناشی از توزیع غیریکنواخت دما در جهت قائم (ارتفاع دودرو) و مولفه دوم لنگر ناشی از توزیع غیریکنواخت در پیرامون دودرو می باشد هر دو نوع توزیع سبب چرخش مقطع دودرو و نهایتاً ایجاد لنگر خواهد شد. به منظور بدست آوردن لنگر خمشی ایجاد شده در اثر دمای غیریکنواخت در ارتفاع دودرو (M_x) ابتدا باید دودرو بدون تکیه گاه جانبی فرض شود و تغییر مکان دودرو را تحت اثر دمای غیریکنواخت مشخص نموده و سپس با اعمال شرایط تکیه گاه های جانبی لنگر های خمشی را محاسبه نماییم.

تغییر شکل دودرو (بدون تکیه گاه جانبی) در اثر توزیع دمای ثابت^۱ و غیریکنواخت مطابق شکل (۴-۱۱)

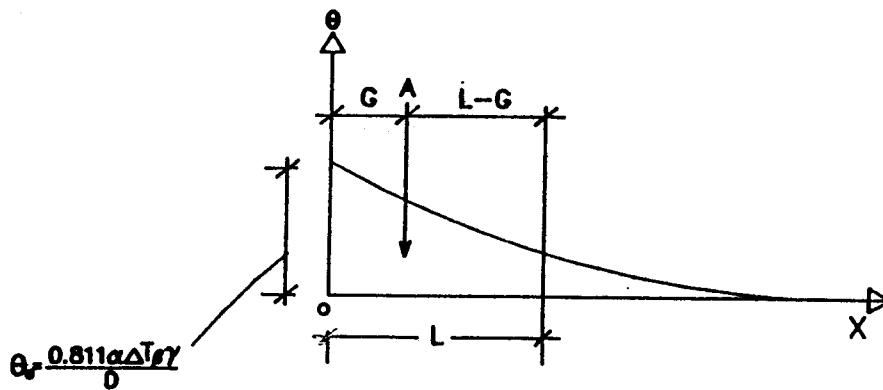
۱) دمای ثابت فقط در ارتفاع HB (دمانه بازشو) وجود خواهد داشت.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۶۹
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکشی	آذرماه ۱۳۷۸

می باشد، همچنین در شکل (۱۲-۴) منحنی چرخش مقطع نمایش داده شده است.



شکل ۱۱-۴- تغییر شکل دودرو (بدون تکیه گاه جانبی) در اثر دو توزیع دمای ثابت و غیر یکنواخت



شکل ۱۲-۴- منحنی چرخش مقطع دودرو (G فاصله مرکز سطح چرخش تا ارتفاع بالای بازشو)

رابطه ۴۷-۴- بیانگر تغییر مکان جانبی دودرو در ارتفاع L می باشد (L ارتفاع بالای بازشو است و از رابطه ۴۵-۴ محاسبه می شود). با در دست داشتن d، می توان عکس العمل تکیه گاه و در نتیجه لنگر خمشی ناشی از آن را محاسبه نمود.

مثال ۶-۴- محاسبه تنش قائم ناشی از اثر حرارت در دودکشی با مشخصات زیر:

نوع فولاد: A36

ارتفاع: ۱۶۰^m

قطر دودرو: ۴/۵^m

شماره صفحه ۷۰	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

دمای عادی: 135°C

دمای غیرعادی: 275°C

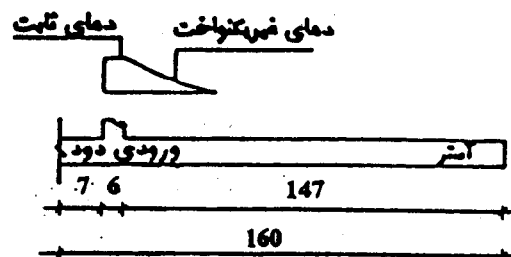
حداکثر تغییرات دمای غیریکنواخت: $\Delta T_B = 140^{\circ}\text{C}$

نسبت جریان: $1/0$

عرض ورودی دود: $W = 1\text{m}$

ارتفاع ورودی دود: $H_b = 6\text{m}$

نحوه توزیع دمای غیریکنواخت در بدنه دودکش مانند شکل زیر خواهد بود:



شکل (۴-۱۳)

$$\Delta T_B = 140^{\circ}\text{C} \Rightarrow \gamma = 0.88$$

$$\text{نسبت جریان} = 1.0 \Rightarrow \beta = 0.4$$

$$\frac{D}{W} = \frac{450}{300} = 1.5 \Rightarrow K = 1.085$$

$$\theta_0 = \frac{0.811 \times \Delta T_B \gamma}{D}$$

$$\frac{0.811 \times 1.17 \times 10^{-5} \times 0.88 \times 140}{450} = 2.6 \times 10^{-6}$$

(رابطه ۴-۴۸)^۱

$$Q = \frac{\beta \cdot K}{D}$$

$$\frac{0.4 \times 1.085}{450} = 9.64 \times 10^{-4}$$

(رابطه ۴-۴۹)^۱

حال تغییر مکان دودرو را در راس با فرض آزاد بودن آن محاسبه می‌کنیم (در این حالت $L = 160 - 13 = 147\text{m}$)

(۱) صفحه ۵۳ از جلد ۶۲-۲۰۱

شماره صفحه ۷۱	محاسبات و تفسیر مبانی و تجهیزات طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$d = \theta_0 H_B \left(\frac{HB}{2} + L \right) + \frac{\theta_0}{Q} \left[L - \frac{1}{Q} (1 - e^{-QL}) \right] \quad \text{رابطه ۴-۴۷}^1$$

$$d = 2.6 \times 10^{-6} \times 600 (300 + 14700) + \frac{2.6 \times 10^{-6}}{9.64 \times 10^{-4}} \left(14700 - \frac{1}{9.64 \times 10^{-4}} (1 - e^{-14.17}) \right)$$

$$d = 23.4 + 36.85 = 60.25 \text{ am}$$

نیروی لازم برای ۱ سانتیمتر تغییر مکان از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$P_1 = \frac{3EI}{L^3}$$

با فرض اینکه ضخامت دودرو در راس 1.2cm باشد.

$$I = \pi \left(\frac{450}{2} \right)^3 \times 1.2 = 4.294 \times 10^7$$

با فرض اینکه حداکثر دمای غیرعادی دودکش 135°C باشد با استفاده از جدول ۱-۲ مقدار

$$E = 1931265 \text{ kg/cm}^2$$

$$\alpha = 3.65 \times 10^{-6}$$

می باشد.

$$P_1 = \frac{3 \times 1931265 \times 4.294 \times 10^7}{(14700)^3} = 78.32 \text{ kg}$$

$$P_{\text{کل}} = 60.25 \times 78.32 = 4719 \text{ kg}$$

بنابراین تنش در مقطعی به فاصله L از بالای بازشو از رابطه زیر بدست می آید.

$$\Delta T = \gamma e^{-\beta KL/D} \Delta T_B$$

$$\Delta T = 0.88 \times e^{-9.64 \times 10^{-4} L} \times 140$$

$$\Delta T = 123.2 e^{-9.64 \times 10^{-4} L}$$

$$f_L = \frac{4719 \times L}{3.14 \times 225^2 \times 1.2} + 0.1 \times (3.65 \times 10^{-6}) \times 1931265 \times 123.2 e^{-9.64 \times 10^{-4} L}$$

$$f_L = 0.025 L + 86.845 e^{-9.64 \times 10^{-4} L}$$

شماره صفحه ۷۲	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

فصل پنجم

طراحی

۳-۱-۵- طراحی پوسته بتنی

۳-۱-۵- الف - روند تحلیل و طراحی دودکش بتنی

۱- ابتدا با توجه به ابعاد و تعداد دودروها، قطر پوسته بتنی و ضخامت آن حدس زده شود. برای حدس اولیه می توان از دودکشهای موجود استفاده نمود، همچنین محدودیت های آئین نامه در ارتباط با ضخامت پوسته بتنی مدنظر قرار گیرد.

۲- بار مرده، بار باد، بار زلزله و اختلاف دمای بین داخل و خارج پوسته مطابق فصل ششم آئین نامه تعیین گردد و لنگر و نیرو در مقاطع مختلف دودکش با توجه به مقادیر بارگذاری مشخص شود.

۳- به منظور در نظر گرفتن اثر دما مقادیر f_y و f_c کاهش داده شود و مقادیر f_y' و f_c' (مطابق فصل ششم) محاسبه گردند.

۴- با استفاده از روش ارائه شده در بند ۱-۵-۳-۱ و ۲-۳-۱-۵ از استاندارد، آرما توره های قائم و افقی طراحی گردند.

۵- در صورتی که آرما تور محاسبه شده برای مقاطع نسبت بالایی باشد (با توجه به ملاحظات اقتصادی) باید قطر مقطع یا ضخامت پوسته افزایش یابد. مقدار حداکثر آرما تور برای دودکشا ۲٪ توصیه شده است که در محل بازشوها می تواند تا ۴٪ افزایش یابد.

۶- در صورتی که آرما تور بدست آمده کمتر از مقدار حداقل باشد، مقدار حداقل آرما تور (بند ۱-۵-۴-۲-۵ از استاندارد) جانشین مقدار محاسبه شده گردد.

۷- حداکثر تغییر مکان دودکش کنترل شود (فصل هفتم از استاندارد) و در صورتی که از حد مجاز بیشتر باشد با افزایش ضخامت یا قطر مقدار تغییر مکان کاهش داده شده و مراحل قبلی تکرار می شود.

۸- عرض ترک کنترل شود (فصل هفتم از استاندارد) و در صورتی که از مقدار مجاز بیشتر باشد با افزایش مقدار

شماره صفحه ۷۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

آرماتور، عرض ترک کاهش داده شود.

۹- مقاطع دودکش در محل های بحرانی (مثل اطراف بازشوها) برای تنش های برشی و پیچشی کنترل گردد (فصل هفتم از استاندارد) و در صورتی که از تنش های مجاز بیشتر بود مقدار آرماتور حلقوی مقطع افزایش یابد.

۱-۳-۱-۵- طراحی در مقابل بار قائم و لنگر قائم

در رابطه ۳-۵^۱، پارامترهای بکار برده شده براساس خصوصیات مقطع (ضخامت، قطر متوسط، تعداد بازشوها، تعداد آرماتورهای موجود در مقطع و...) تعیین می گردد.

برای بدست آوردن رابطه ۳-۵ لازم است تنشها در قسمتهای مختلف مقطع محاسبه گردد، به این منظور پارامترهای زیر تعریف می گردد.

P : نیروی فشاری حاصل شده از بلوک تنش در بتن

S_1 : نیروی کششی ایجاد شده در آرماتورهایی که تنش آنها از کرنش جاری شدن پایین تر می باشد (حد فاصل زاویه α تا Ψ در شکل ۱-۵)

S_2 : نیروی کششی ایجاد شده در آرماتورهایی که کرنش آنها از کرنش جاری شدن فولاد بالاتر می باشد (حد فاصل زاویه Ψ تا π در شکل ۱-۵)

S_3 : نیروی فشاری ایجاد شده در آرماتورهایی که کرنش آنها از کرنش جاری شدن پایین تر می باشد (حد فاصل زاویه μ تا α در شکل ۱-۵)

S_4 : نیروی فشاری ایجاد شده در آرماتورهایی که کرنش آنها از کرنش جاری شدن بالاتر می باشد (حد فاصل زاویه μ تا π در شکل ۱-۵)

θ : متغیری تابع α

P' و S'_1 و S'_2 و S'_3 و S'_4 : لنگرهای ایجاد شده در اثر نیروهای P و S_1 و S_2 و S_3 و S_4 حول محور خنثی

M_{DS} : لنگر مقاوم مقطع

برای محاسبه نیروی S_1 می توان نوشت (با توجه به تشابه مثلثهای کرنش):

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۷۴
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

$$S_1 = 2 \int_{\alpha}^{\Psi} \frac{r(\cos\alpha - \cos\theta)}{r(1-\cos\alpha)} \cdot \varepsilon_m E_s \rho_t r d\theta$$

$$= \frac{2\varepsilon_m E_s \rho_t r t}{(1-\cos\alpha)} (\theta \cos\alpha - \sin\theta) \Big|_{\alpha}^{\Psi} = \frac{2\varepsilon_m E_s \rho_t r t}{(1-\cos\alpha)} [(\Psi - \alpha) \cos\alpha - \sin\Psi + \sin\alpha]$$

اگر پارامترهای ω_1 و k_e بصورت زیر تعریف شوند:

$$\omega_1 = \rho_t f_y / f'_c \quad \text{یا} \quad \omega_1 f'_c = \rho_t f_y$$

$$k_e = E_s / f_y$$

می توان نوشت:

$$E_s \rho_t = E_s \rho_t \cdot (\omega_1 f'_c / \rho_t f_y)$$

$$= (E_s f_y) \cdot \omega_1 f'_c$$

$$= k_e \omega_1 f'_c$$

در نتیجه رابطه S_1 بصورت زیر بازنویسی می گردد:

$$S_1 = 2\varepsilon_m k_e \omega_1 r t f'_c \cdot \frac{[(\Psi - \alpha) \cos\alpha - \sin\Psi + \sin\alpha]}{(1-\cos\alpha)}$$

با تعریف پارامتر Q_4 بصورت زیر:

$$Q_4 = \frac{[(\Psi - \alpha) \cos\alpha - \sin\Psi + \sin\alpha]}{(1-\cos\theta)}$$

معادله S_1 بصورت زیر در می آید:

$$S_1 = 2\varepsilon_m k_e \omega_1 r t f'_c \cdot Q_4 \quad (1-5)$$

همچنین مقدار نیروی S_2 با توجه به رابطه زیر بدست می آید:

$$S_2 = 2(\pi - \Psi) \rho_t r t f_y$$

با توجه به اینکه

$$\rho_t f_y = \omega_1 f'_c$$

$$S_2 = 2(\pi - \Psi) r t \omega_1 f'_c \quad (2-5)$$

مقدار نیروی P با توجه به رابطه زیر بدست می آید:

شماره صفحه ۷۵	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$p = 2 (\tau - n_1 \beta) r t . 0.85 f'_c$$

$$= 1.7 r t f'_c (\tau - n_1 \beta)$$

با تعریف $\lambda = \tau - n_1 \beta$ می توان نوشت :

$$p = 1.7 r t f'_c \cdot \lambda \quad (ت-۳-۵)$$

مقداری نیروی S_3 با توجه به رابطه زیر بدست می آید :

$$S_3 = 2 \int_{\mu}^{\alpha} \frac{r(\cos\theta - \cos\alpha)}{(1 - \cos\alpha)} \cdot \varepsilon_m E_s \rho_t r t d\theta$$

$$= \frac{2\varepsilon_m E_s \rho_t r t d\theta}{(1 - \cos\alpha)} (\sin\theta - \theta \cos\alpha) \Big|_{\mu}^{\alpha}$$

$$= 2\varepsilon_m k_e \omega_1 r t f'_c \frac{[\sin\alpha - \sin\mu - (\alpha - \mu)\cos\alpha]}{(1 - \cos\alpha)}$$

با تعریف :

$$Q_3 = \frac{\sin\alpha - \sin\mu - (\alpha - \mu)\cos\alpha}{(1 - \cos\alpha)}$$

رابطه S_3 بصورت زیر در می آید :

$$S_3 = 2\varepsilon_m k_e \omega_1 r t f'_c Q_3 \quad (ت-۴-۵)$$

مقدار نیروی S_4 با توجه به رابطه زیر بدست می آید :

$$S_4 = 2\mu \rho_t r t f'_c = 2\omega_1 r t f'_c \cdot \mu \quad (ت-۵-۵)$$

با توجه به جهت نیروهای موجود در مقطع می توان نوشت :

$$P_u = P + S_3 + S_4 - S_1 - S_2 \quad (ت-۶-۵)$$

$$P_u = 1.7 r t f'_c \lambda + 2\varepsilon_m k_e \omega_1 r t f'_c \varphi_3 + 2\omega_1 r t f'_c \mu - 2\varepsilon_m k_e \omega_1 r t f'_c Q_4 - 2\omega_1 r t f'_c (\pi - \Psi)$$

$$P_u / r t f'_c = k_1 = 1.7\lambda + 2\varepsilon_m k_e \omega_1 (Q_3 - Q_4) 2\omega_1 (\mu - (\pi - \Psi))$$

$$P_u / r t f'_c = k_1 = 1.7\lambda + 2\varepsilon_m k_e \omega_1 Q_1 - 2\omega_1 \lambda_1$$

که در این رابطه Q_1 و λ_1 از روابط (ت-۱-۶-۵) و (ت-۲-۶-۵) بدست می آیند :

شماره صفحه ۷۶	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$\lambda_1 = \mu + \Psi - \pi \quad (1-6-5 \text{ ت})$$

$$Q_1 = Q_3 - Q_4 = \frac{\sin \Psi - \sin \mu - (\Psi - \mu) \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (2-6-5 \text{ ت})$$

در محاسبات مربوط به نیروی P، یک ضریب اطمینان (ضریب تصحیح) φ نیز در نظر گرفته می شود که با توجه به این ضریب معادله بالا بصورت زیر در می آید:

$$P_u / r t f'_c = k_1 = 1.7 \varphi \lambda + 2 \varepsilon_m k_e \omega_1 \varphi_1 - 2 \omega_1 \lambda_1$$

مقدار φ با توجه به روابط (11-5 الف) تا (11-5 و) بدست می آید.

برای بدست آوردن رابطه لنگر لازم است که لنگرهای ناشی از نیروهای P و S_1 و S_2 و S_3 و S_4 حول محور

خنثی محاسبه گردد.

$$S'_1 = 2 \int_{\alpha}^{\Psi} \frac{r^2 (\cos \alpha - \cos \theta)}{r (1 - \cos \alpha)} \cdot \varepsilon_m E_s \rho_t r t d\theta$$

$$= \frac{\varepsilon_m E_s r^2 \rho_t t}{(1 - \cos \alpha)} \int_{\alpha}^{\Psi} (\cos^2 \alpha - 2 \cos \alpha \cos \theta + \cos^2 \theta) d\theta$$

$$= \frac{2 \varepsilon_m k_e \omega_1 r^2 t f'_c}{(1 - \cos \alpha)} \left(\theta \cos^2 \alpha - 2 \cos \alpha \sin \theta + \frac{\theta}{2} + \frac{\sin 2\theta}{4} \right) \Big|_{\alpha}^{\Psi}$$

$$= \frac{2 \varepsilon_m k_e \omega_1 r^2 t f'_c}{(1 - \cos \alpha)} \left[(\Psi - \alpha) \cos^2 \alpha - 2 \cos \alpha (\sin \Psi - \sin \alpha) + (1/2)(\Psi - \alpha) + (1/4)(\sin 2\Psi - \sin 2\alpha) \right]$$

با فرض

$$J = \left[(\Psi - \alpha) \cos^2 \alpha - 2 \cos \alpha (\sin \Psi - \sin \alpha) + (1/2)(\Psi - \alpha) + (1/4)(\sin 2\Psi - \sin 2\alpha) \right]$$

$$J_1 = 2J / (1 - \cos \alpha)$$

$$S'_1 = \varepsilon_m r^2 t f'_c k_e \omega_1 J_1 \quad (7-5 \text{ ت})$$

$$S'_2 = 2 \int_{\Psi}^{\pi} P_t r t f_y \cdot r (\cos \alpha - \cos \theta) d\theta$$

$$= 2 r^2 P_t t f_y (\theta \cos \alpha - \sin \theta) \Big|_{\Psi}^{\pi}$$

$$= 2 r^2 P_t t f_y \left[(\pi - \Psi) \cos \alpha + \sin \Psi \right]$$

شماره صفحه ۷۷	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

با فرض

$$\rho_t f_y = \omega_t f'_c \quad \text{و} \quad J_2 = (\pi - \Psi) \text{Cos} \alpha + \text{Sin} \Psi$$

$$S'_2 = 2r^2 t f'_c \omega_t J_2 \quad (8-5 \text{ ت})$$

$$S'_3 = 2 \int_{\mu}^{\alpha} \frac{r^2 (\text{Cos} \theta - \text{Cos} \alpha)^2}{r(1 - \text{Cos} \alpha)} \cdot \varepsilon_m E_s p_t r t d\theta$$

$$= \frac{2 \varepsilon_m k_e \omega_t r^2 t f'_c}{(1 - \text{Cos} \alpha)} \cdot \left(\frac{\theta}{2} + \frac{\text{Sin} 2\theta}{4} - 2 \text{Cos} \alpha \text{Sin} \theta + \theta \text{Cos}^2 \alpha \right)_{\mu}^{\alpha}$$

با فرض

$$J_3 = \left[(\alpha - \mu) + \text{Sin} \alpha \text{Cos} \alpha - \text{Sin} \mu \text{Cos} \mu - 4 \text{Cos} \alpha (\text{Sin} \alpha - \text{Sin} \mu) + 2(\alpha - \mu) \text{Cos}^2 \alpha \right] / (1 - \text{Cos} \alpha)$$

$$S'_3 = 2 \varepsilon_m r^2 t f'_c k_e \omega_t J_3 \quad (9-5 \text{ ت})$$

$$S'_4 = 2 \int_0^{\mu} \rho_t r t f_y \cdot r (\text{Cos} \theta - \text{Cos} \alpha) d\theta$$

$$= 2r^2 \rho_t t f_y (\text{Sin} \theta - \theta \text{Sin} \alpha)_0^{\mu}$$

با فرض

$$J_4 = \text{Sin} \mu - \mu \text{Cos} \alpha$$

$$S'_4 = 2r^2 t f'_c \omega_t J_4 \quad (10-5 \text{ ت})$$

لنگر P' در دو حالت محاسبه می‌گردد:

الف - در حالتی که تنها یک بازشو در قسمت فشاری وجود داشته باشد

$$P' = 1.7r^2 t f'_c \left[\tau \frac{r \text{Sin} \tau}{\tau} - r \text{Cos} \alpha \right] - \int_0^{\beta} r (\text{Cos} \theta - \text{Cos} \alpha) d\theta = 1.7r^2 t f'_c \left[\text{Sin} \tau - (\tau - \beta) \text{Cos} \alpha - \text{Sin} \beta \right]$$

ب - در حالتی که دو بازشو در قسمت فشاری وجود داشته باشد

$$P' = 1.7r t f'_c \left[\tau \frac{r \text{Sin} \tau}{\tau} - r \text{Cos} \alpha \right] - \int_{\gamma - \beta}^{\gamma + \beta} r (\text{Cos} \theta - \text{Cos} \alpha) d\theta$$

$$P' = 1.7r^2 t f'_c \left[\text{Sin} \tau - \tau \text{Cos} \alpha - \text{Sin}(\gamma + \beta) + \text{Sin}(\tau - \beta) + 2\beta \text{Cos} \alpha \right]$$

و بطور کلی می‌توان گفت:

$$P' = 1.7r^2 t f'_c \cdot R \quad (11-5 \text{ ت})$$

شماره صفحه ۷۸	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$R = \sin \tau - (\tau - n_1 \beta) \cos \alpha - (n_1/2) [\sin(\gamma + \beta) - \sin(\gamma - \beta)]$$

که در این رابطه هنگامی که بازشویی وجود نداشته باشد

$$n_1 = \gamma = \beta = 0$$

هنگامی که یک بازشو وجود داشته باشد

$$n_1 = 1 \quad \gamma = 0$$

هنگامی که دو بازشو وجود داشته باشد

$$n_1 = 2$$

حال می توان گفت مجموع لنگر حول محور خنثی برابر صفر می باشد یعنی :

$$M_n = P_u r \cos \alpha + P' + S'_1 + S'_2 + S'_3 + S'_4$$

$$M_n = P_u r \cos \alpha + 1.7 r^2 t f'_c R + \epsilon_m r^2 t f'_c k_e \omega_t J_1 + 2 r^2 t f'_c \omega_t J_2$$

$$+ \epsilon_m r^2 t f'_c k_e \omega_t J_3 + 2 r^2 t f'_c \omega_t J_4$$

$$= P_u r \cos \alpha + 1.7 r^2 t f'_c R + \epsilon_m r^2 t f'_c k_e \omega_t (J_1 + J_3) + 2 r^2 t f'_c \omega_t J_1 (J_2 + J_4)$$

بنابراین

$$M_n / r^2 t f'_c = \frac{P_u \cos \alpha}{r t f'_c} + k_2 \quad (12-5 \text{ ت})$$

که در این رابطه k_2 برابر خواهد بود با (با در نظر گرفتن ضریب Q که قبلاً روابط آن داده شده است).

$$k_2 = 1.7QR + \epsilon_m k_e \omega_t Q_2 + 2\omega_1 k$$

$$Q_2 = [(\Psi - \mu) (1 + 2 \cos^2 \alpha) + (1/2) (4 \sin 2\alpha + \sin^2 \Psi - \sin^2 \mu) -$$

$$4 \cos \alpha (\sin \alpha + \sin \Psi - \sin \mu)] / (1 - \cos \alpha)$$

$$k = \sin \Psi + \sin \mu + (\pi - \Psi - \mu) \cos \alpha$$

با ضرب طرفین رابطه تعادل لنگر در $\frac{1}{k_1} = \left(\frac{r t f'_c}{P_u} \right)$ معادله بصورت زیر در می آید :

$$\frac{r t f'_c}{P_u} \cdot M_n / r^2 t f'_c = (r t f'_c / P_u) P_u \cos \alpha / r t f'_c + (1/k_1) \cdot k_2 \Rightarrow k_3 = \frac{M_n}{P_u r} = \cos \alpha + k_1 / k_2$$

شماره صفحه ۷۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$M_n = p_u r k_3$$

$$M_{DS} = \phi M_n \geq M_u$$

و لازم است که

بطور کلی آرماتورهایی که توسط بازشو قطع می‌گردند باید در پیرامون بازشو قرار داده شوند که در اینصورت می‌توان از اثرات بازشوهایی که در منطقه کششی قرار دارند صرف نظر کرد. همچنین می‌توان در محاسبات نیروی فشاری آرماتور از اثرات بازشوهایی که در منطقه فشاری قرار دارند صرف نظر کرد.

۵-۱-۳-۲- طراحی در مقابل لنگر حلقوی

لنگرهای حلقوی غالب در پوسته یک دودکش ناشی از نیروی باد می‌باشد که با توجه به نحوه توزیع نیروی باد پیرامون دودکش (شکل ۴-۵) بدست می‌آید. لذا برای طراحی آرماتور حلقوی کافی است که با اعمال لنگر ناشی از این نیرو به مقطع و در نظر گرفتن اثرات حرارت آرماتور مقطع مانند یک تیر طراحی گردد.

۵-۲- دودکش فلزی خود ایستا

۵-۲-۱- الف - روند طراحی دودکش فلزی خود ایستا

تحلیل و طراحی یک دودکش فلزی شامل مراحل زیر است:

- ۱- ارتفاع و قطر پوسته فولادی دودکش توسط کارشناسان مکانیک ارائه شده است.
- ۲- ضخامت پوسته حدس زده شود.
- ۳- بارهای اعمالی بر سازه شامل بار مرده، بار باد، بار زلزله، بارهای حرارتی، بار ناشی از اختلاف فشار محاسبه شوند.
- ۴- با اعمال بارهای مرده، باد و زلزله مطابق بند ۲-۲-۵ از استاندارد سازه آنالیز شود.
- ۵- تنش‌های قائم در پوسته فولادی تعیین شود. تنش قائم در پوسته شامل تنش قائم ناشی از لنگر خمشی $(\frac{M}{S})$ ، تنش قائم ناشی از نیروی فشاری $(\frac{P}{A})$ و تنش قائم ناشی از حرارت می‌باشد.
- ۶- تنش حلقوی ایجاد شده در پوسته فولادی تعیین شود. این تنش ناشی از اختلاف فشار موجود می‌باشد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۸۰
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

۷- تنش‌های مجاز فشاری، کششی و حلقوی مطابق بند ۳-۲-۵ از استاندارد محاسبه شود و با تنش‌های موجود مقایسه شود. همچنین اندرکنش تنش‌های قائم و حلقوی مطابق بند ۵-۳-۲-۵ کنترل شود. (در این مرحله باید توجه شود که مشخصات فیزیکی، مقطع باید با توجه به درجه حرارت کارکرد از جدول ۱-۲ استاندارد بدست آید).

۸- در صورتی که ضخامت‌های حدس زده شده کافی نباشد، پس از اصلاح، مراحل ۴ تا ۷ تکرار شود.
۹- پس از دست یافتن به ضخامت مناسب، ضخامت ناشی از خوردگی نیز به ضخامت محاسباتی اضافه شود. (بند ۲-۷-۲-۵ از استاندارد)

- ۱۰- کنترل پوسته فولادی در برابر پدیده بیضی شدن و طراحی سخت‌کننده‌های لازم انجام گیرد.
- ۱۱- طراحی سخت‌کننده‌های حلقوی و قائم مطابق بندهای ۴-۲-۵ و ۵-۲-۵ از استاندارد انجام شود.
- ۱۲- طراحی تقویت‌های لازم اطراف بازشو مطابق بند ۶-۲-۵ انجام شود.
- ۱۳- طراحی صفحه زیر سری مطابق بند ۸-۲-۵ شود.

۳-۲-۵- تنش‌های مجاز

در استفاده از روابط ارائه شده در این بند باید توجه داشت که مقادیر f_y و E مربوط به مقطع پوسته فولادی با توجه به درجه حرارت کارکرد می‌باشد و از جدول ۱-۲ بدست آید.
۵-۳-۲-۵- تنش‌های فشاری محیطی و طولی هنگامی همزمان اتفاق می‌افتند که پوسته فولادی بصورت تکیه‌گاه در پایین^۱ بوده و در معرض مکش^۲ باشد. در شرایطی که یکی از تنش‌ها یا هر دو آنها کششی باشند، نیازی به کنترل رابطه ۲۹-۵ نیست.

۴-۲-۵- سخت‌کننده‌های حلقوی

۵-۲-۴-۲-۵- سخت‌کننده‌های حلقوی در محل اتصال مخروط به استوانه

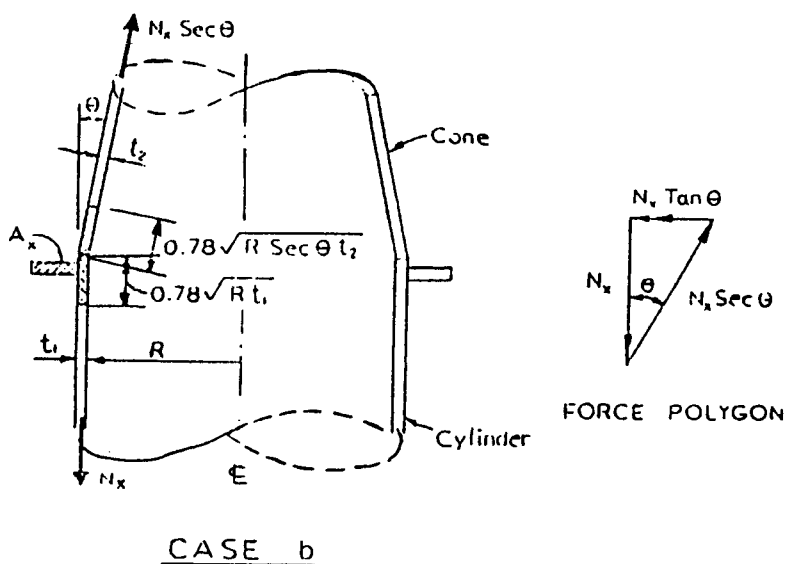
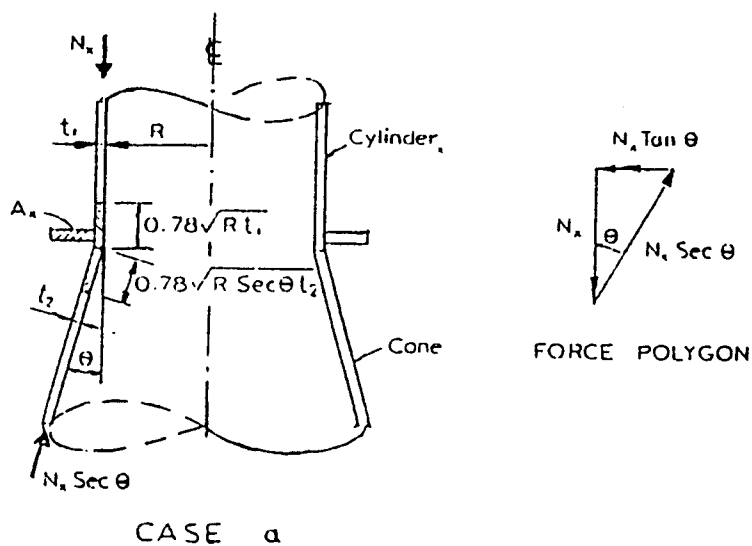
اگر در محل اتصال استوانه به مخروط ناقص از تقویت‌کننده حلقوی استفاده نشود، خمش‌های موضعی

1) base supported

2) Draft

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۸۱
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۳۷۸

بوجود می آید ولی با تعبیه سخت کننده در محل اتصال مقطع عملکرد غشایی خواهد داشت.
 در شکل (۱-۵) محل اتصال استوانه به مخروط ناقص در دو حالت مختلف نشان داده شده است.
 همانطور که مشاهده می شود، وجود نیروی غشایی N_x باعث می شود در حلقه تقویتی تنش فشاری یا کششی بوجود آید.



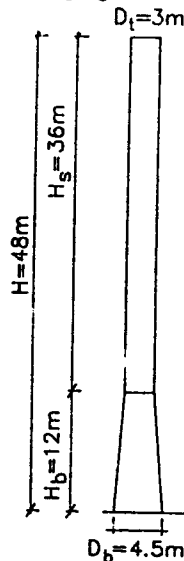
شکل ۱-۵- سخت کننده در محل اتصال استوانه به مخروط

شماره صفحه ۸۲	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

مثال ۱-۵- طراحی حلقه تقویتی محل اتصال مخروط به استوانه دودکش خود ایستا مطابق شکل ۲-۵ در شرایطی که بار قائم ناشی از وزن و لنگر خمشی حاکم برابر است با:

$$W = 51029 \text{ kg} \quad M = 287212 \text{ kg.m}$$

دمای کارکرد 175°C و فشار خارجی در مقایسه با نیروی غشایی قابل صرف نظر کردن می باشد.



شکل ۲-۵- ابعاد دودکش خود ایستا - (مثال ۱-۵)

$$N_x = \frac{W}{2\pi R} + \frac{M}{\pi R^2} = \frac{51029}{2(3.14)(150)} + \frac{287712 \times 100}{(3.14)(150)^2} = 461.2 \text{ kg/cm}$$

$$\text{tg } \theta = 0.75/12 = 0.0625 \quad \text{Sec } \theta = 1.002$$

با توجه به رابطه ۳۳-۵ داریم:

$$Q_c = 150 [(461.2)(0.0625)]$$

با استفاده از جدول ۱-۲ در درجه حرارت 175°C مقادیر f_y و E به شرح زیر است:

$$f_y = 2166 \text{ kg/cm}^2 \quad E = 1907480 \text{ kg/cm}^2$$

مساحت و ممان اینرسی لازم از روابط ۳۴-۵ استاندارد بدست می آید.

$$A_x = \frac{2 \times 4324}{2166} = 4 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{4 \times 4324 \times 150^2}{3 \times 1907480} = 68 \text{ cm}^4$$

شماره صفحه ۸۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

اگر از نبشی 80×80×8 استفاده شود.

$$b_e = (1.56 \sqrt{150 \times 1.2} + 0.8) = 2173 \text{ cm}$$

$$A_c = 38.37 \text{ cm}^2 > 4 \text{ cm}^2$$

$$I_c = 375 \text{ cm}^4 > 68 \text{ cm}^4$$

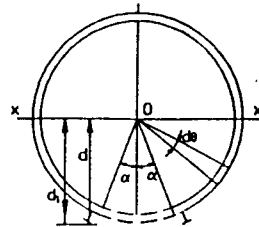
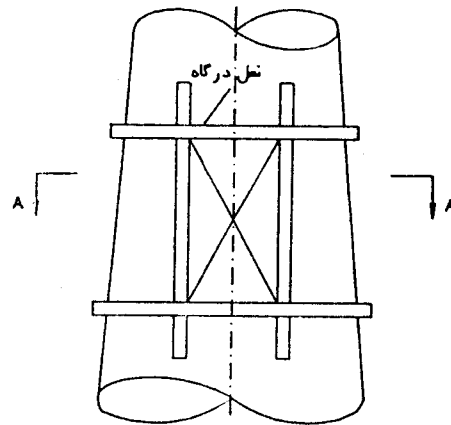
$$S_c = 38.7 \text{ cm}^3$$

۵-۲-۶- تقویت‌های اطراف بازشو

۵-۲-۶- الف - طراحی تقویت‌های قائم در اطراف بازشو

هدف اصلی از قراردادن این تقویت‌ها که معمولاً از مقاطع نورد شده تشکیل می‌شود، این است که محور خنثی مقطع در امتداد محور دودکش قرار گیرد. همانطور که در شکل ۵-۲ نشان داده شده است لنگر استاتیکی مربوط به قوس حذف شده در اثر وجود بازشو حول محور X-X برابر است با:

$$S_x = \int_{-\alpha}^{+\alpha} (tRd\theta) R \cos\theta = 2tR^2 \text{Sin}\alpha \quad (۵-۱۳-ت)$$



SECTION A-A

شکل ۵-۳- هندسه سوراخ ورودی دود

شماره صفحه ۸۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

بنابراین سطح لازم برای دو تقویت قائم کناری با معادل سازی لنگرهای استاتیکی تقویت‌ها با قوس حذف شده بدست می‌آید.

$$2A_s d = 2tR^2 \sin\alpha \Rightarrow A_s = \frac{tR^2 \sin\alpha}{d} \quad (5-14-ت)$$

سهم هر تقویت از بار مرده قائم عبارت است از:

$$G = \frac{\alpha}{360} W_s \quad (5-15-ت)$$

که در این رابطه:

G : سهم هر تقویت از کل بار مرده

α : نصف زاویه مرکزی باز شو برحسب درجه

W_s : وزن مرده دودرو بالای باز شو

بنابراین تنش فشاری ناشی از بار مرده برابر خواهد بود با:

$$f_G = \frac{G}{A_s} \quad (5-16-ت)$$

از آنجایی که علاوه بر بار مرده، نیروهای قائم ناشی از باد و زلزله نیز خواهیم داشت بنابراین تنش فشاری

ناشی از بارهای جانبی را نیز حساب می‌کنیم:

$$f_w = \frac{4M_w}{\pi D_m^2 t} \quad (5-17-ت)$$

که در این رابطه:

f_w : تنش قائم ناشی از لنگر خمشی M_w

M_w : لنگر خمشی ناشی از باد یا زلزله

D_m : قطر متوسط مقطع موردنظر

بنابراین نیروی اعمال شده بر هر تقویت (P_w) به این ترتیب بدست می‌آید:

$$P_w = \frac{4M_w}{\pi D_m^2 t} \pi D_m t \frac{\alpha}{360} = \frac{M_w \alpha}{90 D_m} \quad (5-18-ت)$$

$$f_w = \frac{P_w}{A_s}$$

شماره صفحه ۸۵	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

علاوه بر تنشهای f_G و f_w که محاسبه شد، لنگرهای خمشی ثانویه نیز باعث خروج از مرکزیت تقویت کننده‌ها بوجود می‌آید که مقدار این لنگر برابر است با:

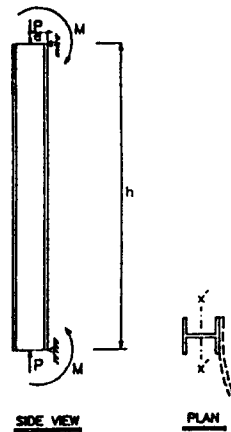
$$M_e = (G + p_w) e \quad (۱۹-۵ \text{ ت})$$

$$f_e = \frac{(G + p_w) e}{S_{stiff}} \quad (۲۰-۵ \text{ ت})$$

که در این رابطه:

M_e : خروج از مرکزیت تقویت نسبت به محور خنثی بدنه دودرو

S_{stiff} : مدول مقطع تقویت قائم حول محور $X'-X'$ (شکل ۴-۵)



شکل ۴-۵- تقویت قائم بعنوان تیر ستون

و به این ترتیب حداکثر تنش اعمال شده بر تقویت قائم که باید با تنش مجاز فشاری یک ستون کنترل شود عبارت است از:

$$f_{tot} = f_G + f_w + f_e \quad (۲۱-۵ \text{ ت})$$

۲-۶-ب - طراحی تقویت‌های افقی

در قسمت بالا و پایین بازشو نیز دو عدد تقویت لازم است که بصورت تقویت‌های حلقوی طراحی می‌شوند.

شماره صفحه ۸۶	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

این تقویت‌کننده‌ها بصورت نعل درگاهی عمل می‌کنند و باید قادر باشند که لنگرهای خمشی ناشی از بار مرده و بارهای جانبی را تحمل کنند.

بار گسترده‌ای که در اثر بار مرده (وزن دودرو) بر تقویت افقی اعمال می‌شود برابر است با:

$$W_1 = \frac{W_s}{2\pi R}$$

تنش حاصل از لنگرهای ناشی از بارهای جانبی عبارت است از:

$$f = \frac{M_w}{\pi R^2 \cdot t}$$

بنابراین بار گسترده حاصل برابر است با:

$$W_2 = f \cdot t = \frac{M_w}{\pi R^2}$$

و بار گسترده کل برابر خواهد بود با:

$$W = W_1 + W_2 = \frac{W_s}{2\pi R} + \frac{M_w}{\pi R^2}$$

و لنگر خمشی حاصل که تقویت باید برای آن طرح شود عبارت است از:

$$M = \frac{wL^2}{12} = \frac{L^2}{12\pi R} \left(\frac{W_s}{2} + \frac{M_w}{R} \right) \quad (5-22-2)$$

که در این رابطه L ، عرض باز شو می‌باشد.

5-2-8- طراحی صفحه زیر سری

بدلیل شکل خاص دودکشهای فولادی خود ایستا، طرح صفحات زیرسری از اهمیت خاصی برخوردار است.

5-2-8- الف) صفحه زیر سری بدون لچکی تقویت

در این حالت فرض می‌شود ورق به صورت یک تیر طره‌ای با بارگذاری یکنواخت f_c عمل می‌کند. در این حالت حداکثر لنگر خمشی برابر خواهد بود با:

$$M_{\max} = \frac{f_c L^2}{2}$$

که f_c از توزیع تنش در اثر لنگر خمشی M در دودکش، در اثر بارهای جانبی، حاصل می‌شود.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۸۷
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

۵-۸۲-ب) صفحه زیرسری با لچکی تقویت

از آنجا که مقدار لنگر خمشی حاصل از بارهای جانبی در پای استوانه فولادی دودکش، قابل توجه است در بسیاری موارد صفحات زیرسری بدون لچکی تقویتی جوابگوی تنشهای ایجاد شده نخواهد بود. از طرفی اگر صفحه زیرسری دارای منحنی زیاد نباشد باعث می شود که دودکش تغییر شکل های جانبی زیادی داشته باشد و لنگر خمشی ثانویه قابل توجه در پای دودرو ایجاد شود ($P-\Delta$).

در این حالت فرض می شود که ورق زیرسری بین دو لچکی بصورت ورق سه طرف گیردار و یک طرف آزاد عمل می کند.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۲	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۸۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

فصل ششم

تنشهای حرارتی در پوسته بتنی دودکش‌ها

۱-۶- کلیات

عوامل متعددی جریان دمای داخل پوسته بتنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اختلاف دمای بین سطح داخلی دودرو و سطح خارجی پوسته بتنی، کمتر از اختلاف دمای بین گاز و درجه حرارت محیط می‌باشد، این اختلاف ناشی از انتقال حرارت از گاز به دودرو پوسته به فضای بیرون می‌باشد، همچنین در فضای هوای بین دودرو و پوسته انتقال حرارت بصورت تابشی صورت می‌گیرد، عامل دیگری که در نحوه جریان دما تاثیر دارد، قابلیت هدایت حرارتی مواد مورد استفاده می‌باشد.

۲-۶- تنشهای حرارتی قائم

میزان گرمای انتقال یافته به سمت خارج در یک سازه دایره‌ای شکل (مانند پوسته بتنی دودکش) از رابطه زیر بدست می‌آید:

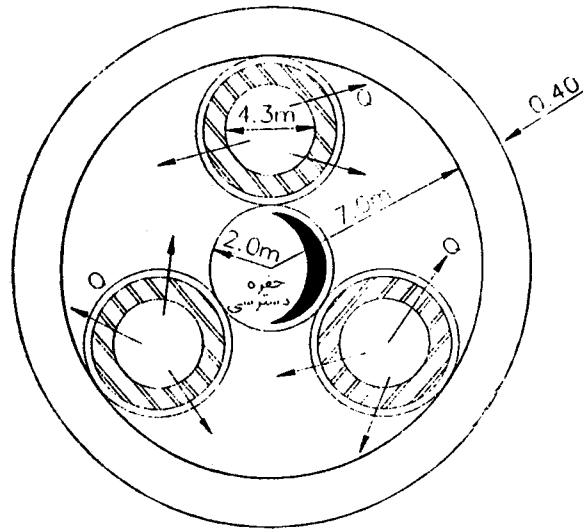
$$Q_n = \frac{\text{ارتفاع} \times \text{محیط متوسط} \times \text{گرمایان دما}}{\text{ضریب انتقال حرارت} / \text{ضخامت}}$$

روابط ۶-۷ استاندارد بر مبنای رابطه فوق بدست آمده‌اند. (شکل ۱-۶)

باید توجه شود که در شرایطی که دودکش دارای چند مجرای دود می‌باشد، برای محاسبه T_x از رابطه

۶-۷ الف که در آن T_i دمای فضای هوای محصور در پوسته بتنی می‌باشد، استفاده شود.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۸۹
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸



شکل ۱-۶- مقطع دودکش با سه مجرای دود

در دودکشهای با چند دودرو، حداکثر درجه حرارت فضای محصور در پوسته باید بحدی باشد که امکان بازرسی و تعمیرات در آن فضا در شرایطی که یکی از دودروها در حال تعمیر و بازرسی است و سایر دودروها در حال بهره‌برداری می‌باشند، وجود داشته باشد.

معمولاً درجه حرارت مجاز برای هوای محصور در پوسته دودکش در بالاترین ارتفاع ۴۰ درجه سانتیگراد و در قسمت پائین ۲۵ درجه سانتیگراد یا معادل حداکثر درجه حرارت طراحی می‌باشد. این اختلاف دما در قسمت بالا و پائین سبب ایجاد مکش طبیعی و در نتیجه تهویه هوا می‌باشد.

طراح می‌بایست متناسب با شرایط محلی و درجه حرارت‌های محیط، درجه حرارت‌ها را در قسمت بالا و پایین محفظه محصور به نحوی انتخاب نماید که امکان دسترسی به شرایط مطلوب را فراهم سازد.

شماره صفحه ۹۰	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

فصل هفتم

مسائل خاص در طراحی دودکشهای بتنی

۳-۷- اثرات برش و پیچش در دودکشها

با توجه به اینکه در اثر لنگر وارده قسمتی از پوسته دودکش به کشش می افتد، فرض می شود که تمام نیروی برشی به آرماتورها منتقل شود. در این حالت مقدار تنش در آرماتورها از رابطه زیر بدست می آید :

$$U_{\max} = \frac{V}{1.6D\rho t} \quad (۱-۷-ت)$$

که در آن :

ρ : درصد فولاد حلقوی مقطع

t : ضخامت پوسته بتنی

D : قطر متوسط پوسته بتنی

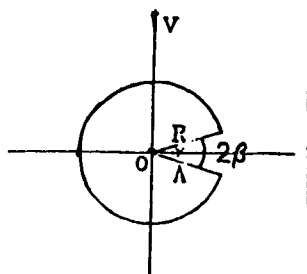
V : برش ناشی از باد یا زلزله

۳-۷- الف - اثر برش و پیچش در مقطعی با یک بازشو

در شکل (۱-۷) یک مقطع دودکش که دارای یک بازشو می باشد نشان داده شده است مرکز برش از رابطه زیر

بدست می آید :

$$\overline{OA} = \frac{\sin\beta + (\pi-\beta) \cos\beta}{(\pi-\beta + \sin\beta \cos\beta)} \cdot 2R \quad (۲-۷-ت)$$



شکل ۱-۷

شماره صفحه ۹۱	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

در نتیجه مقدار پیچش در مقطع برابر خواهد بود با:

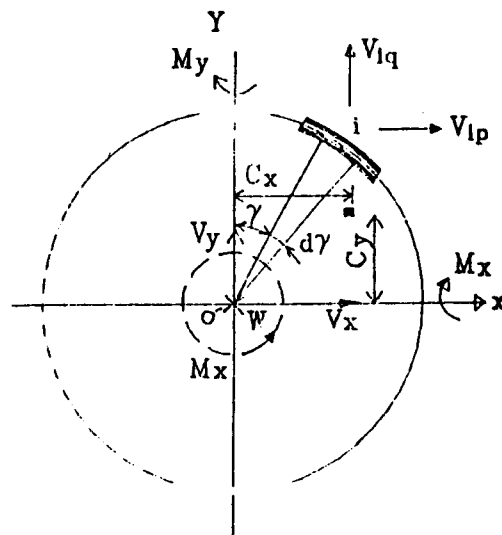
$$T = V \times \overline{OA}$$

(ت.۳-۷)

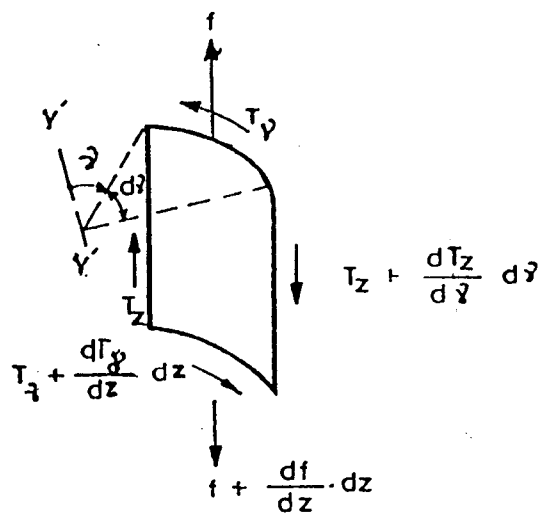
۳-۷-ب - اثر برش و پیچش در مقطعی با دو بازشوی متقارن

در شکل (۲-۷) یک مقطع دودکش که دارای دو بازشو متقارن می باشد نشان داده شده است. شکل ۳-۷

بیانگر نیروهای برشی در یک المان از پوسته می باشد.



شکل ۲-۷



شکل ۳-۷

شماره صفحه ۹۲	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

با توجه به روابط مقاومت مصالح و جهت‌های مثبت نشان داده شده در شکل ۳-۷ مقدار تنش در اثر دو نیروی برشی V_x و V_y از رابطه زیر محاسبه می‌گردند:

$$f_{QS} = \frac{1}{t(I_x I_y - I_{xy}^2)} \{ (V_x I_x - V_y I_y) Q_y + (V_y I_y - V_x I_x) Q_x \}$$

با توجه به تقارن شکل در اینجا مقدار $I_{xy} = 0$ خواهد شد و رابطه به صورت زیر درمی‌آید:

$$f_{QS} = \left(\frac{V_x Q_y}{t I_y} + \frac{V_y Q_x}{t I_x} \right)$$

اگر مقطع بالا به چند قطعه تقسیم شود سهم نیروی برشی هر قطعه برابر خواهد بود با:

$$V_{ip} = \frac{V_x}{I_y} \cdot I_{iy} + \frac{V_y}{I_x} \cdot I_{ixy}$$

$$V_{iq} = \frac{V_x}{I_y} \cdot I_{ixy} + \frac{V_y}{I_x} \cdot I_{ix}$$

به این ترتیب خواهیم داشت:

$$f_{QS} = \frac{1}{t} \left[\left(\frac{V_{ip} I_{ip} - V_{iq} I_{ipq}}{I_{ip} I_{iq} - I_{ipq}^2} \right) Q_{iq} + \left(\frac{V_{iq} I_{iq} - V_{ip} I_{ipq}}{I_{ip} I_{iq} - I_{ipq}^2} \right) Q_{ip} \right] \quad (۳-۴-۷)$$

که در روابط فوق:

f_{QS} : تنش برشی

V_x و V_y : برش در امتداد x و y

I_x و I_y : ممان اینرسی حول محورهای x و y

Q_x و Q_y : لنگر سطحی حول محورهای x و y

I_{xy} : ممان اینرسی حاصل ضرب حول محورهای x و y

V_{ip} : برش موجود بر روی قطعه i ام در امتداد محور p

شماره صفحه ۹۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

V_{iq} : برش موجود بر روی قطعه i ام در امتداد محور q

I_{ix} : ممان اینرسی قطعه i ام حول محورهای x

I_{iy} : ممان اینرسی قطعه i ام حول محورهای y

I_{ixy} : ممان اینرسی حاصل ضرب قطعه i ام حول محورهای x و y

I_{ip} : ممان اینرسی قطعه i ام حول محورهای p

I_{iq} : ممان اینرسی قطعه i ام حول محورهای q

I_{ipq} : ممان اینرسی حاصل ضرب حول محورهای p و q

Q_{ip} : لنگر سطح قطعه i ام حول محور p

Q_{iq} : لنگر سطح قطعه i ام حول محور q

لنگر پیچشی در مقطع از رابطه زیر بدست می آید :

$$M_z = M_{z1} + V_x \cdot C_y - V_y \cdot C_x$$

که در این رابطه M_z ، لنگر پیچشی خارجی و C_x و C_y مختصات محل مرکز برش می باشد.

با توجه به شرایط بارگذاری دودکش مقدار $M_{z1} = 0$ می باشد همچنین بعلمت متقارن بودن مقطع حول محور

y مقدار $C_x = 0$ است برای محاسبه مرکز برش اگر $V_x = 1$ فرض شود در آن صورت مقدار y برابر با M_z می باشد.

از طرفی می توان گفت در صورتیکه مقطع به N قسمت تقسیم شود :

$$M_z = \sum_{i=1}^N \int_{\gamma_{1i}}^{\gamma_{2i}} t \cdot (f_{QS}) \cdot \gamma^2 \cdot d\gamma$$

$$M_z = \sum_{i=1}^N r^2 \left[\frac{V_{ip} I_{ip} - V_{iq} I_{ipq}}{I_{ip} I_{iq} - I_{ipq}^2} \cdot \int_{\gamma_{1i}}^{\gamma_{2i}} Q_{iq} \cdot d\gamma + \frac{V_{ip} I_{ip} - V_{iq} I_{ipq}}{I_{ip} I_{iq} - I_{ipq}^2} \right] \int_{\gamma_{1i}}^{\gamma_{2i}} Q_{iq} \cdot d\gamma$$

$$Q_{ip} = \int_{\gamma_{1i}}^{\gamma} tr^2 \left(\cos\gamma - \frac{e_{iy}}{r} \right) d\gamma = tr^2 \left\{ \sin\gamma - \sin\gamma_{1i} \cdot \frac{e_{iy}}{r} (\gamma - \gamma_{1i}) \right\}$$

شماره صفحه ۹۴	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

$$\int_{\gamma_{1i}}^{\gamma_{2i}} Q_{ip} = tr^2 \left[-(\gamma_{2i} - \gamma_{1i}) \text{Siny}_{1i} \cdot (\text{Cosy}_{2i} - \text{Cosy}_{1i}) - \frac{e_{iy}}{r} - \left\{ -\gamma_{1i} (\gamma_{2i} - \gamma_{1i}) + \frac{\gamma_{2i}^2 - \gamma_{1i}^2}{2} \right\} \right]$$

$$Q_{iq} = tr^2 \left\{ -\text{Cosy} + \text{Cosy}_{1i} - \frac{e_{ix}}{r} (\gamma - \gamma_{1i}) \right\}$$

$$\int Q_{ip} = tr^2 \left\{ \text{Cosy}_{1i} (\gamma_{2i} - \gamma_{1i}) - \text{Siny}_{2i} + \text{Siny}_{1i} - \frac{e_{ix}}{r} \left[-\gamma_{1i} (\gamma_{2i} - \gamma_{1i}) + \frac{\gamma_{2i}^2 - \gamma_{1i}^2}{2} \right] \right\}$$

با قرار دادن $V_x=1$ و تقسیم مقطع به دو قطعه ۱ و ۲ رابطه M_z بشکل زیر خلاصه می‌گردد.

$$M_z = C_y = \frac{r^2 \cdot 2}{2I_y [I_{ip} - I_{ipq}]} \left[(I_x I_y - 4I_{ipd}^2) \int Q_{iq} + 2I_{pq} (2I_{iq} - I_y) \int Q_{ip} \right] \quad (5-7)$$

که در این روابط :

e_{iy} : فاصله مرکز ثقل قطعه ۱ ام از محور x

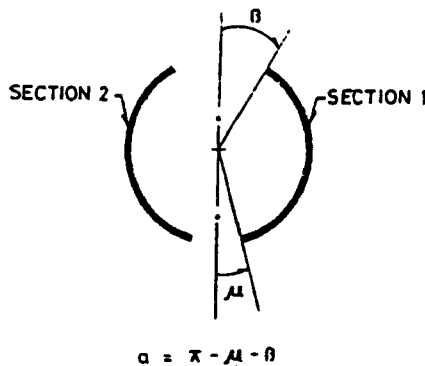
e_{ix} : فاصله مرکز ثقل قطعه ۱ ام از محور y

برای محاسبه مقادیر مختلف I_x ، I_y و پارامترهای مختلفی که در رابطه بالا بکار برده شده است می‌توان به

جدول (۱-۷) مراجعه نمود.

جدول ۱-۷. مقادیر مختلف پارامترهای به کار برده شده در محاسبه M_z

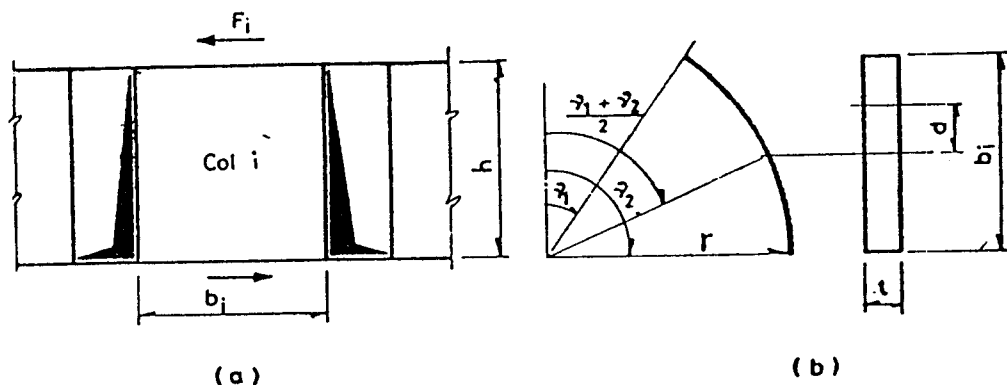
Whole Section	Section 1	Section 2
$A = 2 r a$	$A_1 = A/2$	$A_2 = A_1$
$e_x/r = 0$	$e_{1x}/r = (\cos \beta + \cos \mu)/a$	$\frac{e_{2x}}{r} = -\frac{e_{1x}}{r}$
$e_y/r = (\sin \mu - \sin \beta)/a$	$e_{1y}/r = e_y/r$	$e_{2y}/r = e_{1y}/r$
$I_x = tr^3 [a - \frac{1}{2} (\sin 2\mu + \sin 2\beta) - 2(\sin \mu - \sin \beta)^2/a]$	$I_{1x} = I_x/2$	$I_{2x} = I_x$
$I_y = tr^3 [a + \frac{1}{2} (\sin 2\mu + \sin 2\beta)]$	$I_{1y} = I_y/2$	$I_{2y} = I_y$
$I_{xy} = 0$	$I_{1xy} = I_{xy}$	$I_{2xy} = -I_{xy}$
$I_{x'} = tr^3 [a - \frac{1}{2} (\sin 2\mu + \sin 2\beta)]$	$I_{1x'} = I_{x'}/2$	$I_{2x'} = I_{x'}$
$I_{y'} = I_y$	$I_{1y'} = I_{y'}/2$	$I_{2y'} = I_{y'}$
$I_{x'y'} = 0$	$I_{1x'y'} = \frac{tr^3}{4} (\cos 2\beta - \cos 2\mu)$	$I_{2x'y'} = -I_{1x'y'}$
$c_{x1} = 0$	$I_{1x} = I_x/2$	$I_{2x} = I_x$
	$I_{1y} = tr^3 [\frac{1}{2}a + (\sin 2\beta + \sin 2\mu)/4 - (\cos \beta + \cos \mu)^2/a]$	$I_{2y} = I_y$
	$I_{1xy} = \frac{tr^3}{4} [\cos 2\beta - \cos 2\mu - I_{2xy} = -I_{1xy} - \frac{4}{a} (\cos \beta + \cos \mu) \cdot (\sin \mu - \sin \beta)]$	
	$S_{1x} = tr^3 [\sin \gamma - \sin \beta - \frac{(\gamma - \beta)}{a} (\sin \mu - \sin \beta)]$	$S_{2x} = tr^3 [\sin \gamma + \sin \mu + \frac{(\pi + \mu - \gamma)}{a} (\sin \mu - \sin \beta)]$
	$\int S_{1x} = tr^3 [\cos \mu + \cos \beta - \frac{1}{2} a (\sin \mu + \sin \beta)]$	$\int S_{2x} = -\int S_{1x}$
	$S_{1y} = tr^3 [\cos \beta - \cos \gamma - \frac{1}{a} (\gamma - \beta) (\cos \beta + \cos \mu)]$	$S_{2y} = tr^3 [-\cos \gamma - \cos \mu + \frac{(\gamma - \pi - \mu)}{a} (\cos \mu + \cos \beta)]$
	$\int S_{1y} = tr^3 [\sin \beta - \sin \mu + \frac{1}{2} a (\cos \beta - \cos \mu)]$	$\int S_{2y} = \int S_{1y}$



شماره صفحه ۹۵	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

پس از محاسبه مختصات مرکز برش نوبت به محاسبات مربوط به تنش می‌رسد.

اگر لنگر پیچشی M_z موجب نیروی F_i در قطعه i از دودکش به ارتفاع h و طول b_i گردد شکل (۴-۷) و این نیرو موجب تغییر مکان برشی و خمشی قطعه گردد، با فرض $G = 0.4E_c$ می‌توان نوشت: (مدول برشی و E مدول الاستیسیته بتن می‌باشد)



شکل ۴-۷

$$\delta_i = \frac{F_i h}{E_c t} \left\{ \frac{h^2}{b_i^3} + \frac{3}{b_i} \right\} = \frac{F_i h}{K_i \cdot E_c t}$$

که در این رابطه $K_i = \left[\frac{h^2}{b_i^3} + \frac{3}{b_i} \right]^{-1}$ و δ_i تغییر مکان برشی قطعه i ام می‌باشد.

با توجه به اینکه تمام قطعات دودکش به هم متصل هستند بنابراین تمام قطعات دارای تغییر مکان یکسان

می‌باشند:

$$\delta = \delta_i \Rightarrow F_i = \delta \cdot E_c \cdot t \cdot k_i / h$$

$$F = \sum_{i=1}^N \delta \cdot E_c \cdot t \cdot k_i / h = \delta \cdot E_c \cdot t \cdot k / h = \frac{M_z}{r}$$

$$K = \sum K_i \quad F_i = \frac{M_z}{r} \cdot \frac{K_i}{K}$$

نیروی F_i دارای یک توزیع سهمی شکل می‌باشد (با توجه به توزیع تنش برشی در مقاطع مستطیلی):

$$f_{QT} = \frac{1.5}{tr \cdot b_i^3} \cdot M_z \cdot \frac{k_i}{k} (b_i^2 - 4d^2) \quad (۴-۶-۷)$$

شماره صفحه ۹۶	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

که در این رابطه $f_a T$ تنش برشی ناشی از پیچش می باشد و d فاصله محل محاسبه تنش تا مرکز سطح قطعه می باشد.

$$b_i = \int_{\gamma_{1i}}^{\gamma_{2i}} r \cdot dy = r(\gamma_{2i} - \gamma_{1i})$$

$$d = \frac{r(\gamma_{1i} - \gamma_{2i})}{2} - r \cdot \gamma = \frac{r}{2} (\gamma_{1i} - \gamma_{2i} - 2\gamma)$$

نکته ای که در اینجا قابل توجه است اینست که اگر در مقطع ممان پیچشی وجود داشته باشد مقدار برش در جهت x صفر نخواهد بود و موجب یک برش اضافی در مقطع خواهد شد. برای بدست آوردن این مقدار برش کافی است مولفه تنش برشی ناشی از پیچش در جهت x محاسبه شده و در کل سطح مقطع انتگرالگیری شود.

$$\Delta V_x = \sum_{i=1}^N \frac{1.5}{b_i^3} \int_{\gamma_{1i}}^{\gamma_{2i}} M_z \cdot \frac{K_i}{K} (b_i^2 - 4d^2) \cos \gamma \cdot dy = \frac{1.5 M_z}{r} \cdot \frac{K_i}{K} (r \cdot G_x)$$

$$r G_x = \sum_{i=1}^N \int_{\gamma_{1i}}^{\gamma_{2i}} \frac{1}{(\gamma_{2i} - \gamma_{1i})^3} [(\gamma_{2i} - \gamma_{1i})^2 - (\gamma_{1i} + \gamma_{2i} + 2\gamma)^2] \cos \gamma \cdot dy$$

اگر فرض شود که مقطع به دو قسمت تقسیم شده است

$$K_i = \frac{K}{2}$$

$$\Delta V_x = 0.75 V_x \cdot \frac{C_y}{r} (r \cdot G_x) = A_1 V_x$$

$$A_1 = 0.75 \cdot \frac{C_y}{r} (r \cdot G_x)$$

$$r \cdot G_x = \frac{8[2\sin\mu - \sin\beta] + (\pi - \mu - \beta)(\cos\mu - \cos\beta)}{(\pi - \mu - \beta)}$$

شماره صفحه ۹۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

این نیروی برشی موجب یک ممان پیچشی در مقطع خواهد شد که از رابطه $\Delta M_z = \Delta V_x \cdot C_y$ محاسبه می‌گردد و خود موجب نیروی برشی $(\Delta V_x)^2$ خواهد شد :

$$(\Delta V_x)^2 = \left\{ 0.75 \left(\frac{C_y}{r} \right) (rG_x) \right\}^2 V_x$$

در نهایت نیروی برشی که بر مقطع اثر می‌کند از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$V_{xd} = V_x + A_1 V_x + A_1^2 V_x + A_1^3 V_x + \dots$$

$$V_{xd} = V_x (1 + A_1 + A_1^2 + A_1^3 + \dots)$$

که با تعریف یک ضریب موثر α مقدار برش برابر خواهد بود با :

$$V_{xd} = \alpha V_x$$

به همین منظور در محاسبه تنش f_{QT} بجای استفاده از V_x و V_y از αV_x و αV_y استفاده می‌گردد و تنش

برشی موجود در مقطع برابر خواهد بود با :

$$f = f_{QT} + f_{QS} \quad (7-7 \text{ ت})$$

بطور خلاصه می‌توان گفت اگر نیروی برشی باد (V) در زاویه θ از محور Y ها به مقطع اثر کند مقدار

$V_x = V \sin \theta$ و $V_y = V \cos \theta$ خواهد بود، با استفاده از مقادیر V_x و V_y و بحثی که در بالا انجام شد می‌توان

f_{QT} و f_{QS} را محاسبه نمود.

در زیر جدولی ارائه می‌گردد که با داشتن مقادیر μ و β و نیروی V مقدار ماکزیمم تنشهای برشی محاسبه

می‌گردد همچنین مقادیر rG_x و C_y/r و α و θ (زاویه‌ای که اگر باد در آن جهت بوزد اثر حداکثر را خواهد

داشت) در این جدول آورده شده است، مقدار u در لاین جدول از رابطه $u = \frac{V}{rt}$ بدست می‌آید که r شعاع

متوسط مقطع و t ضخامت پوسته می‌باشد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳۰	محاسبات و تفسیر میانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۹۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

جدول ۲-۷- نسبت تنش برشی در مقطع دودکش به برش اعمال شده

β°	μ°	$f_{QS}(\max)$ u	γ°	θ°	$f_{QR}(\max)$ u	γ°	θ°	$f_{QS}+f_{QR}(\max)$ u	γ°	θ°	C_p/r	$r \cdot G_s$	α
0	0	0.4147	46	304	—	—	—	0.4147	46	304	—	—	—
15	0	0.4813	130	56	0.0664	97	75	0.5306	130	60	0.2713	-0.1405	0.9722
	15	0.5352	129	63	—	—	—	0.5352	129	63	—	—	—
20	0	0.4982	130	56	0.0859	100	75	0.5634	130	61	0.3477	-0.1894	0.9529
	15	0.5755	130	64	0.0227	92	75	0.5911	130	65	0.0795	-0.0494	0.9971
	20	0.5953	127	65	—	—	—	0.5953	127	65	—	—	—
25	0	0.5121	130	56	0.1039	102	75	0.5923	130	61	0.4172	-0.2391	0.9304
	15	0.6141	130	65	0.0450	95	75	0.6458	130	66	0.1534	-0.0998	0.9887
	20	0.6427	128	66	0.0228	92	75	0.6583	128	67	0.0743	-0.0505	0.9972
	25	0.6704	125	67	—	—	—	0.6704	125	67	—	—	—
30	0	0.5235	130	55	0.1203	105	75	0.6175	130	61	0.4801	-0.2895	0.9056
	15	0.6499	130	65	0.0665	97	75	0.6982	130	67	0.2216	-0.1510	0.9755
	20	0.6894	129	67	0.0453	95	75	0.7209	129	68	0.1434	-0.1019	0.9892
	25	0.7273	126	68	0.0230	92	75	0.7431	126	69	0.0695	-0.0515	0.9973
	30	0.7658	123	69	—	—	—	0.7658	123	69	—	—	—

۲-۵-۷- نحوه محاسبه عرض ترک

در این قسمت نمودارهای لازم برای قسمت ۲-۵-۷- ارائه می‌گردد. روش استفاده از این نمودارها به شرح

زیر می‌باشد.

۱- ابتدا مقدار m از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$m = \frac{E_s}{E_c}$$

که در این رابطه E_s مدول الاستیسیته فولاد و E_c مدول الاستیسیته بتن می‌باشد.

۲- با توجه به مقدار لنگر وارده (M) و نیز نیروی قائم وارده به مقطع (W) نسبت خروج از مرکزیت بار به شعاع

مقطع دودکش محاسبه می‌گردد.

$$\frac{e}{r} = \frac{M}{W \cdot r}$$

۳- با توجه به مقدار η ، نصف زاویه باز شو (β) و مقدار $\frac{e}{r}$ و حدس اولیه مقدار آرماتور قائم مقطع ρ و مقدار α

(محل محور خنثی) از روی نمودارهای (۱-۷) تا (۵-۷) محاسبه می‌گردد (در قسمت ۲-۴-۷ محل محور خنثی با

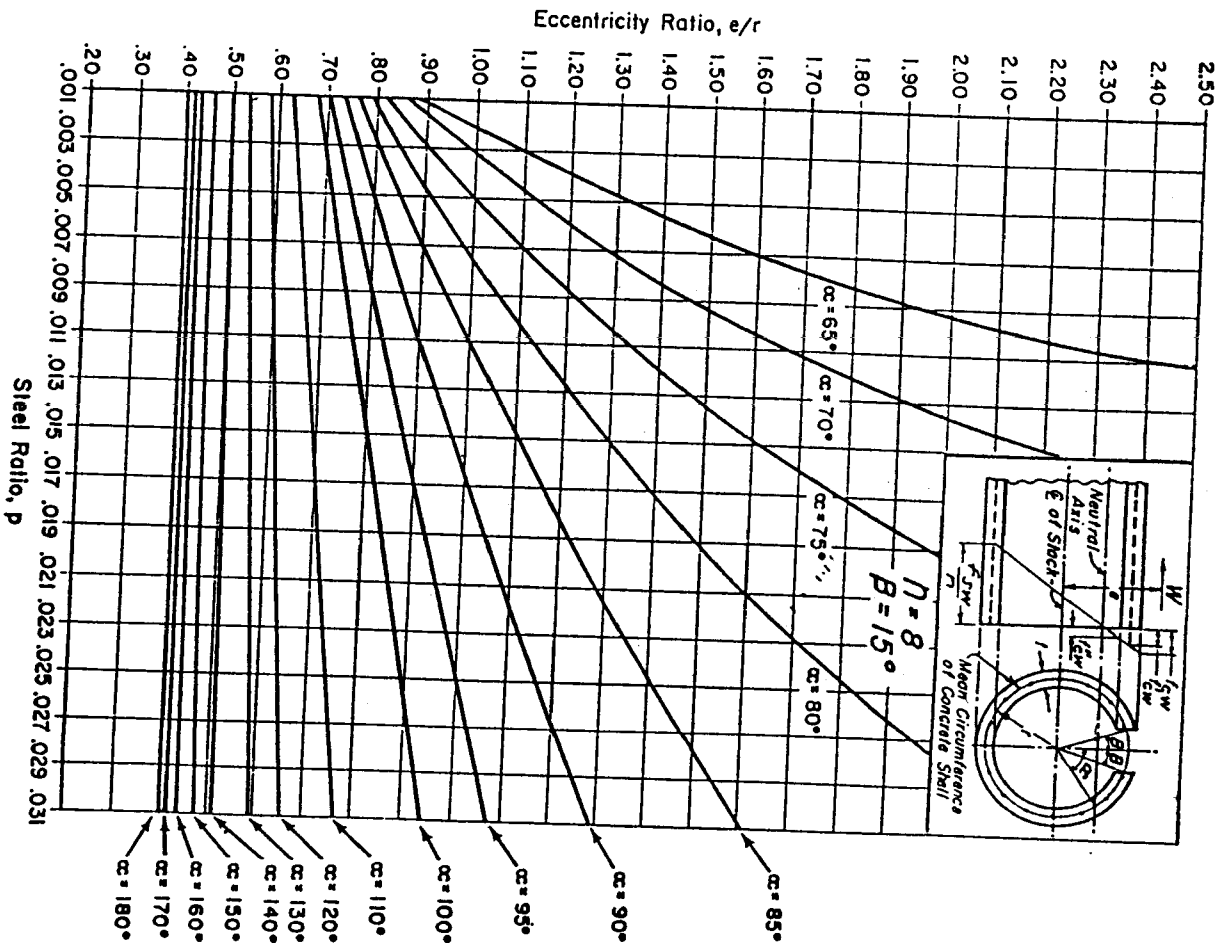
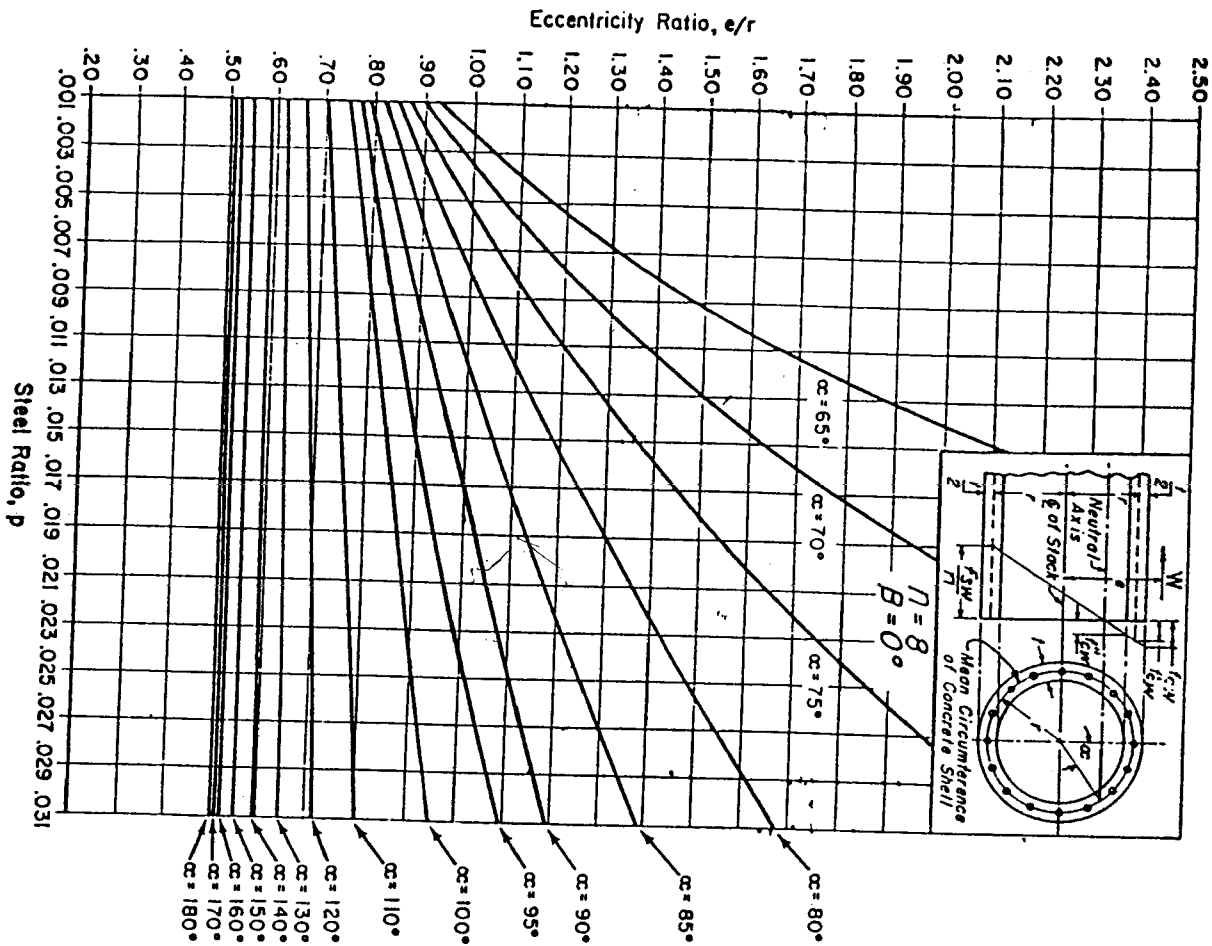
شماره صفحه ۹۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

زاویه ϕ و نصف زاویه باز شو با μ نشان داده شده است).

۴- با استفاده از مقدار α بدست آمده و در نظر گرفتن مقدار β مقادیر A و B و C و D و E و F از روی نمودارهای (۶-۷) تا (۷-۷) مشخص می‌گردد و با استفاده از روابط مشخص شده بر روی نمودارها مقدار f_{sw} محاسبه می‌گردد.

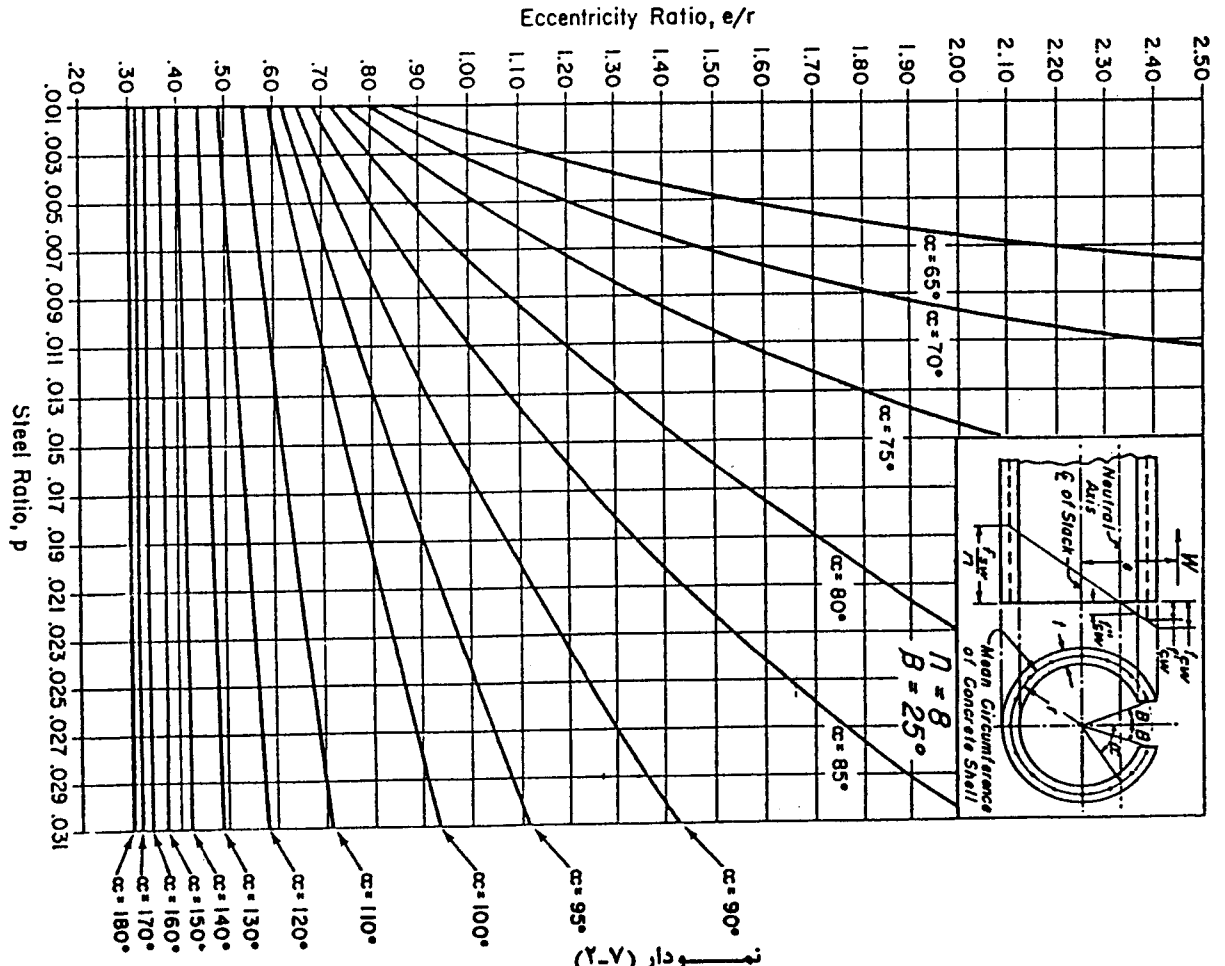
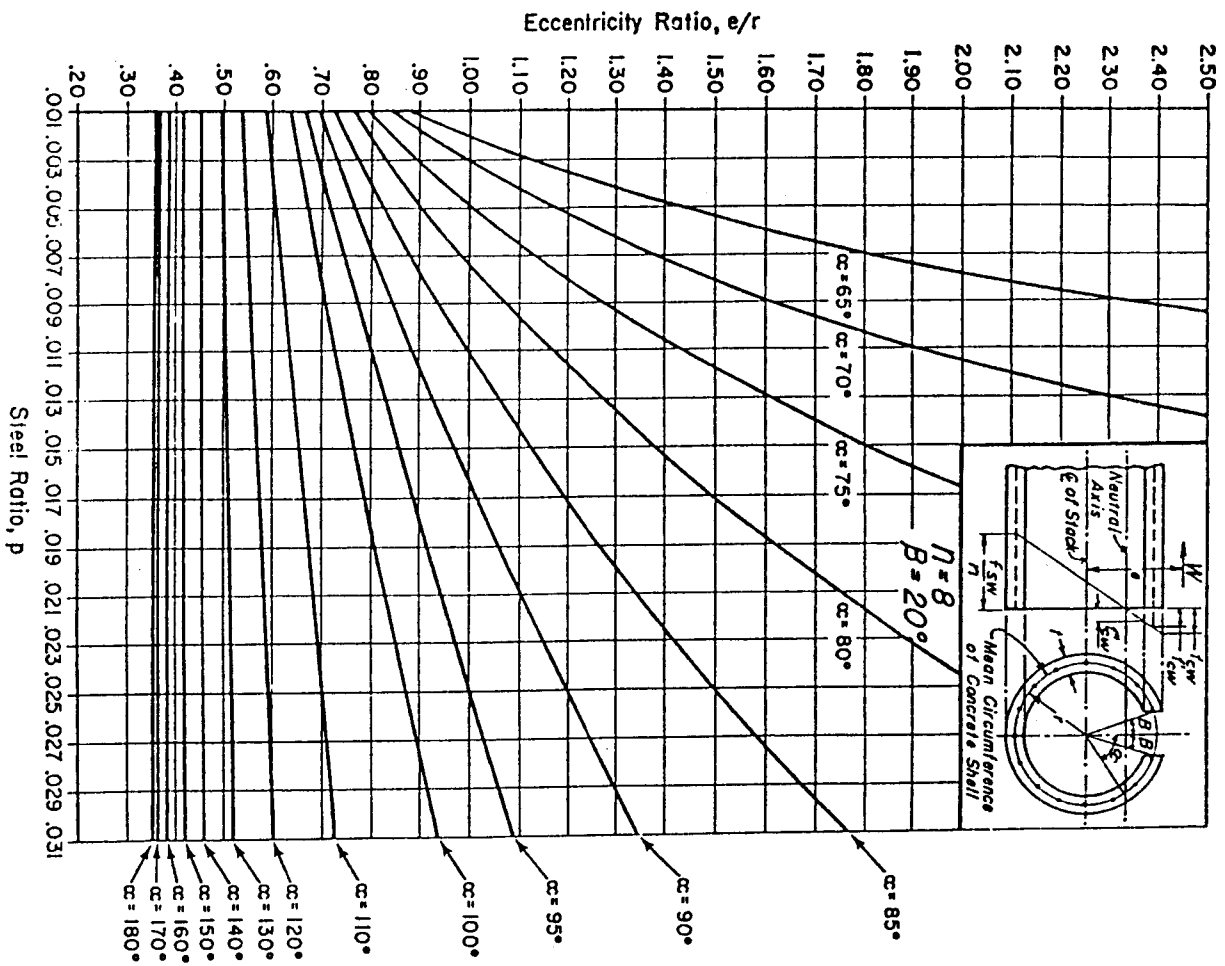
۵- در صورتیکه β و η مربوط به یک دودکش در نمودارهای پیوست موجود نباشد، بوسیله درون‌یابی خطی مقدار α و f_{sw} محاسبه می‌گردد.

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۰۰
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸



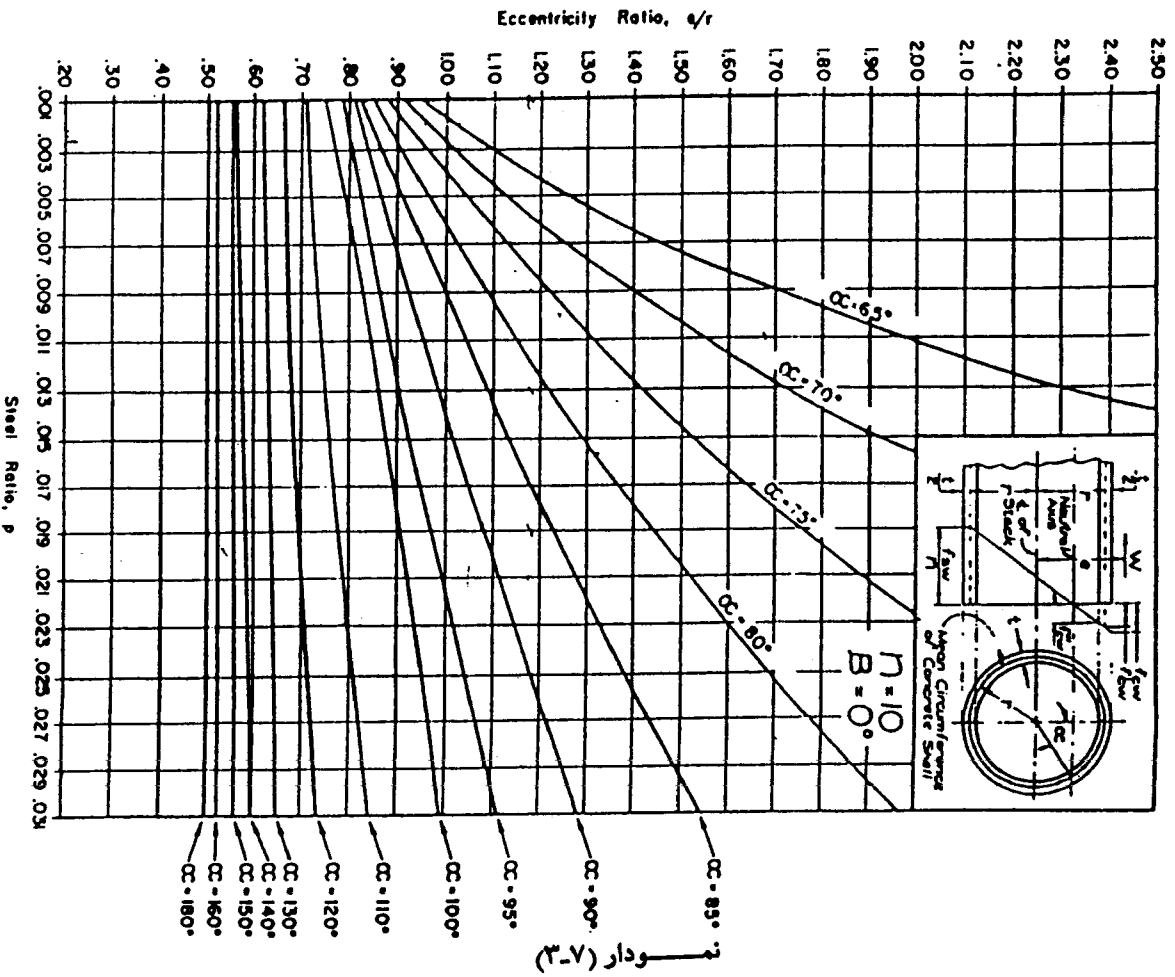
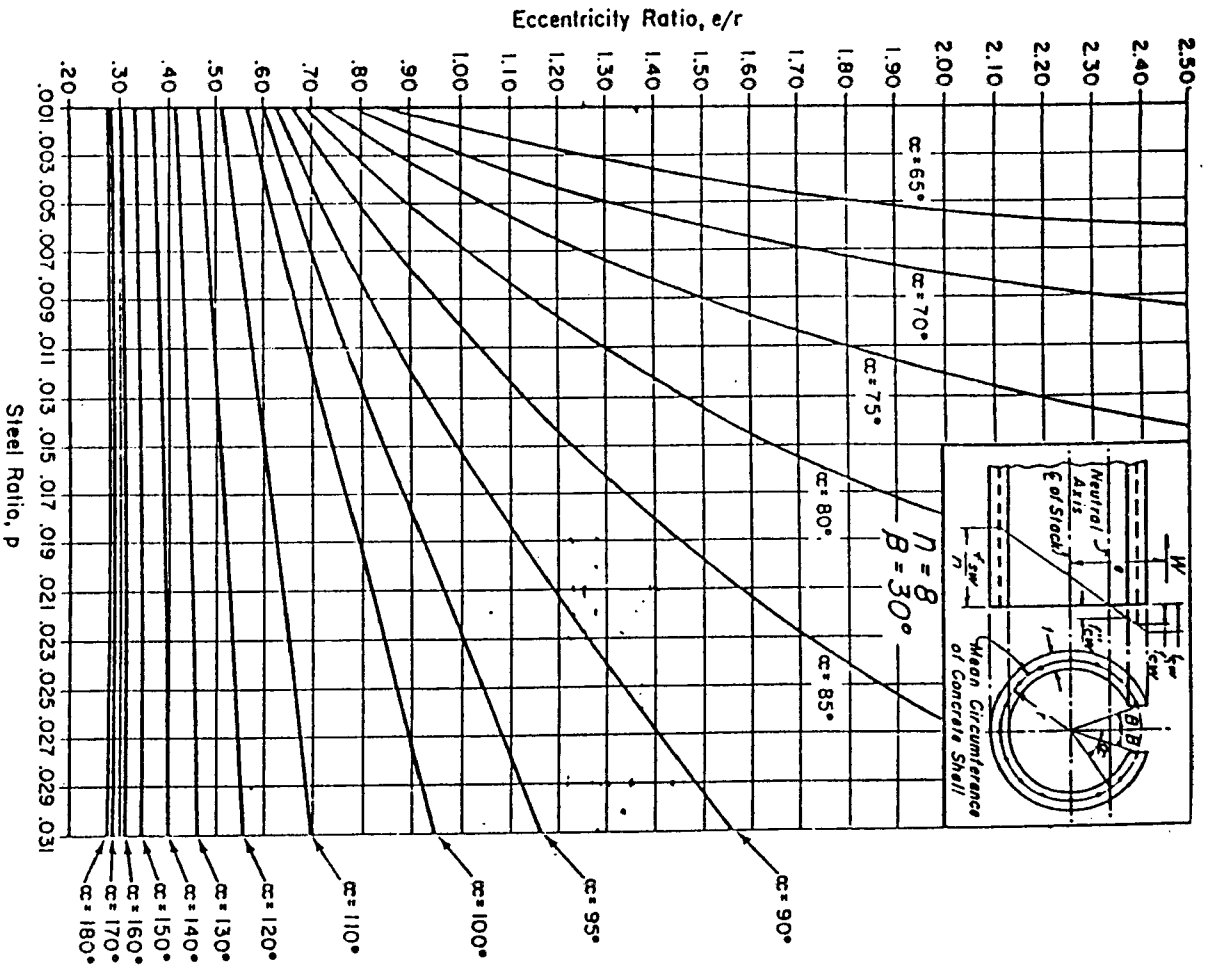
نمودار (۱-۷)

شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۰۱
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

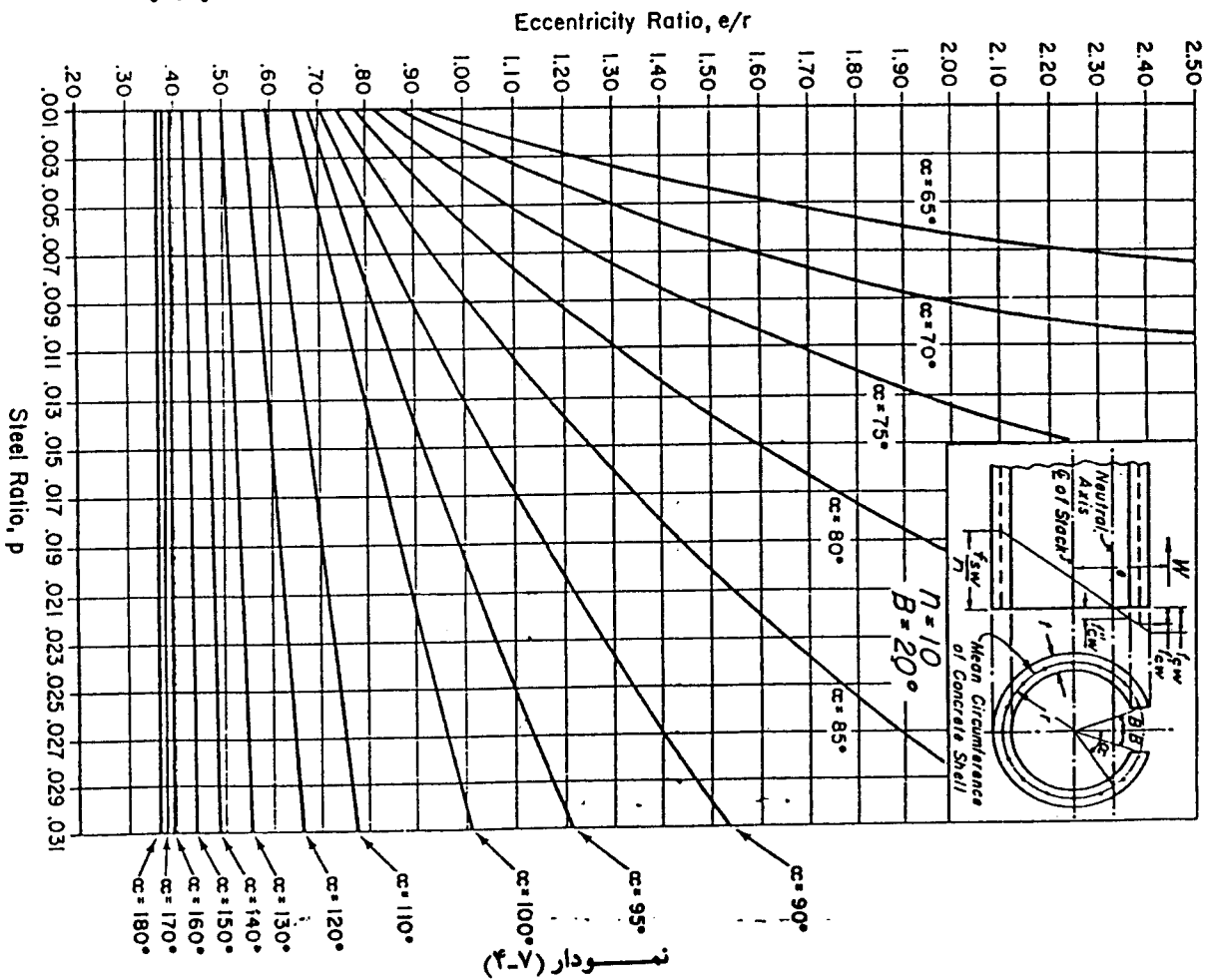
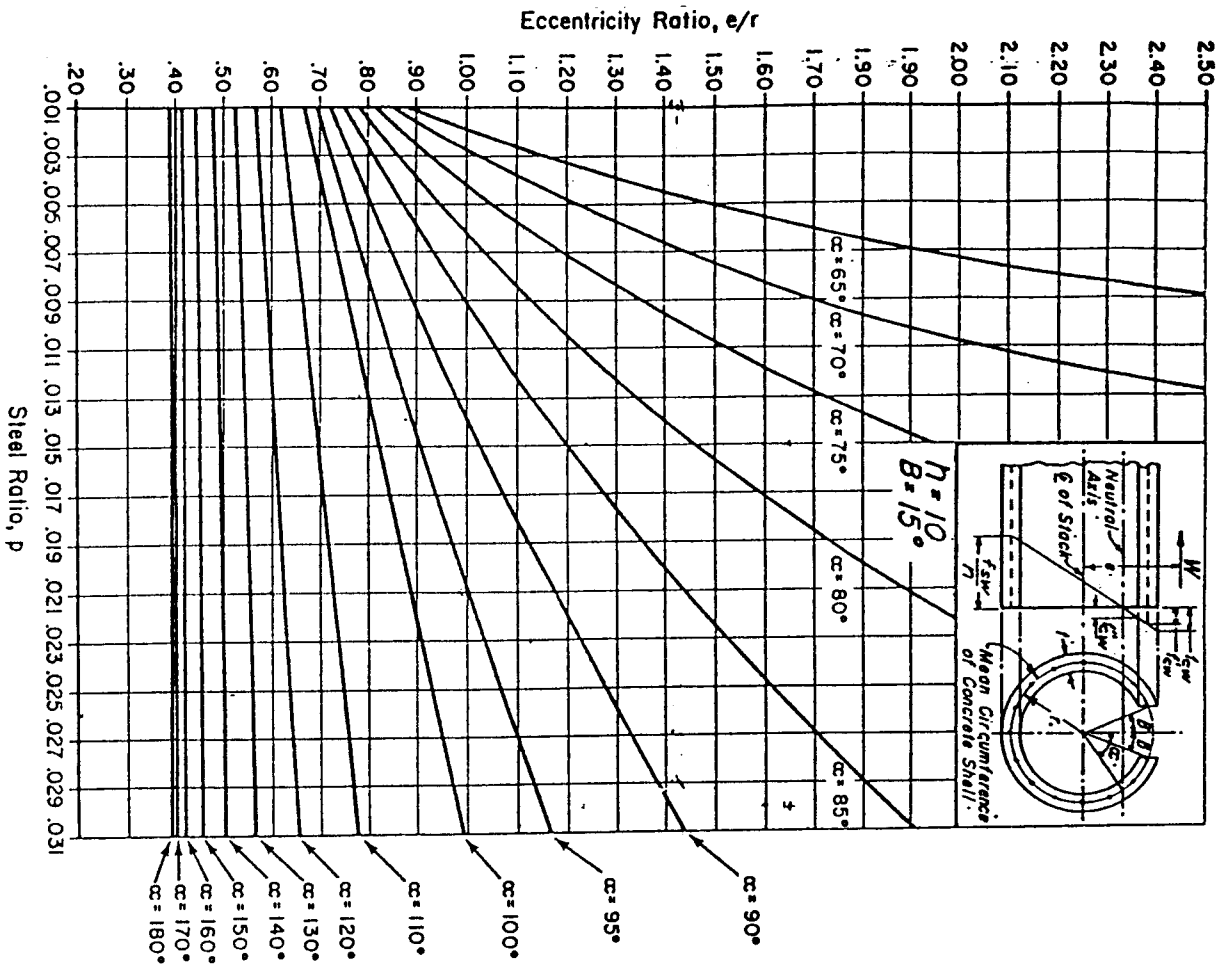


نمودار (۲-۷)

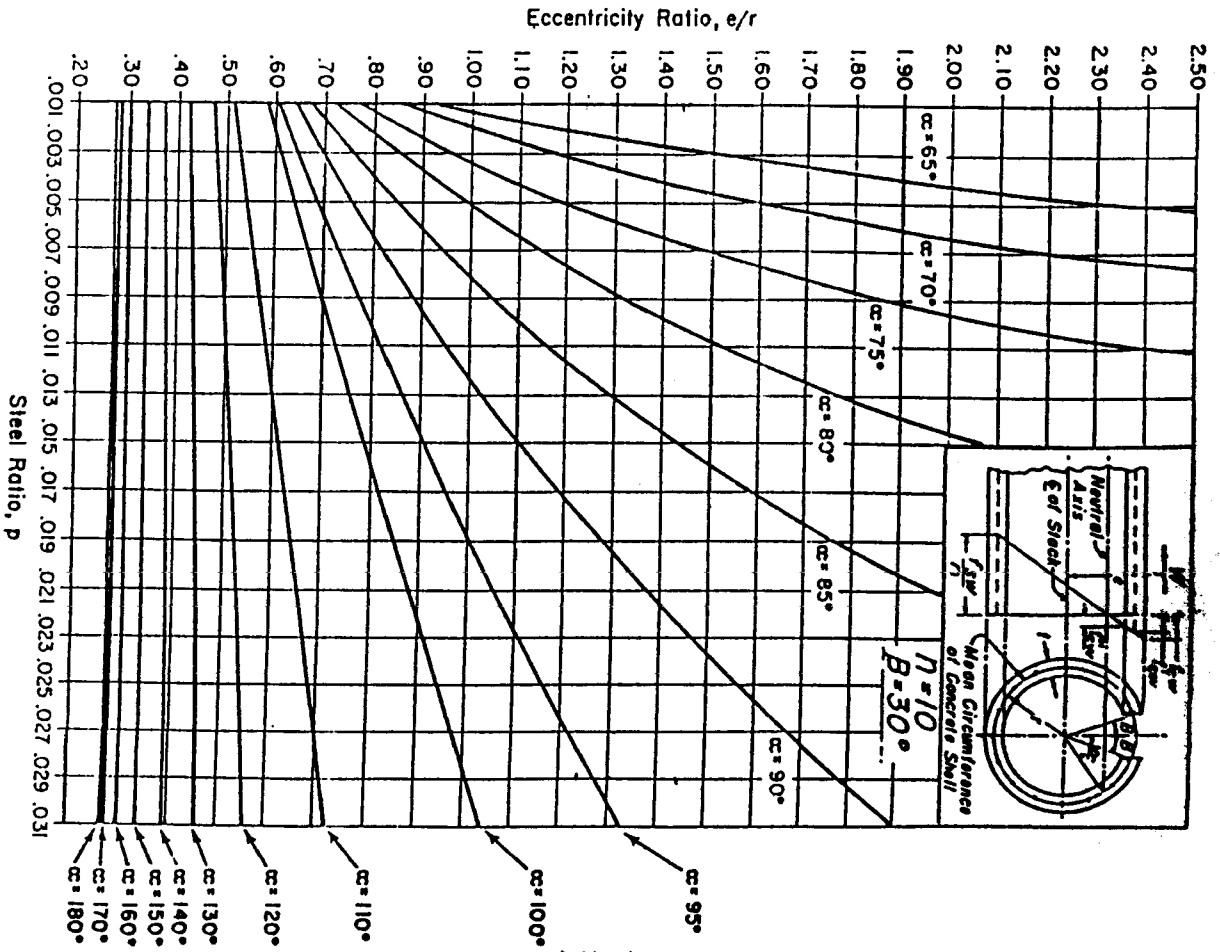
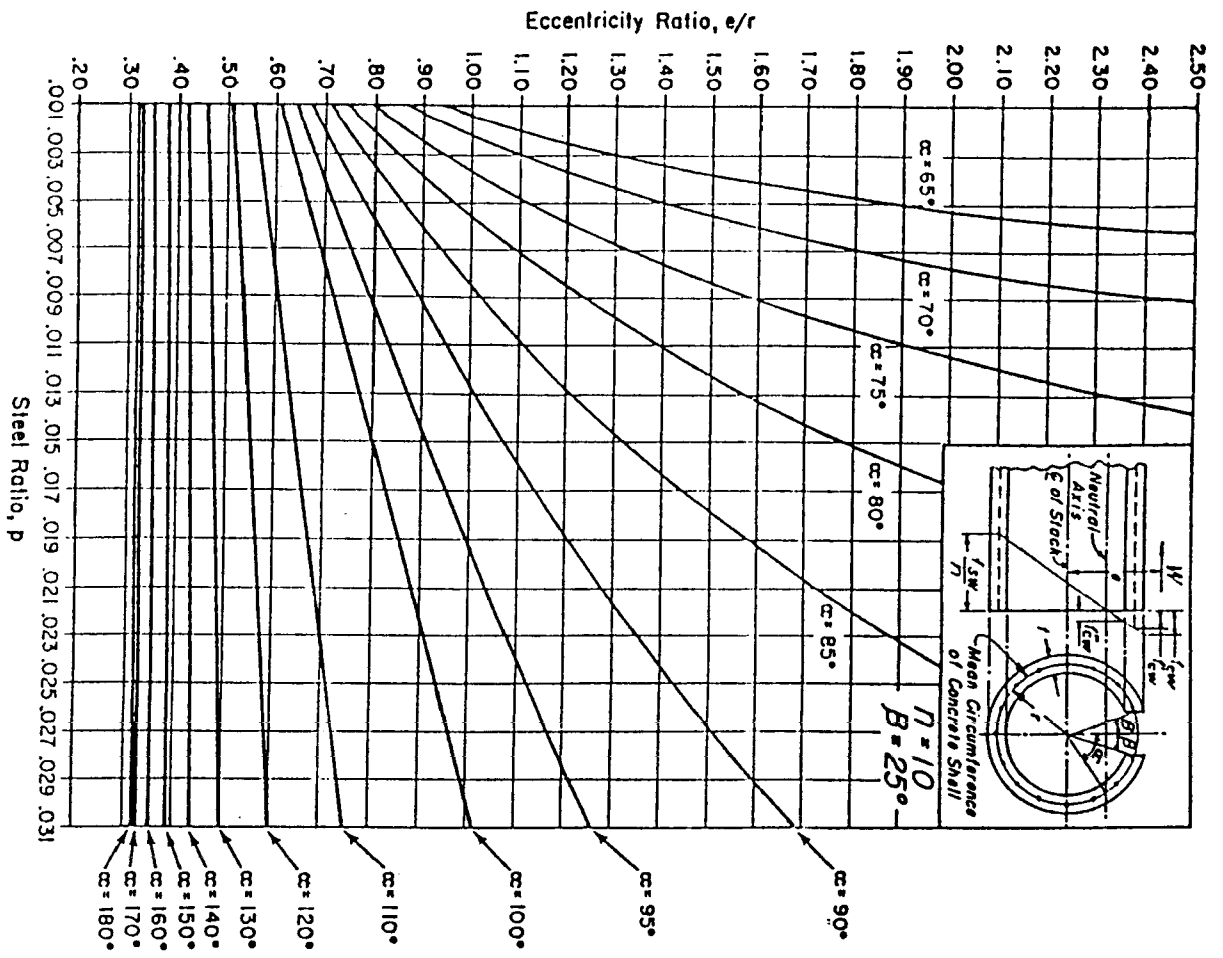
شماره صفحه ۱۰۲	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۰۳
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸

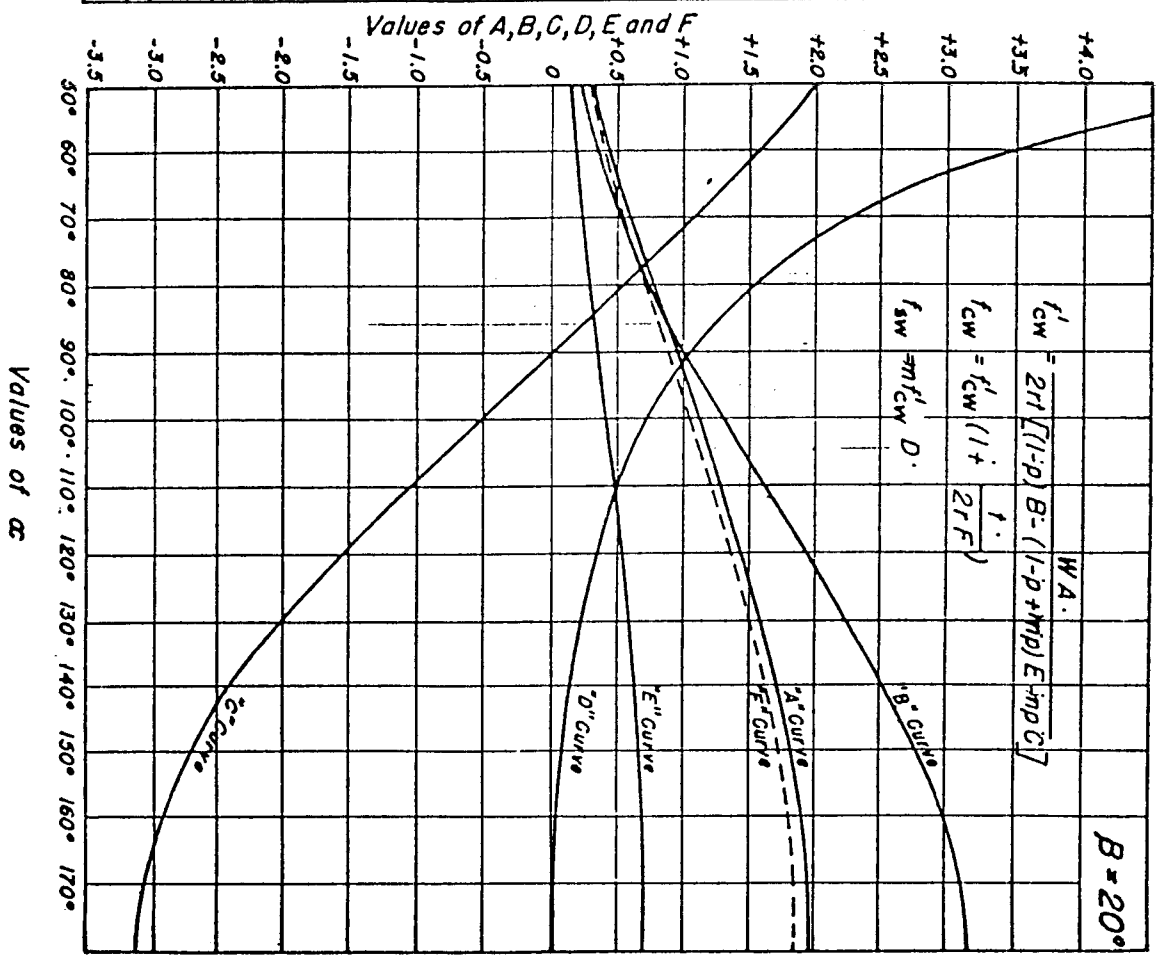
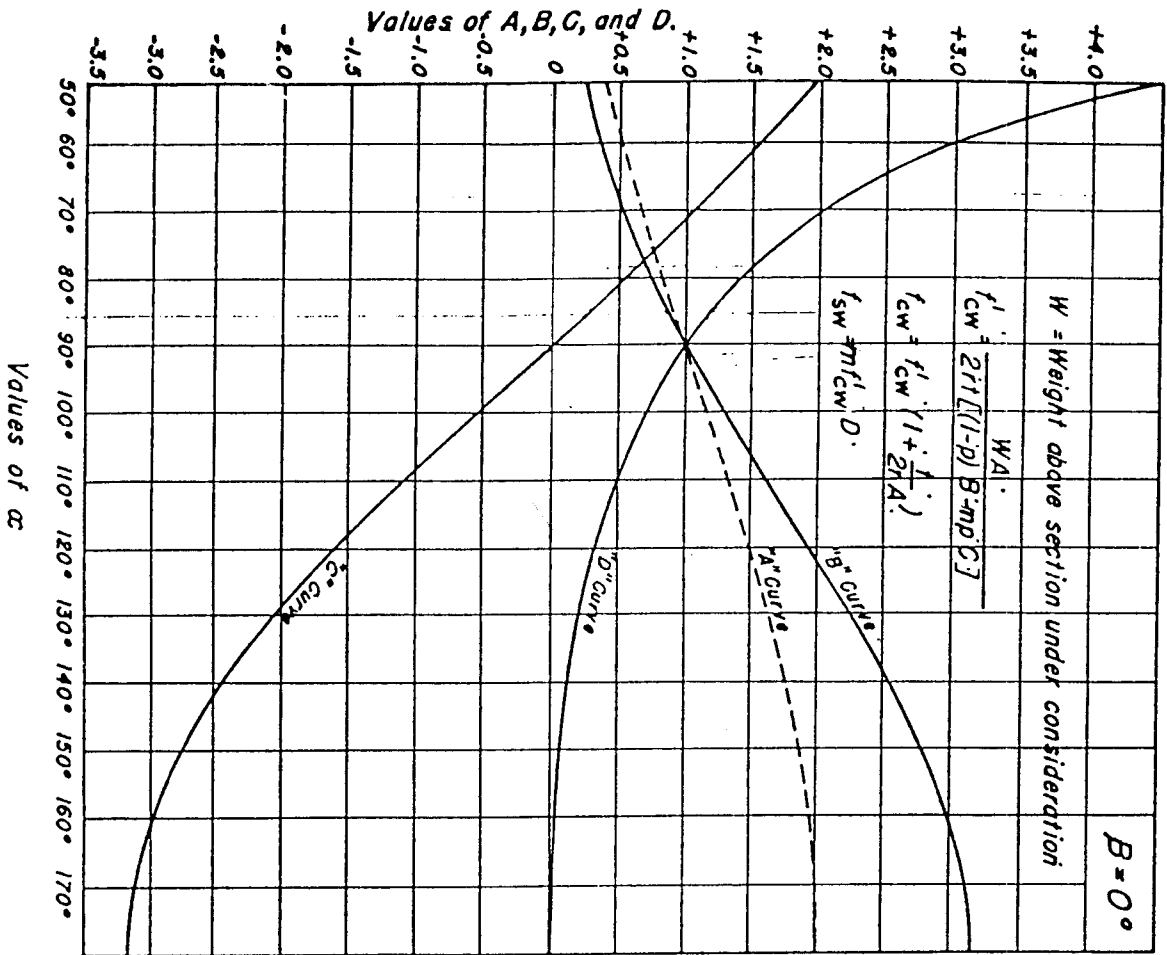


شماره صفحه ۱۰۴	محاسبات و تفسیر مبنایی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی



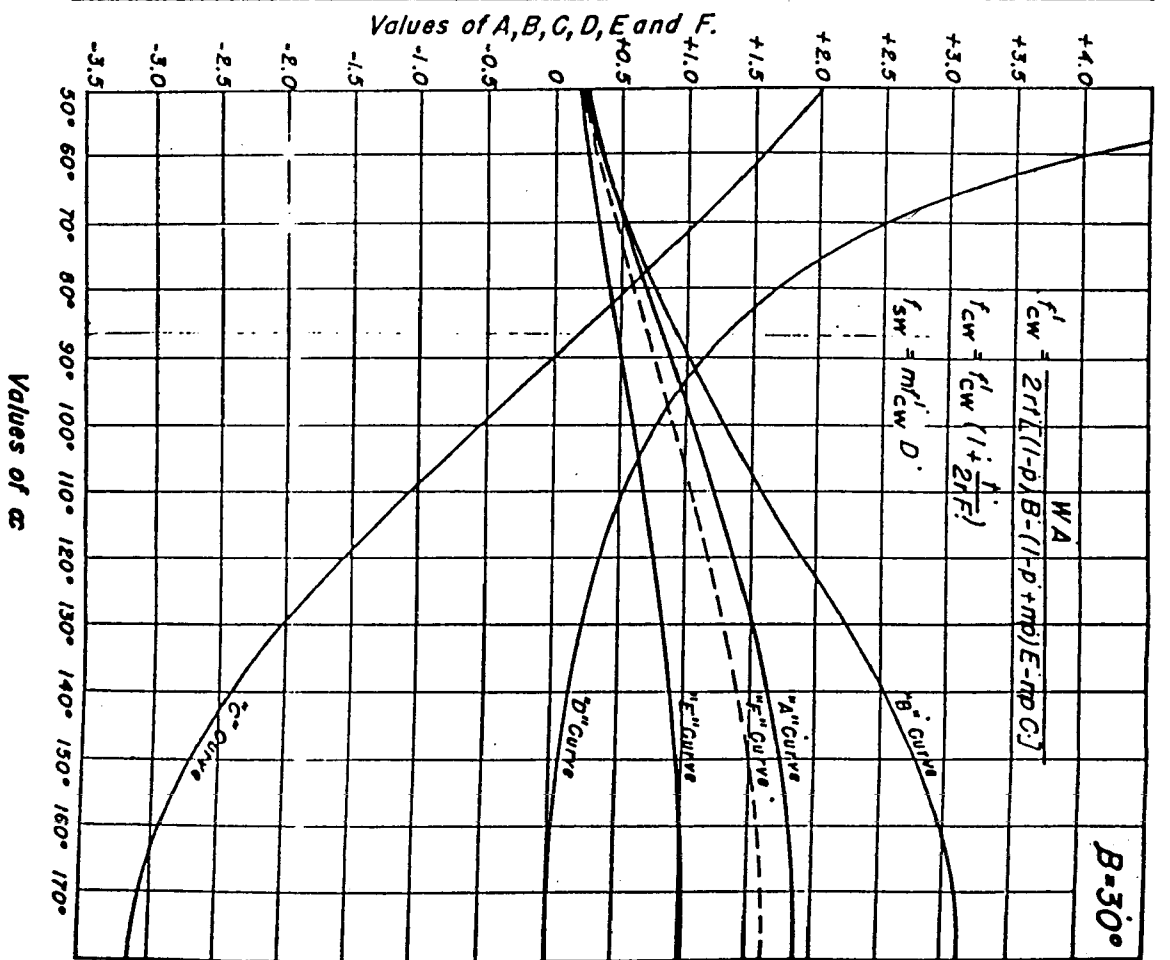
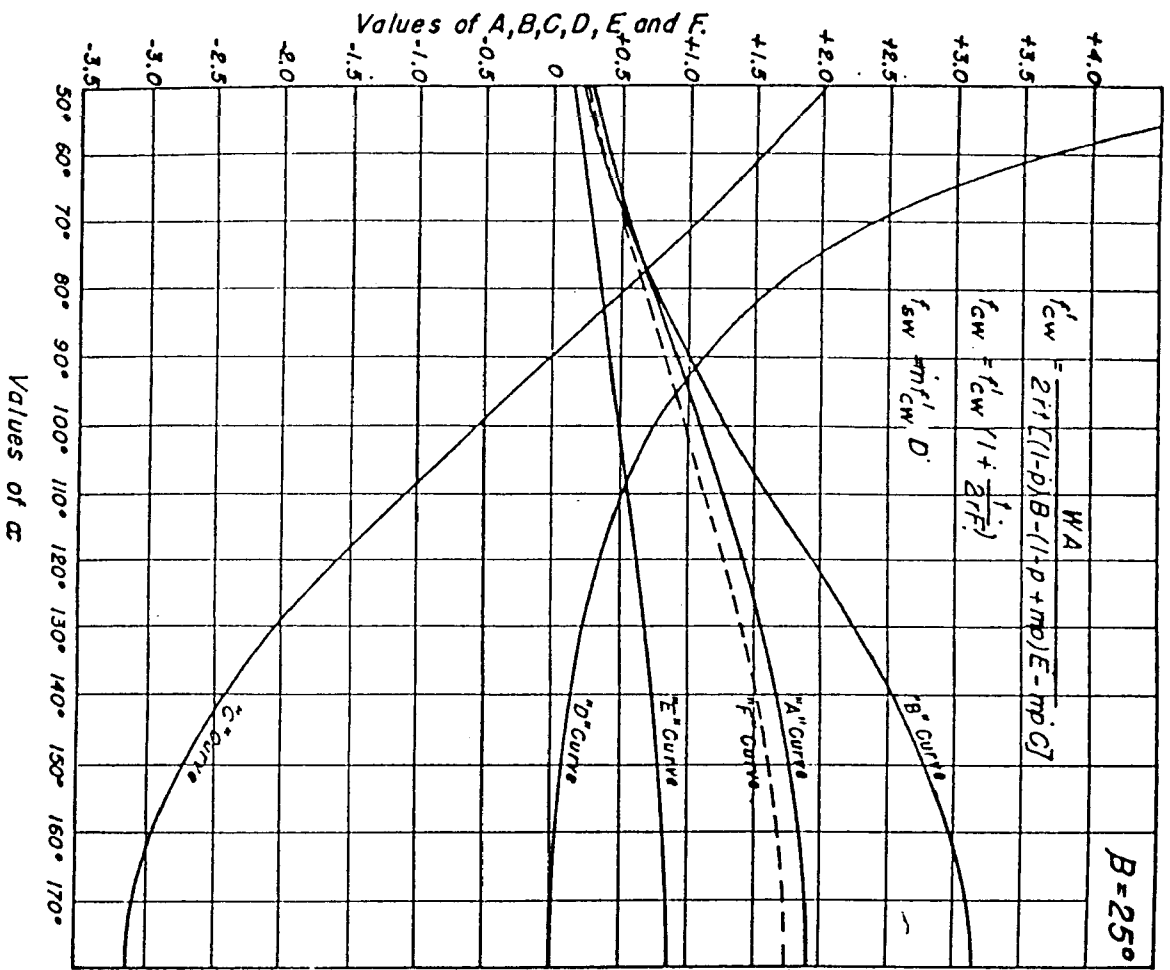
نمودار (۵-۷)

شماره استاندارد ۶۲۰۲۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۰۵
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸



نمودار (۶-۷)

شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره صفحه ۱۰۶
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	آذرماه ۱۳۷۸



نمودار (V-V)

شماره صفحه ۱۰۷	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

فهرست مراجع

- ۱- MCIVT02/T1 مرکز تحقیقات نیرو - بخش ساختمان - گزارش "مطالعات و جمع آوری مطالب پیرامون دودکش نیروگاهها" - تابستان ۱۳۷۴
- ۲- MCIVT02/T2 مرکز تحقیقات نیرو - بخش ساختمان - گزارش "عوامل غیرسازه‌ای موثر در طراحی دودکش نیروگاهها" تابستان ۱۳۷۴
- ۳- MCIVT02/T3 مرکز تحقیقات نیرو - بخش ساختمان - گزارش "بررسی اثر بار باد، زلزله، حرارت و بارهای موضعی بر روی دودکش نیروگاهها" - تابستان ۱۳۷۴
- ۴- MCIVT02/T4 مرکز تحقیقات نیرو - بخش ساختمان - گزارش "روشهای تحلیل و طراحی دودکشهای فلزی و بتنی نیروگاهها" - زمستان ۱۳۷۴
- ۵- MCIVT02/T5 مرکز تحقیقات نیرو - بخش ساختمان - گزارش "ملاحظات مربوط به اندرکنش خاک و سازه" - پائیز ۱۳۷۴
- ۶- MCIVT02/T6 مرکز تحقیقات نیرو - بخش ساختمان - گزارش "روشهای تحلیل و طراحی فونداسیون دودکش" - زمستان ۱۳۷۴
- ۷- MCIVT02/T7 مرکز تحقیقات نیرو - بخش ساختمان - گزارش "بررسی اثر عوامل مختلف در طراحی دودکشهای فلزی، بتنی و مقایسه اقتصادی این دو" - پائیز ۱۳۷۵
- 8- ACI 307-88-"Standard Practice for the Design and Construction of Cast-in-place Reinforced concrete chimneys", American Concrete Institute - Committee 307, 1991
- 9- ACI 307-88. "Commentary on Standard practice for the Design and Construction of Cast-in-place Reinforced chimneys, " American Concrete Institute Committee 307, 1991
- 10- DIN 1056, "Solid construction, free standing chimneys", Deutsches Institut fur Norming, OCT., 1984.
- 11- DIN 4133, "Steel stacks", Deutsches Institut fur Norming, Aug. 1973

شماره صفحه ۱۰۸	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲.۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

- 12- BS 4076, "specification for steel chimneys" , 1989
- 13- Task Committee on steel chimney Liners, "Design and Construction of Steel Chimney Liners", American Society of civil Engineers, 1975
- 14- Gaylord E.H and Gaylord ch.N, "Structural Engineering Handbook Section 30-Chimneys ", Mc Graw-Hill, 1990
- 15- Fintel M. "Handbook of concrete Engineering-section15-Reinforced concrete chimneys", Van Nostrand Reinhold, 1995
- 16- Manohar S.N. "Tall Chimneys, Design and construction", TATA Mc Graw-Hill publishing company limited, 1985
- 17- Pinfold G.M. "Reinforced concrete chimneys and towers", palladian publications LTD, 1984
- 18- Liu H. "Wind Engineering, A Hand book for structural Engineering", prentice Hall Inc. 1991
- 19- UBC, "Uniform Building Code", International Conference of Building official, 1990
- 20- ANSI A58, "Minimum Design Load for Building and other structures".
- 21- Simiu E and scanlan R.H., "Wind Effect on structures, section 10 slendertowers and stacks with circular cross section"
- 22- "Workbook of Atmospheric Dispersion Estimate", V.S.Environmental protection Agency, 1970
- 23- Mark, "Mechanical Handbook-chapter 18", 1978
- 24- Singer J.G. "fossil power system", Combustion Engineering Inc, 1981

شماره صفحه ۱۰۹	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲-۲۰۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

25- Deininger S.W & Jackson G.W. "Improve power plant Availability by protecting Against stack liner failures, power journal/, Mar 1980

26- Cillam E.H & wood G.W. "New operation Modes Broaden Quest for stack / Liner Materials" power Journal / , Sept. 1984

شماره صفحه ۱۱۰	محاسبات و تفسیر مبانی و معیارهای طراحی و مهندسی سازه	شماره استاندارد ۶۲۰۲۳
آذرماه ۱۳۷۸	استاندارد طراحی و مهندسی سازه دودکش	معاونت تحقیقات و تکنولوژی