نوآوران صنعت سیلک

پانل‌های سه‌بعدی پر شده با بتن خود متراکم

برای استفاده در دریچه‌های آدم رو

ویرایش ۱,۱
بهمن‌ماه ۱۳۹۷

این گزارش یکی از اسناد شرکت نوآوران صنعت سیلک و متعلق به این شرکت می‌باشد. استفاده از این جزوه و نقل از آن با ذکر ماخذ و شماره ویرایش آن مجاز می‌باشد.

این گزارش به‌طور مستمر در حال تکمیل و ویرایش است. بخش تحقیق و توسعه شرکت نوآوران صنعت سیلک این گزارش را بر اساس بهترین آگاهی، دانش و تجربه خود تهیه و تنظیم نموده است و مانند هر سند مشابه دیگری ادعا ندارد که کامل و بدون نقص می‌باشد. لذا از هرگونه نظرات اصلاحی استقبال کرده و ارج می‌نهد.

www.sialk-co.ir

به‌نام خدا

ویرایش ۱,۱
بهمن‌ماه ۱۳۹۷

پانل‌های سه‌بعدی پر شده با بتن خود متراکم برای استفاده در دریچه‌های آدم رو

مقدمه:

آدم‌روهایا منهول‌ها بخش مهمی از تاسیسات و تجهیزات شهری هستند. این المان‌ها برای دسترسی به شریان‌های حیاتی در معبرها تعبیه می‌شوند. آدم‌روها ممکن است برای دسترسی به نهرهای آب، شبکه‌های مخابرات، شبکه‌های فاضلاب و موارد مشابه آن تعبیه شوند. وجود آدم‌روها برای تاسیسات اشاره شده حیاتی است و البته عملکرد بهینه این شریان‌ها را تضمین می‌کند. برای شرایطی که تغییر یا تعمیر برای این شریان‌ها مورد نظر باشد، آدم‌روها می‌توانند دسترسی سریع و ایمن را به تاسیسات میسر سازند. بسته به کاربردی که برای منهول‌ها تعریف می‌شود، اندازه آن‌ها متفاوت است. برای همه منهول‌ها، لازم است دریچه‌ای تعبیه شود. این دریچه بایستی سختی و مقاومت مناسبی داشته باشد و البته وزن آن به اندازه‌ای باشد که برداشتن آن توسط یک نفر به‌سادگی مقدور باشد.

با توجه به گستردگی منهول‌ها (و طبعا دریچه منهول‌ها) در تمامی نقاط شهر، نگه‌داری و نگهبانی از آن‌ها غیر ممکن است. بنابراین لازم است دریچه‌ها به‌گونه‌ای طراحی و ساخته شوند که احتیاج به مراقبت و نگهبانی نداشته باشند. استفاده از دریچه‌های متعارف، با توجه به جنس چدنی آن‌ها، سبب می‌شود سارقان با انگیزه بازیافت فلز به‌کار رفته در دریچه اقدام به سرقت آن کنند. سرقت دریچه‌های منهول‌ها علاوه بر زیان مالی، می‌تواند برای شهروندان بسیار خطرناک و مرگ‌آفرین باشد. وجود یک حفره با قطر ۷۰-۸۰ سانتی‌متر در بزرگراه یا پیاده‌رو به‌راحتی اسباب واژگونی خودروها شده و یا به عابران آسیب می‌رساند.

با توجه به این‌که نگهبانی از دریچه‌ها عملا غیر ممکن است، برای پیش‌گیری از سرقت دریچه‌ها لازم دریچه‌هایی مورد استفاده قرار گیرند که برای سارقان ارزش بازیافت یا استفاده‌های دیگر را نداشته باشند.

بدیهی است که برای استفاده از دریچه‌های ساخته شده با روش‌های دیگر باید استانداردهای مقاومتی هم‌چنان مورد نظر قرار گیرند.

پیش از این‌که جزئیات محاسبات ارائه شود، نتیجه محاسبات و خصوصیات متریال در جدول زیر به‌طور خلاصه ارائه می‌شود:

جدول ۱- خواص پانل پیشنهادی در حالت استفاده از مصالح پایه

ردیف	شرح	نوع آزمایش	خاصیت یا مقاومت گزارش شده	قابلیت تغییر
۱	مقاومت فشاری	فشار تک محوری	250 kg/cm^2	دارد (حداقل تا دو برابر)
۲	مقاومت خمشی (واحد عرض)	آزمایش خمش*	400 kg.m/m	افزایش تا ۴ برابر
۳	مقاومت برشی (واحد عرض)	برش یک‌طرفه و پانچ	2100 kg/m	افزایش تا ۲ برابر
۴	سختی خمشی (با احتساب ترک خوردگی ۵۰ درصدی)	آزمایش خمش*	2.82 $Ton.m^2/m$	افزایش تا ۸ برابر
۵	مقاومت در برابر عوامل شیمیایی (اسید و مواد نفتی)	با توجه به ماده مهاجم	برای انواع اسیدها و مواد معدنی و البته مواد نفتی با توجه به نوع رزین مقاومت دارد	برای موارد خاص می‌توان محصول خاص تولید کرد.
۶	دخالت عدم قطعیت‌های تولید در مقاومت	بسیار کم	انحراف از میانگین برای محصولات مختلف در سری‌های مختلف تولید کمتر از ۵ درصد گزارش شده است	-
۷	شاخص‌های زیست محیطی	سازگار با محیط زیست	فاقد مواد سمی در ترکیب با عوامل محیطی	-
۸	مقاومت در برابر خوردگی	کاملا مقاوم	مواد تشکیل دهنده کاملاً پایدار	
۹	مقاومت در برابر سایش	_	مناسب	قابل بهبود با توجه به کاربرد
۱۰	باربری در دریچه دایره‌ای قطر ۷۰ سانتی‌متر	شرح در گزارش	۳ تن برای بار ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر	تا ۴ برابر
۱۱	قابلیت استفاده در هندسه‌های مختلف	_	به‌سادگی به ابعاد دلخواه برش داده می‌شود.	-

* مطابق با ASTM-273

پانل‌های سه‌بعدی پر شده با بتن خود متراکم برای استفاده در دریچه‌های آدم رو

۱. صفحات کامپوزیتی تقویت شده با پارچه سه‌بعدی بافته شده با نخ شیشه

صفحات کامپوزیتی تقویت‌شده با پارچه سه‌بعدی شیشه‌ای، ماحصل بافت سه‌بعدی نخ شیشه با مقاومت کششی بسیار زیاد، و سپس تبدیل آن با کمک رزین به پانل‌های سبک، مقاوم، عایق صدا، حرارت و رطوبت، در ابعاد و ضخامت‌های مختلف جهت مصارف سقف و دیوار ساختمانی و برخی مصارف دیگر می‌باشد.

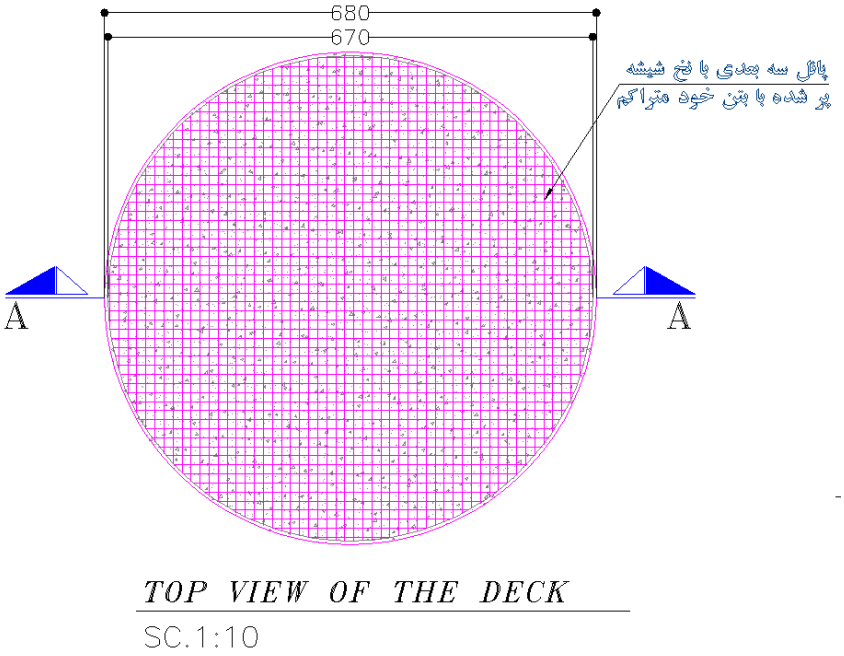
پارچه‌های سه‌بُعدی در هر سه راستای x و y و z ، مُد تخریب تورق (Delamination) در آن‌ها منتفی و هم‌چنین امکان دور کردن حداکثری جرم از مرکز و تحمل حداکثری مُمان خمشی و هم‌چنین امکان افزایش حداکثری نسبت استحکام به وزن در آن‌ها وجود دارد.

۲. پانل‌های سه‌بعدی پر شده با بتن به‌عنوان دریچه منهول

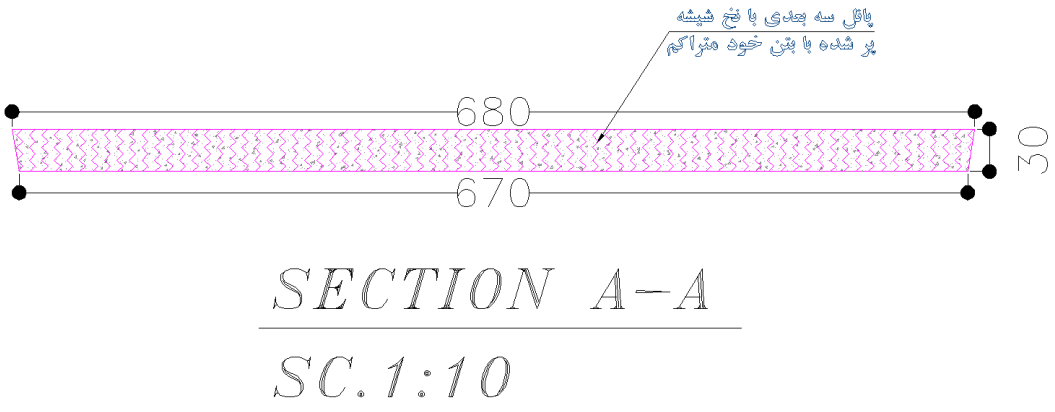
صفحات کامپوزیتی تقویت‌شده با پارچه سه‌بعدی شیشه‌ای، پرشده با ملات سیمان برای ساخت دریچه منهول مورد استفاده قرار گرفته است. مشخصات این محصول عبات است از:

- نخ شیشه Tex 600 با مقاومت کششی ۳ گیگاپاسکال
- پارچه سه‌بعدی بافته‌شده با نخ شیشه با تراکم ۳ و ضخامت ۴,۲ سانتی‌متر
- رزین پلی‌استر به عنوان متریکس، و ایجاد صفحه کامپوزیتی سه‌بعدی با ضخامت ۳ سامتی‌متر
- بتن معمولی با مقاومت ۲۵ مگا پاسکال

برای هندسه انتخاب شده، شکل-۱ و شکل-۲ به ترتیب پلان و برش A-A از دریچه پیشنهادی را نشان می‌دهند.



شکل-۱. نمای فوقانی از دریچه منهول پیشنهادی



شکل-۲. برش A-A از دریچه منهول پیشنهادی

همان‌گونه که در برش A-A دیده می‌شود، برای سهولت در قراردادن دریچه در محل خود، قطر وجه تحتانی ۱۰ میلی‌متر کوچک‌تر از قطر وجه فوقانی در نظر گرفته شده است.

۳. محاسبه مقاومت پانل پر شده با بتن:

برای محاسبه مقاومت پانل، از روابط مربوط به طراحی سازه‌های بتن آرمه استفاده می‌شود.

برای عرض ۱ متر از پانل پیشنهادی، مجموع مساحت نخها ۷۰ میلی‌متر مربع است. سایر فرضیات طراحی نیز به‌صورت زیر در نظر گرفته شده‌اند.

$$d = 30mm$$

$$f'c = 25\ MPa$$

$$f_{yg} = 3000\ MPa$$

بنابراین کشش حاصل از نخها با ضریب کاهش جزئی ماده برابر خواهد بود با:

$$T = 0.85 \times \mathrm{Ag} \times f_{yg} = 178500\ N$$

ارتفاع بلوک فشاری برای برابری با این کشش برابر خواهد بود با:

$$a = \frac{T}{0.65 \times 0.85 \times f'c \times 1000} = 12.92\ mm$$

برای این شرایط لنگر نهایی برابر خواهد بود با:

$$\mathrm{M} = (T\ \mathrm{Or}\ C) \times (d - \frac{a}{2})$$

$$\mathrm{M} = (178500) \times \left(30 - \frac{12.92}{2}\right) = 4201890\ N - mm/m$$

$$\mathrm{M} = 0.42\ Ton.m/m$$

۴. شبیه‌سازی عددی

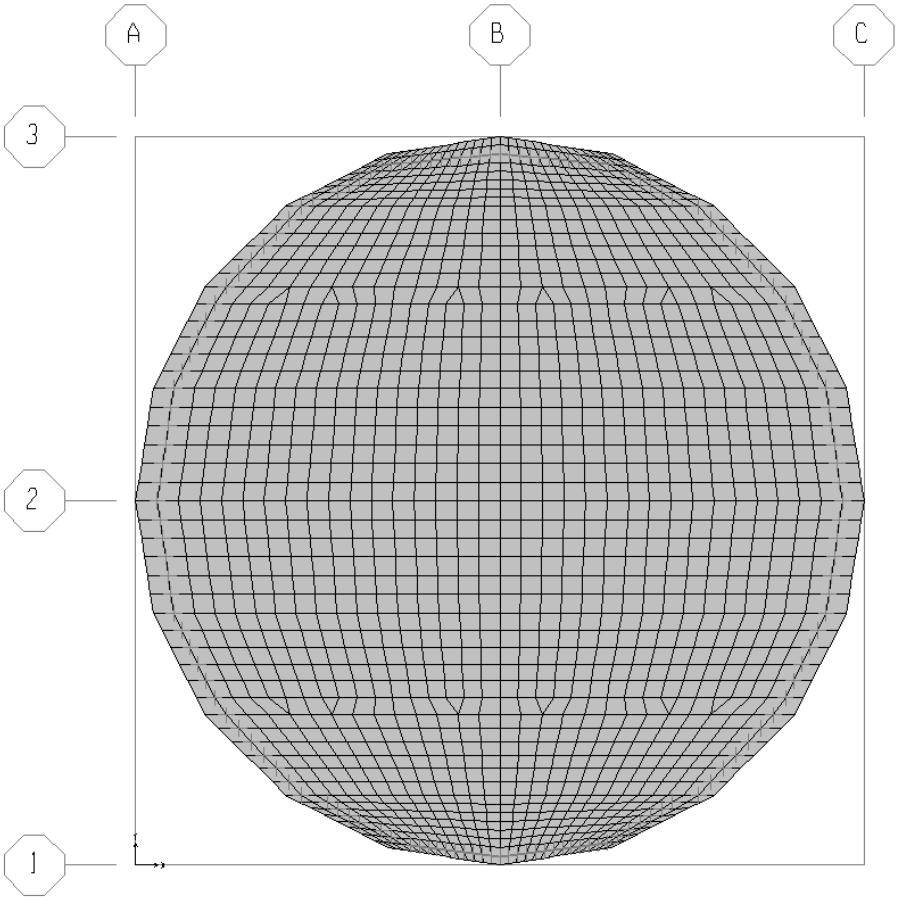
برای محاسبه تلاش‌های وارد بر دریچه، از یک مدل اجزا محدود دو بعدی بهره گرفته شده است. این مدل با استفاده از ویراست 14.2.2 از نرم افزار Sap 2000 تهیه شده است.

۴,۱. انتخاب المان

با توجه به ماهیت مساله، المان Plate یا المان Shell برای حل این مساله مناسب هستند. با توجه به این‌که المان Shell المان جامع‌تری است از این المان برای مدل‌سازی استفاده شده است. همچنین با توجه به اینکه نسبت دهانه به ضخامت عدد بزرگی (بیش از ۲۰) است. المان Shell-Thin برای تحلیل انتخاب شده است.

۴,۲. مِش‌بندی دامنه حل

برای حل مساله، دامنه حل به نحو مناسبی المان‌بندی شده است. ابعاد این المان‌ها، برای همه المان‌ها کمتر از ۲۰ میلی‌متر منظور شده است. به تعبیر درست‌تر هیچ المانی بیش از ۴ سانتی‌متر مربع مساحت نخواهد داشت. شکل-۳ نمایی از المان‌های تشکیل دهنده دامنه را نشان می‌دهد.

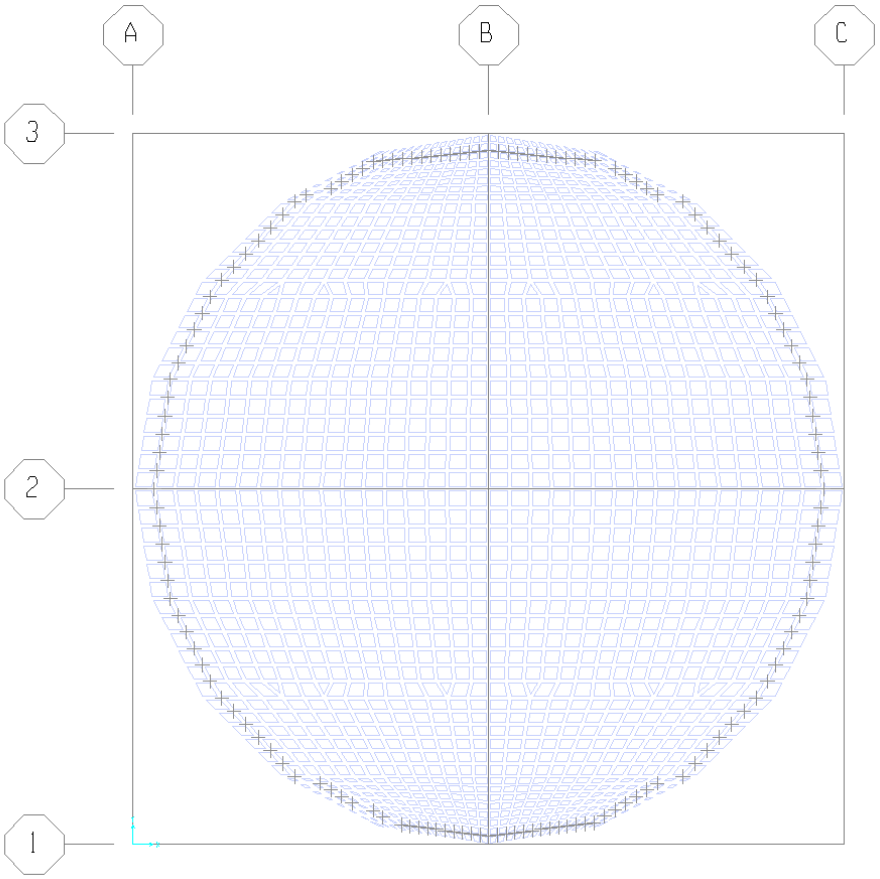


شکل-۳. مش بندی برای منهول مورد بررسی

۴,۳. شرایط تکیه‌گاهی

دریچه منهول در فاصله ۲۰ تا ۲۵ میلی‌متری از روی لبه به تکیه‌گاه متکی است. برای شرایط بحرانی، بیرونی‌ترین لبه از روی تکیه‌گاه جدا شده و کمی (حدود یک دهم میلی‌متر) به‌سمت بالا حرکت می‌کند.

بنابراین منطقی‌ترین فرض این است که تکیه‌گاه به‌صورت خطی و در فاصله دو سانتی‌متری از لبه بیرونی منظور گردد. شکل-۴ نمایی از شرایط تکیه‌گاهی برای سازه را نشان می‌دهد.

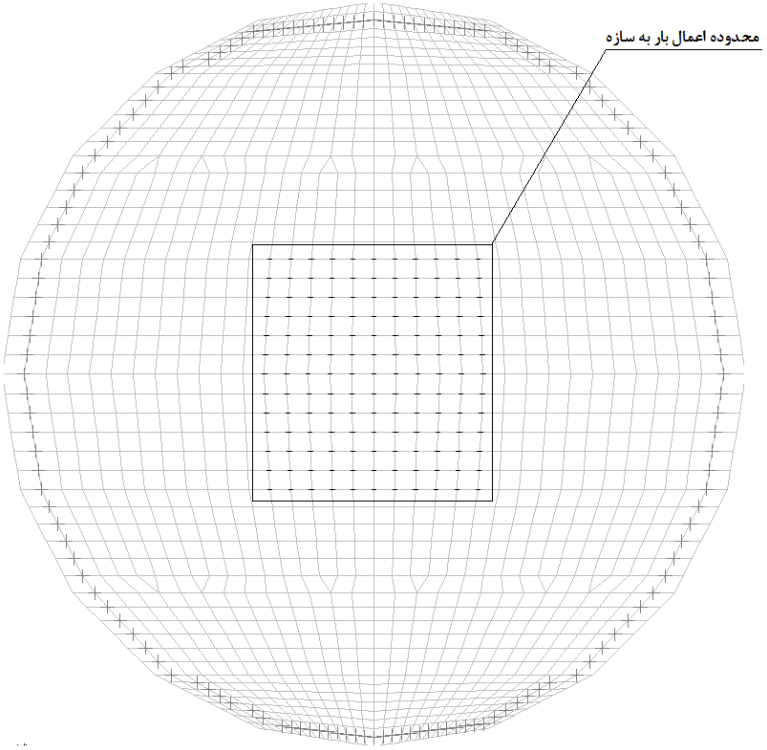


شکل-۴. شرایط تکیه‌گاهی منظور شده در مدل

(برای همه تکیه‌گاه‌ها صرفا تغییر مکان‌ها در سه جهت بسته شده‌اند)

۴,۴. بارگذاری یک چرخ

برای اعمال بار چرخ خودرو به دریچه، بدترین شرایط ممکن در نظر گرفته شده است. در این شرایط، فرض شده است که بار مورد نظر در یک محدوده ۲۰ سانتی‌متر در ۲۰ سانتی‌متر به دریچه وارد شود. بار وارد شده در این محدوده به ۱۴۳ نقطه وارد شده است (شکل-۵).



شکل-۵ بارگذاری مربوط به یک چرخ در بحرانی‌ترین شرایط برای خمش و تغییر شکل

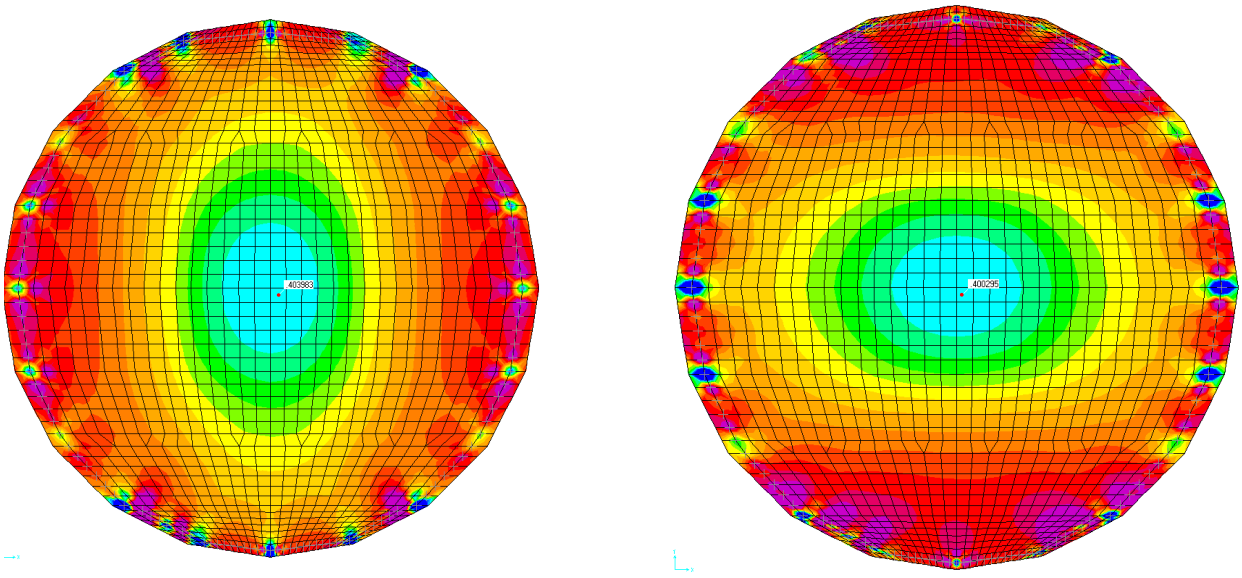
۴،۵. تحلیل برای بار یک چرخ

با استفاده از روش اجزاء محدود، برای بارگذاری معرفی‌شده در بخش پیشین، سازه دریچه تحلیل شده است. نتایج این تحلیل را می‌توان در بندهای زیر خلاصه کرد.

۱- مجموع بار نهایی وارد بر دریچه، برای هندسه معرفی شده ۳ تن به‌دست آمده است.

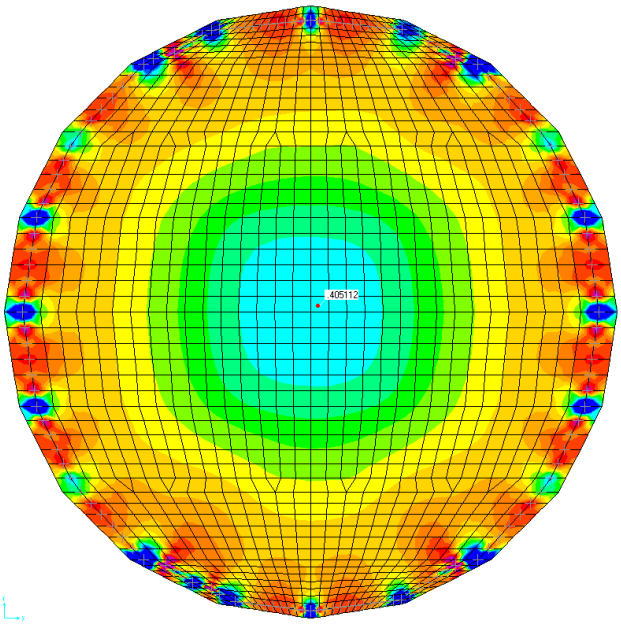
۲- تغییر مکان قائم در نقطه میانی پانل، برای شرایط تشریح شده برابر با 3.3mm است. با فرض خطی بودن رفتار (که فرض درستی است) برای هر تن بار حدود 1.1mm تغییر مکان در وسط دهانه وجود خواهد داشت. مقدار این تغییر مکان کمتر از 1/200 دهانه است که مطلوب ارزیابی می‌شود.

شکل-۶ الف، ب و ج به ترتیب M11، M22 و Mmax را برای سازه تحت بار ۳ تن نشان می‌دهند. هم‌چنین شکل-۷ تغییر مکان قائم نقاط مختلف سازه را برای بارگذاری تشریح شده ارائه می‌کند.

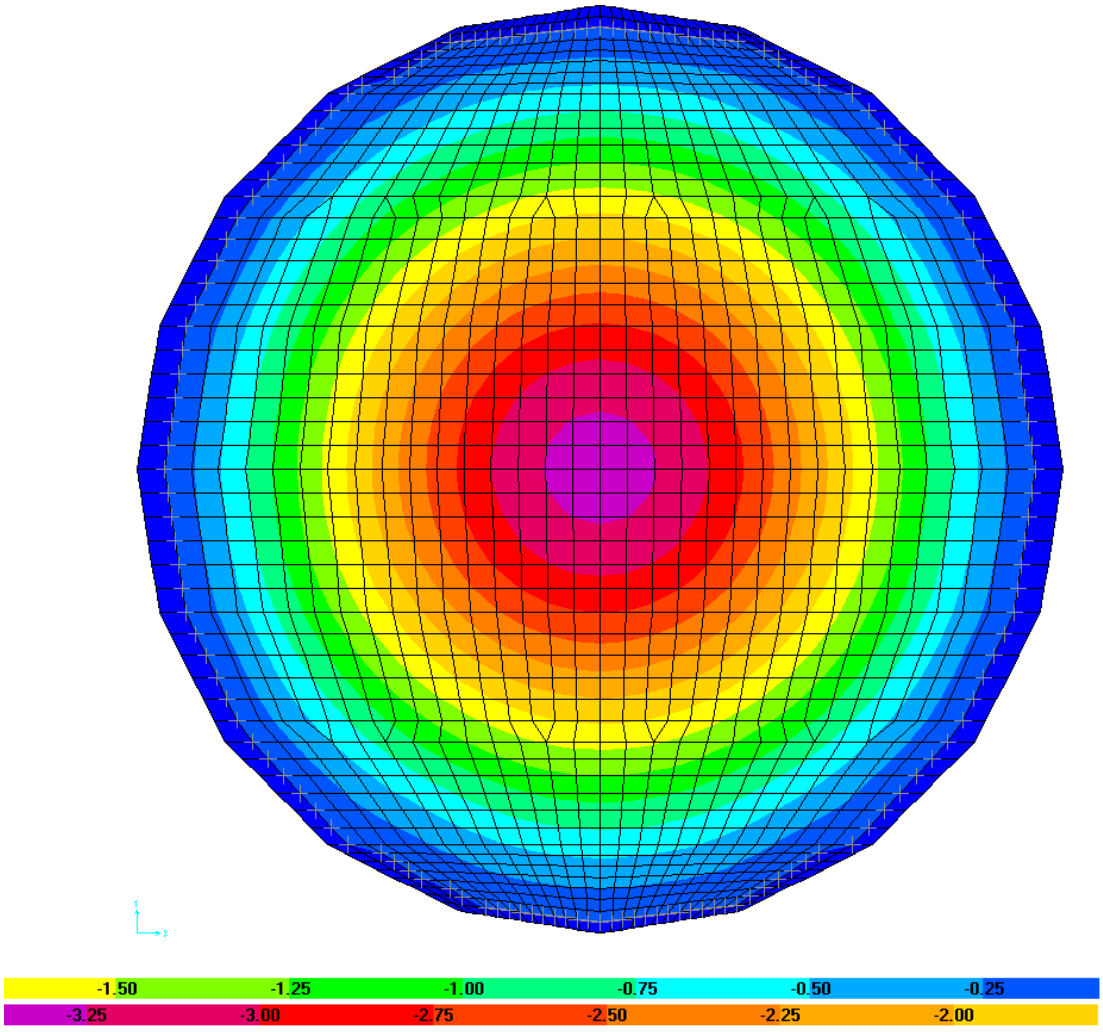


(الف) (ب)

شکل-۶ لنگر M11 و M22 را برای سازه تحت بار ۳ تن به ترتیب در شکل‌های الف و ب



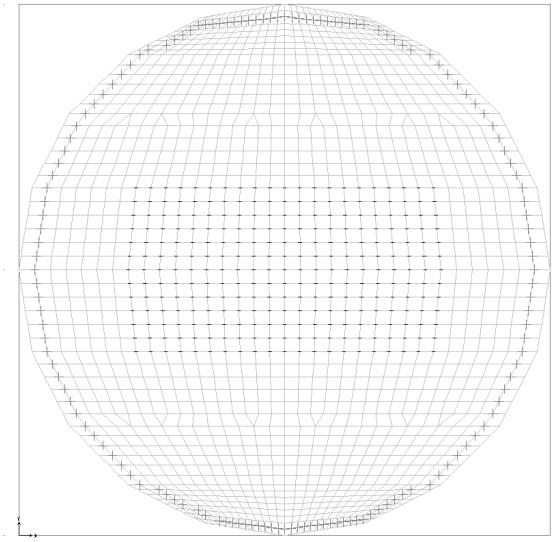
شکل-۶- ج لنگر Mmax را برای سازه تحت بار ۳ تن



شکل-۷ تغییر مکان سازه تحت اثر نیروی ۳ تن (به میلی‌متر)

۴,۶. بارگذاری برای دو چرخ

پیدا کردن موقعیت بحرانی برای قرارگیری دو چرخ روی یک صفحه دایره‌ای مفهومی شبیه خط تاثیر را فرایاد می‌آورد. البته که مفهوم مورد اشاره برای المان‌های یک بعدی ساده و قابل کاربرد در همه شرایط است. برای سازه دو بعدی مورد بررسی، با توجه به کوچک بودن سازه، می‌توان با رواداری‌هایی، فرض نمود که حالت بحرانی نظیر قرارگیری هر دو چرخ در وسط دایره است.



شکل-۸ بارگذاری مربوط به دو چرخ در بحرانی‌ترین شرایط برای خمش و تغییر شکل

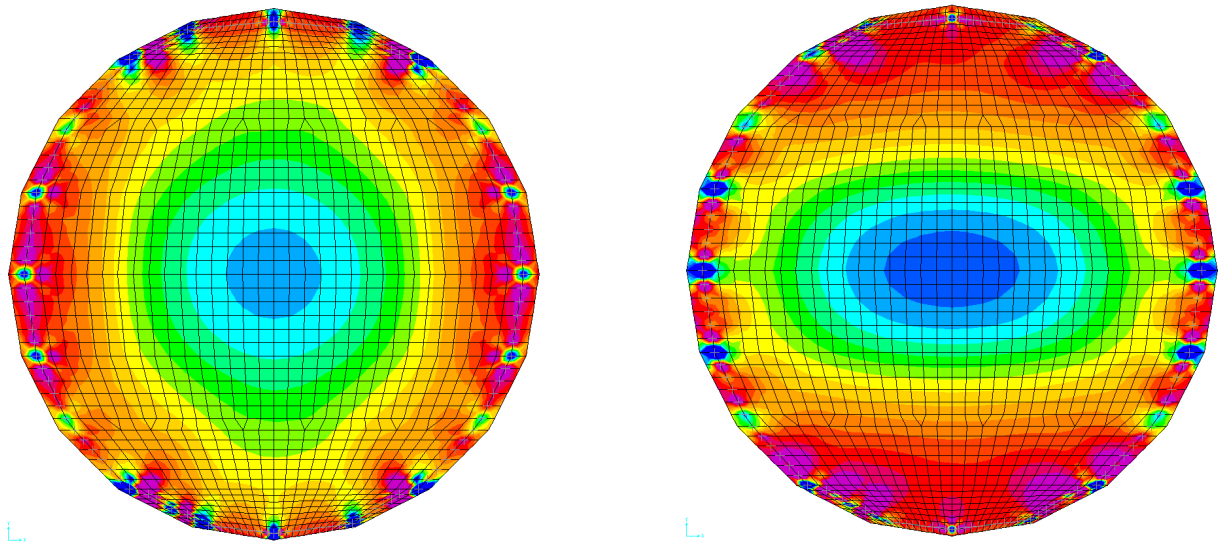
۴,۷. تحلیل برای بار دو چرخ

با استفاده از روش اجزاء محدود، برای بارگذاری معرفی شده در بخش پیشین، سازه دریچه تحلیل شده است. نتایج این تحلیل را می‌توان در بندهای زیر خلاصه کرد.

۳- مجموع بار نهایی وارد بر دریچه، برای هندسه معرفی شده ۴ تن به‌دست آمده است.

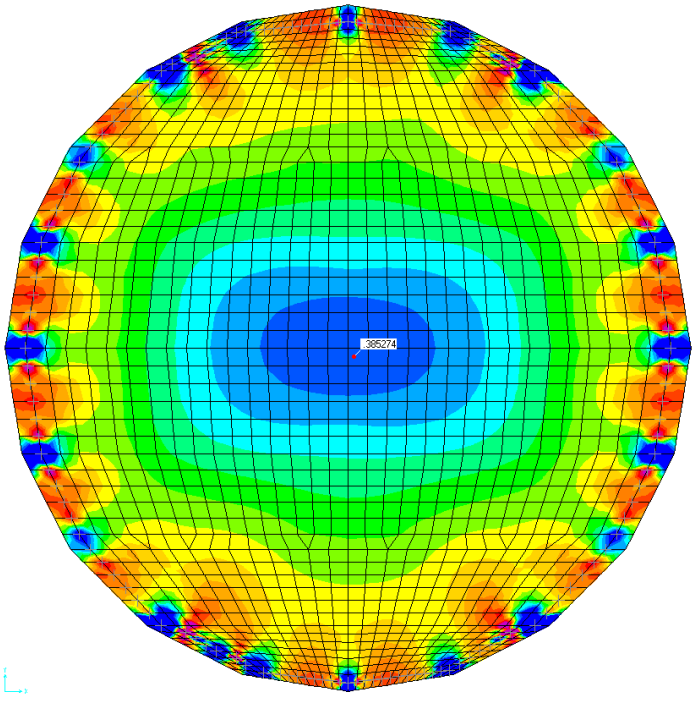
۴- تغییر مکان قائم در نقطه میانی پانل، برای شرایط تشریح شده برابر با 3.5mm است. با فرض خطی بودن رفتار (که فرض درستی است) برای هر تن بار کمتر از 0.9mm تغییر مکان در وسط دهانه وجود خواهد داشت. مقدار این تغییر مکان حدودا 1/200 دهانه است که مطلوب ارزیابی می‌شود.

شکل-۹ الف، ب و ج به ترتیب M11، M22 و Mmax را برای سازه تحت بار ۳ تن نشان می‌دهند. همچنین شکل-۱۰ تغییر مکان قائم نقاط مختلف سازه را برای بارگذاری تشریح شده ارائه می‌کند.

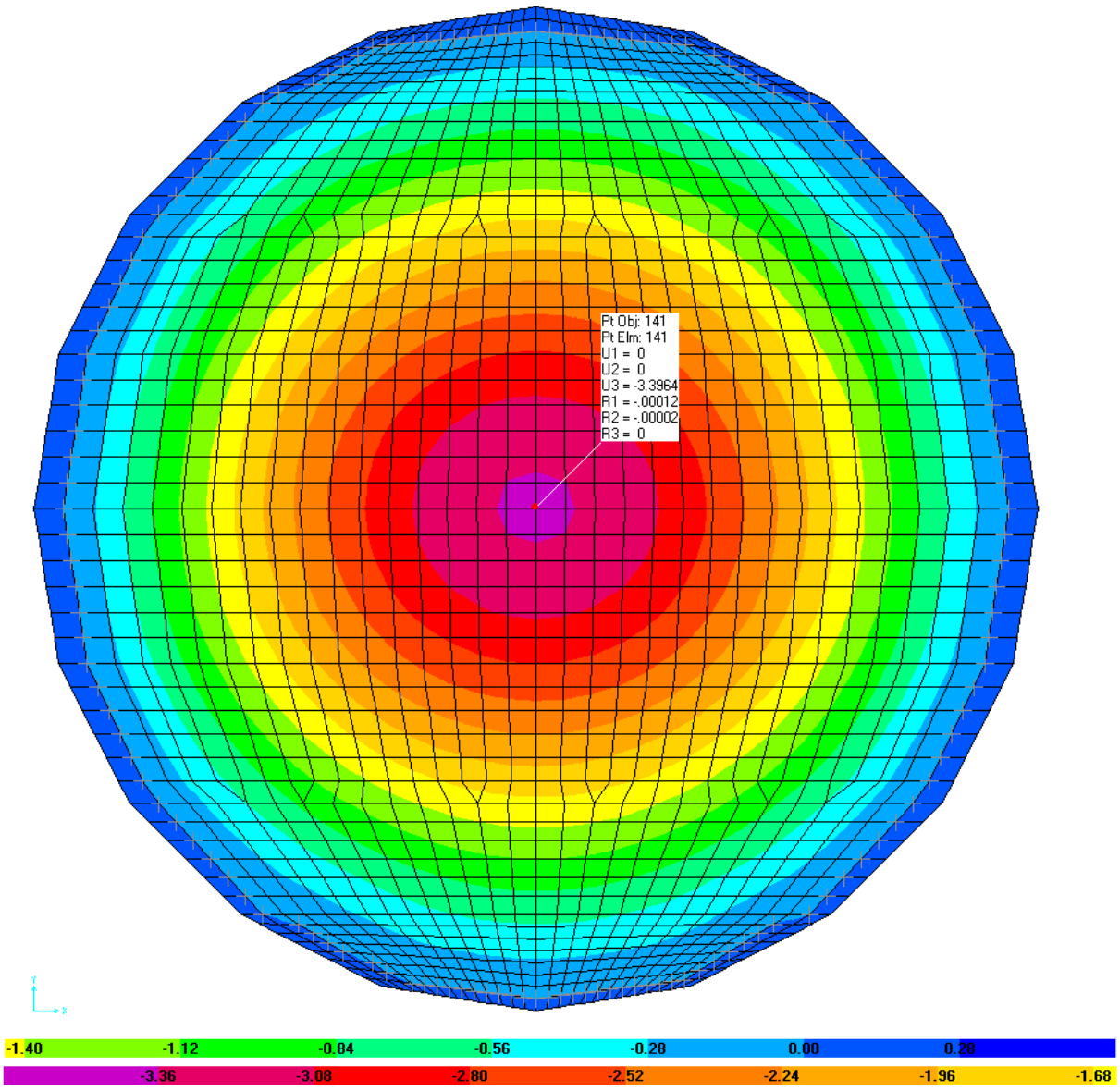


(الف) (ب)

شکل-۹ لنگر M11 و M22 را برای سازه تحت بار ۴ تن به ترتیب در شکل‌های الف و ب



شکل-۹- ج لنگر Mmax را برای سازه تحت بار 4 تن



شکل-۱۰ تغییر مکان سازه تحت اثر نیروی ۴ تن (به میلی‌متر)

نتیجه‌گیری:

۱- دریچه می‌تواند برای عبور یک چرخ با بار نهایی ۳ تن مقاومت لازم را ایجاد کند.

۲- دریچه برای عبور یک چرخ با بار نهایی ۳ تن تغییر حداکثری برابر با ۳,۳ میلی‌متر را تجربه خواهد کرد.

۳- دریچه می‌تواند برای عبور دو چرخ با بار نهایی۴ تن مقاومت لازم را ایجاد کند.

۴- دریچه برای عبور دو چرخ با بار نهایی ۴ تن تغییر حداکثری برابر با ۳,۵ میلی‌متر را تجربه خواهد کرد.

۵- استفاده از این محاسبات برای دریچه منهول با قطر ۶۵-۷۰ سانتی‌متر قابل استناد است. برای منهول‌های بزرگ‌تر یا کوچک‌تر لازم است محاسبات تکرار شوند.

۶- برای ایجاد مقاومت بالاتر، می‌توان از ترکیب دیگری از پانل و بتن استفاده نمود. این مقاومت می‌تواند تا ۴ برابر افزایش داده شود.

در پایان لازم است از جناب آقای دکتر مسعود شفیعی تشکر وافر نماییم.

دفتر فنی(سازه)

شرکت نوآوران صنعت سیَلک