به نام آفریدگار

راهنمای نرم‌افزار طراحی لرزه‌ای مخازن استوانه‌ای فولادی در صنعت نفت

(نشریه شماره ۰۲۲)

وزارت نفت
معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری
اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها
۱۳۹۷

پیش‌گفتار

در سال ۱۳۸۱ معاونت امور مهندسی و فناوری وقت وزارت نفت، نرم‌افزاری تحت عنوان ارزیابی لرزه‌ای مخازن نفت بر اساس استاندارد API650 (1998) تهیه نمود که به منظور کنترل پایداری و مقاومت مخازن استوانه‌ای جدارنازک فرآورده‌های نفتی در طرح‌های بهسازی لرزه‌ای به کار می‌رفت و راهنمایی نیز تحت شماره نشریه ۰۲۲ در این خصوص منتشر گردید. پس از انتشار آیین‌نامه طرح لرزه‌ای تاسیسات و سازه‌های صنعت نفت (نشریه شماره ۰۳۸)، تهیه نرم‌افزاری به منظور طراحی لرزه‌ای این مخازن بر اساس مفاد فصل دوازدهم آن نشریه در دستور کار کارشناسان اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها قرار گرفت. نرم‌افزار جدید مبتنی بر مفاد و مقررات آخرین ویرایش نشریه ۰۳۸ (ویرایش سوم- ۱۳۹۵) تهیه گردید و لازم دانسته شد تا راهنمای کاربردی این نرم‌افزار نیز تهیه شود.

اگرچه متن پیش رو و نرم‌افزار مربوطه به آن طی فرآیند کاملا مجزایی نسبت به نرم‌افزار پیشین تدوین و تهیه شده است، لیکن تصمیم گرفته شد که به منظور اجتناب از ایجاد تداخل و اشتباه احتمالی، راهنمای پیش رو با شماره یکسان با نشریه قبل نامگذاری گردد.

نشریه حاضر، به منظور ارائه راهنما در این خصوص تدوین شده است و لازم است تا کاربران این نرم‌افزار با مفاهیم ابتدایی مهندسی سازه و زلزله آشنا بوده، دانش کافی را در خصوص مقررات نشریه ۰۳۸ و همچنین پیوست E استاندارد API650 (2013) دارا باشند.

دبیرخانه تدوین‌کننده این نشریه مستقر در اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها آماده دریافت نظرات کارشناسی در خصوص ایرادات و ابهامات احتمالی نرم‌افزار و همچنین راهنمای تدوین شده آن از سوی کارشناسان مهندسین مشاور، دستگاه‌های اجرایی تابعه وزارت نفت، دانشجویان، استادان دانشگاه و کلیه اصحاب فن می‌باشند.

اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها

اعضای کارگروه تهیه متن نشریه شماره ۰۲۲

مهندس محمدرضا منشوری	اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها	رئیس تدوین مقررات مهندسی- مدیر پروژه
مهندس امید افشاریان زاده	اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها	مسئول مهندسی سازه
مهندس رضا حسین زاده	اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها	کارشناس تدوین مقررات مهندسی
مهندس محمدرضا گلسیبی	-	کارشناس نرم‌افزار

فهرست مطالب

پیش‌گفتار ۱
۱- مقدمه و حدود کاربرد ۶
۲- نحوه تهیه نرم‌افزار ۶
۳- نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار ۶
۴- مبانی محاسباتی نرم‌افزار ۷
۴-۱ استاندارد API650 ..... ۷
۴-۲ زلزله طرح ۷
۴-۳ روش طراحی ۷
۴-۴ مایع سخت و مواج ۷
۴-۵ طبقه‌بندی مخازن از دیدگاه اهمیت (کاربری و خطرزایی) ۸
۴-۶ ترکیبات بارگذاری ۸
۴-۷ تحلیل لرزه‌ای مخازن به کمک روش بار جانبی معادل ۸
۵- منوی File ۹
۵-۱ ساخت مدل جدید ۹
۵-۱-۱ ملاحظات کلی ۹
۵-۱-۲ معرفی مشخصات هندسی مخزن ۹
۵-۱-۳ معرفی مشخصات مصالح و نوع مخزن از دیدگاه سیستم سازه‌ای و کاربری ۱۲
۵-۱-۴ معرفی مشخصات ساختگاه ۱۷
۵-۱-۵ مشخصات مهار در مخازن دارای مهار ۱۹
۵-۲ بازآوری مدل موجود ۱۹
۵-۳ ذخیره ۲۰
۵-۴ ذخیره با عنوان ۲۰
۵-۵ فایل‌های اخیر ۲۱
۵-۶ گزارش ۲۱
۵-۷ ارسال خروجی به اکسل ۲۱
۵-۸ خروج ۲۱
۶- منوی Analysis ۲۲

۶-۱ تحلیل مخزن ۲۲
۶-۱-۱ تعیین ارتفاع مایع ۲۲
۶-۲ تحلیل میل‌مهار ۳۱
۶-۲-۱ اطلاعات ورودی ۳۱
۶-۲-۲ نحوه تحلیل و کنترل ۳۳
۷- منوی Settings ۳۳
۸- منوی Help ۳۳
۸-۱ راهنما ۳۴
۸-۲ درباره نرم‌افزار ۳۴
۹- نوار ابزار ۳۵
۹-۱ ایجاد فایل جدید (New) ۳۵
۹-۲ باز کردن فایل موجود (Open) ۳۵
۹-۳ ذخیره (Save) ۳۵
۹-۴ ایجاد گزارش (Print) ۳۵
۹-۵ تحلیل مخزن (Run Tank Analysis) ۳۵
۹-۶ تحلیل مهار (Run Anchor analysis) ۳۵
۹-۷ باز کردن قفل (Unlock) ۳۵
۹-۸ راهنما ۳۵
۹-۹ تنظیمات ۳۵
مراجع ۳۶

۱- مقدمه و حدود کاربرد

این نشریه، جایگزین راهنمایی است که تحت عنوان نرم‌افزار ارزیابی لرزه‌ای مخازن نفت بر اساس API650(1998) در سال ۱۳۸۱ توسط وزارت نفت [1] منتشر شد.

این نرم‌افزار صرفا برای مخازن زمینی دارای جداره، کف و سقف فلزی تدوین شده است. در هر حال طراحی لرزه‌ای سقف در محدوده کاربرد این نرم‌افزار نمی‌باشد. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان موارد زیر را بررسی و با مقادیر مجاز مقایسه نمود:

- ✓ تنش‌های حلقوی جداره مخزن
- ✓ تنش فشاری پای جداره
- ✓ مهارشدگی
- ✓ کفایت مهار مکانیکی
- ✓ فاصله آزاد از سطح مایع

در نشریه ۰۳۸ [2]، مخازن از دید اتکا به دو دسته خودمهار و دارای مهار مکانیکی تقسیم شده‌اند. چنانچه مخزن فولادی متکی بر زمین به کمک وزن خود و مایع داخل آن مقابله با واژگونی را تامین نماید، خودمهار و اگر توسط میل‌مهار، تسمه و یا سایر ادوات مکانیکی به شالوده مهار شده باشد، مخزن با مهار مکانیکی نامیده می‌شود. در این نرم‌افزار، امکان طراحی لرزه‌ای هر دو نوع مخزن وجود دارد.

۲- نحوه تهیه نرم‌افزار

متقاضیان محترم برای تهیه این نرم‌افزار می‌توانند به صورت حضوری به دبیرخانه تهیه‌کننده این برنامه مستقر در اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها مراجعه کنند. لازم است برای استفاده از این نرم‌افزار، نام کاربری و کلمه عبور از دبیرخانه مربوطه اخذ شود که برای هر کاربر به صورت اختصاصی صادر می‌گردد.

۳- نصب و راه‌اندازی نرم‌افزار

این نرم‌افزار روی سیستم‌های عامل Windows XP/Vista/7/8/10 از نوع ۳۲ بیت یا ۶۴ بیت قابل نصب می‌باشد. فضای مورد نیاز روی دیسک سخت برای این منظور حدود ۵۰ مگابایت می‌باشد. برای نصب برنامه، کافی است پس از دریافت پوشه نصب، فایل setup.exe اجرا گردد و مسیر نصب فایل‌های مربوطه روی دیسک سخت معرفی شود. پس از نصب، آیکون مربوطه روی صفحه نمایش ایجاد می‌شود. پس از اجرای برنامه لازم است تا نام کاربری و کلمه عبور به سیستم معرفی شود تا برنامه راه‌اندازی گردد. پس از راه‌اندازی نرم‌افزار، تصویری مانند آنچه در شکل ۱ نشان داده شده است نمایش داده می‌شود.

شکل ۱ تصویری از محیط نرم‌افزار پس از راه‌اندازی

۴- مبانی محاسباتی نرم‌افزار

۴-۱ استاندارد API650

در ایران معمولا مهندسین مشاور برای طراحی سازه‌ای مخازن فولادی بر اساس استاندارد آمریکایی API650 [3] استفاده می‌کنند. آخرین نسخه این استاندارد در سال ۲۰۱۳ توسط موسسه نفت آمریکا منتشر شده است. پیوست E این استاندارد به بخش طراحی در برابر زلزله اختصاص دارد که مبنای تدوین فصل دوازدهم نشریه ۰۳۸ قرار گرفته است.

۴-۲ زلزله طرح

لازم است تا مهندس مشاور، بر اساس مفاد فصل سوم نشریه ۰۳۸، پارامترهای لازم به منظور شتاب‌های طیفی زلزله طرح را بر اساس مطالعات تحلیل خطر ویژه ساختگاه یا طیف طرح استاندارد آن نشریه تعیین نماید. لازم به ذکر است که در طراحی مخازن، نیازی به در نظر گرفتن زلزله تراز بهره‌برداری نیست.

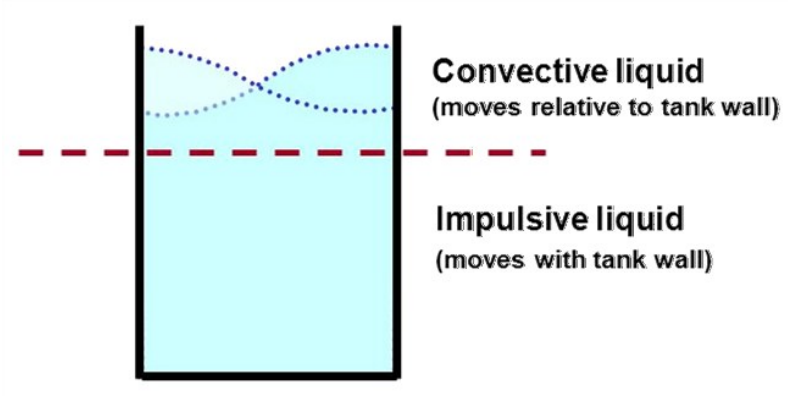
۴-۳ روش طراحی

مخزن را می‌توان به کمک روش بار جانبی معادل یا دینامیکی (طیفی) تحلیل کرد. جزئیات این روش‌ها در فصل دوازدهم نشریه ۰۳۸ درج شده است. شایان ذکر است که در این نرم‌افزار از روش بار جانبی معادل استفاده می‌شود. جزئیات این روش در بند ۴-۷ تشریح شده است.

۴-۴ مایع سخت و مواج

در بند ۱۲-۲-۲ فصل دوازدهم نشریه ۰۳۸، جرم مایع داخل مخزن به دو بخش معادل جرم مایع سخت و جرم مایع مواج تقسیم شده است. جرم مایع سخت، آن بخش از جرم مایع است که فرض می‌شود همراه سازه حرکت می‌کند. جرم مایع مواج مربوط به بخشی از سیال است که حرکت موجی در بخش فوقانی دارد (شکل ۲). در اغلب موارد، بخش عمده برش پایه و لنگر واژگونی ناشی از مایع سخت می‌باشد. حرکت سطح آزاد مایع در داخل

مخزن بر اساس مشخصات جرم مایع مواج تعیین می‌شود. محاسبه مشخصات مایع سخت و مایع مواج در روش بار جانبی معادل برای مخزن طبق بند ۱۲-۳ آن نشریه [2] انجام می‌شود.



شکل ۲ مایع سخت (Impulsive) و مواج (Convective)

۴-۵ طبقه‌بندی مخازن از دیدگاه اهمیت (کاربری و خطرزایی)

در نشریه ۰۳۸، مخازن به ۴ دسته از دیدگاه کاربری و خطرزایی تقسیم می‌شوند. این گروه‌ها شامل موارد زیر هستند:

گروه I: مخازن با اهمیت کم (که نیازی برای طراحی در برابر زلزله ندارند)

گروه II: مخازن با اهمیت معمولی (ضریب اهمیت $I = 1.0$)

گروه III: مخازن با اهمیت زیاد (ضریب اهمیت $I = 1.25$)

گروه IV: مخازن با اهمیت خیلی زیاد یا ضروری (ضریب اهمیت $I = 1.5$)

۴-۶ ترکیبات بارگذاری

در نشریه ۰۳۸، طراحی لرزه‌ای سازه به روش تنش مجاز و روش مقاومت، مجاز دانسته شده است. طبعا ترکیبات بارگذاری در این روش‌ها متفاوت خواهد بود. باید توجه کرد از آنجا که نرم‌افزار تهیه شده صرفا به منظور طراحی لرزه‌ای مخازن زمینی فولادی تهیه شده است، از روش طراحی تنش مجاز و ترکیبات بارگذاری بر اساس این روش مطابق فصل دوم نشریه ۰۳۸ استفاده می‌شود. دقت شود که ترکیب بارهای روش تنش مجاز طبق بند ۲-۱-۲ فصل دوم نشریه ۰۳۸ بدون اعمال ضریب ۰/۷ در بار زلزله منظور می‌گردد زیرا ضریب رفتار استفاده شده در محاسبات در این فصل برخلاف سایر فصول نشریه ۰۳۸، طبق روش تنش مجاز، و نه روش مقاومت، می‌باشد. در این ترکیب‌های بارگذاری لازم است اثر بار مایع، F، و اثر بار ناشی از فشار جانبی، H، نیز درنظر گرفته شود.

۴-۷ تحلیل لرزه‌ای مخازن به کمک روش بار جانبی معادل

در بند ۱۲-۳ نشریه ۰۳۸، روش بار جانبی معادل به منظور برآورد نیروهای لرزه‌ای وارد بر مخزن تشریح شده است. در این روش فقط یک مود ارتعاشی ناشی از جرم مایع سخت و یک مود ارتعاشی ناشی از جرم مایع مواج در نظر گرفته می‌شود. برای مایع سخت و مواج از میرایی ۵ درصد استفاده می‌شود. در صورت استفاده از طیف با نسبت میرایی ۰/۵ درصد، باید در محاسبه ضریب زلزله جرم مواج، به بند ۱۲-۳-۸ نشریه مراجعه نمود. برای هر مولفه نیرو یا تغییرشکل، آثار ناشی از حرکت جرم سخت (شامل جرم مایع سخت و جرم قسمت‌های جامد

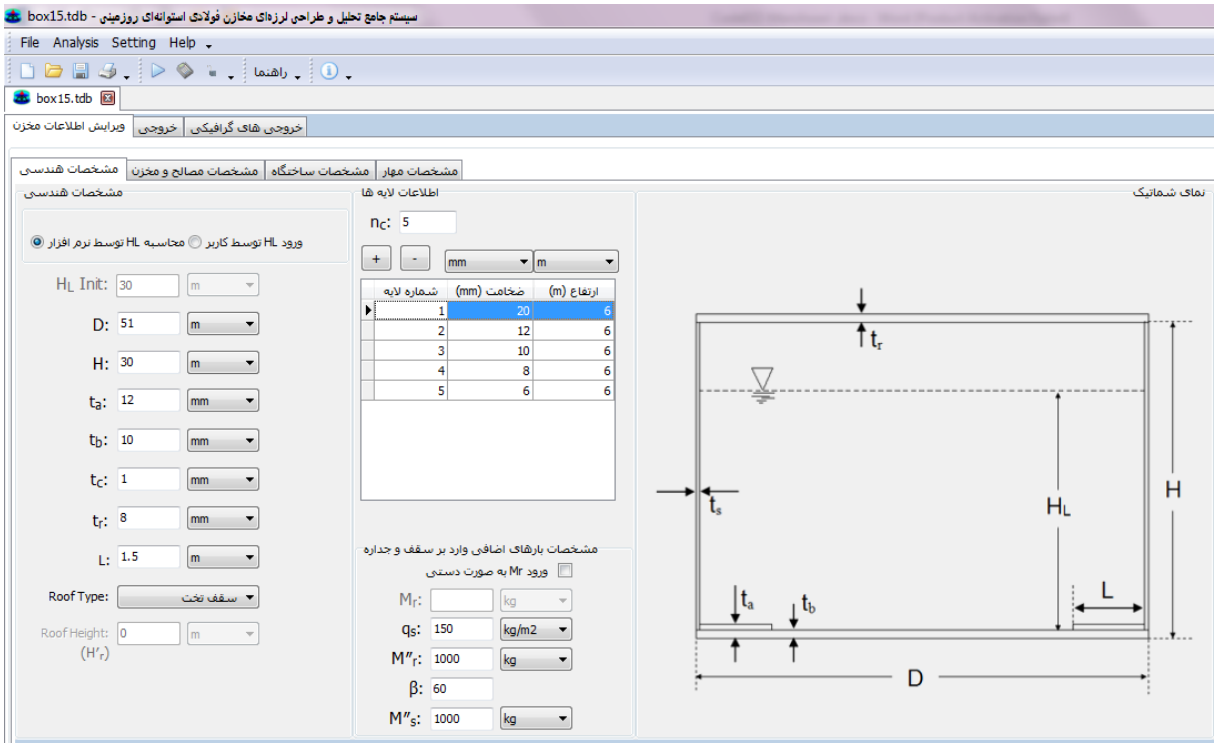
مخزن)، حرکت جرم مایع مواج و اثر مولفه‌ی قائم زلزله (در مواردی که منظورکردن مولفه‌ی قائم طبق بند ۱۲-۳-۱۰ آن نشریه ضروری است) به صورت جذر مجموع مربعات (SRSS) با یکدیگر ترکیب می‌شوند.

۵- منوی File

۵-۱ ساخت مدل جدید

۵-۱-۱ ملاحظات کلی

در این بخش، کاربر لازم است نامی برای پرونده مدل مد نظر طراحی خود به برنامه معرفی نماید. این پرونده با پسوند tdb ذخیره می‌شود. در ضمن آدرس محل ذخیره پرونده مدل در این بخش از کاربر پرسیده می‌شود. با انتخاب این گزینه صفحه‌ای مطابق شکل ۳ نمایش داده می‌شود.

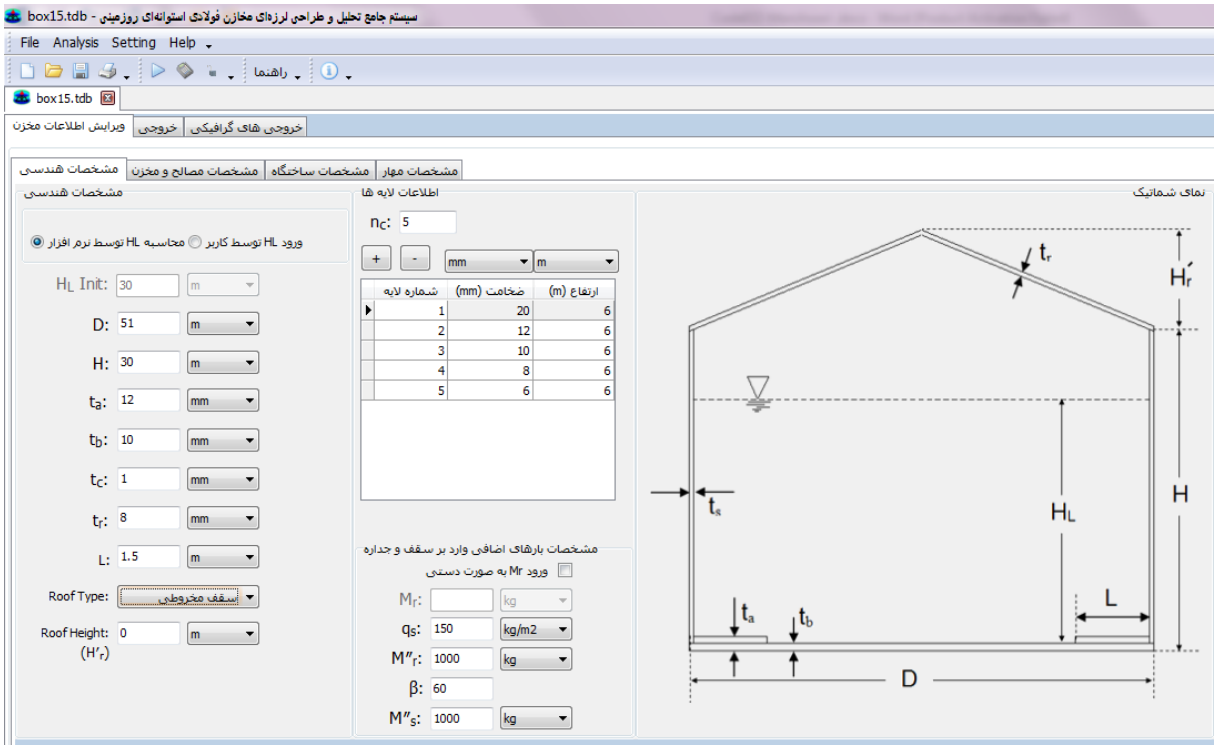


شکل ۳ صفحه ورود اطلاعات هندسی

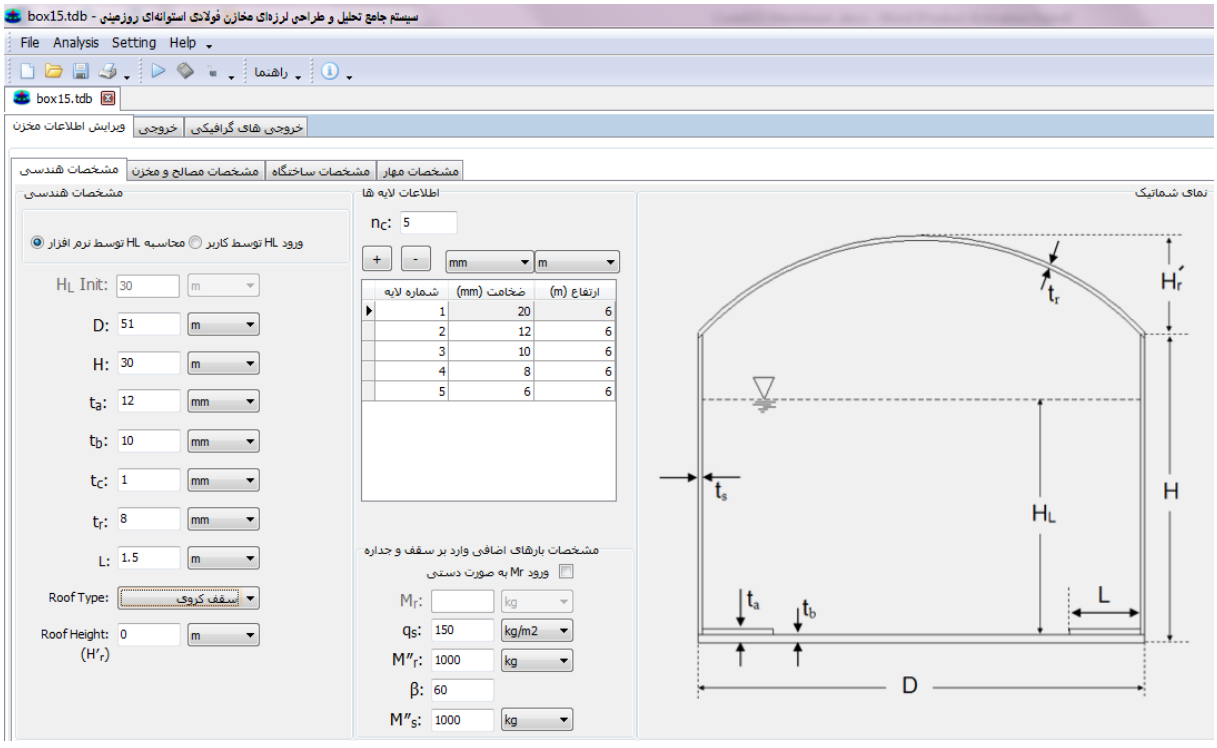
۵-۱-۲ معرفی مشخصات هندسی مخزن

۵-۱-۲-۱ کلیات

در این بخش، پارامترهای مورد نیاز منوی مشخصات هندسی مخزن معرفی می‌شود. در نرم‌افزار، این قابلیت وجود دارد که برای معرفی این پارامترها از واحدهای گوناگونی استفاده شود اما در این راهنما، واحدهای پیش‌فرض نشریه ۰۳۸ منظور گردیده است. لازم به ذکر است با نگهداشتن نشانگر ماوس روی هر سلول، تعریف مربوط به پارامتر توسط برنامه نمایش داده می‌شود. انتهای بخش معرفی مشخصات هندسی، انتخاب نوع سقف و ابعاد آن انجام می‌شود. در صورت انتخاب سقف از نوع مخروطی یا کروی، منظور از ارتفاع سقف، فاصله محل اتصال سقف به جداره از بالاترین نقطه سقف می‌باشد (شکل ۴ و ۵). در صورت انتخاب سقف از نوع شناور، جرم سقف در محاسبات جرم مایع سخت منظور نمی‌شود.



شکل ۴ انتخاب سقف از نوع مخروطی



شکل ۵ انتخاب سقف از نوع کروی

۵-۱-۲-۲ ارتفاع حداکثر مایع، H_L

ارتفاع حداکثر مایع برابر با تفاضل ارتفاع مخزن و فاصله آزاد می‌باشد. طبق بند ۱۲-۳-۱۲ نشریه ۰۳۸، برای گروه کاربری و خطرزایی III با $S_{DS} \geq 0.33$ و گروه کاربری و خطرزایی IV، لحاظ فاصله آزاد الزامی است مگر در صورتی که حداقل یکی از شروط تبصره ۱ آن بند برآورده شوند. ارتفاع مایع درون مخزن را می‌توان به دو روش دستی توسط کاربر و محاسبه توسط نرم‌افزار تعیین کرد. در هر دو روش، نرم‌افزار بدون توجه به روش انتخابی و نوع مخزن (مهارشده و مهارمکانیکی) و تنها با توجه به مشخصات هندسی، نوع سیال و مشخصات مکانیکی مصالحو همچنین گروه کاربری و اهمیت مخزن و نوع خاک و لرزه‌خیزی منطقه مورد نظر، دو محدوده ارتفاعی که یکی مربوط به ضوابط فاصله آزاد ($\mathrm{H_{L-FB}}$) و دیگری مربوط به ضوابط مهارشدگی برای مخازن خودمهار ($\mathrm{H_{L-AN}}$) است را محاسبه و برای ارائه در پیغام‌های متناسب با نتایج تحلیل ذخیره می‌نماید.

الف- ورود H_L به صورت دستی:

در این شرایط لازم است ارتفاع حداکثر مایع مورد نظر کاربر در سلول $\mathrm{H_L}$ وارد شود. در حالت مخزن دارای مهار مکانیکی و مخزن خودمهار، پیغام‌های متنوعی متناسب با نتایج تحلیل و مقادیر ارتفاع مایه وارده توسط کاربر، $\mathrm{H_L}$، و محدویت‌های ارتفاعی $\mathrm{H_{L-FB}}$ و $\mathrm{H_{L-AN}}$ به نمایش درمی‌آید که در بخش‌های آتی ارائه می‌شوند. چنانچه مقدار ورودی کاربر بیش از ارتفاع مخزن باشد، نرم‌افزار پیغام خطای مناسب نشان خواهد داد.

ب- محاسبه H_L توسط نرم‌افزار:

در این شرایط نرم‌افزار برای کنترل ارتفاع مخزن با محدوده‌های ارتفاعی مجاز، ارتفاع اولیه مایع را برابر ارتفاع کل مخزن فرض نموده و سایر محاسبات را مانند حالت الف انجام می‌دهد. در این حالت نرم‌افزار بیشینه ارتفاع ممکن مایع را به کاربر اعلام می‌نماید.

۵-۱-۲-۳ سایر پارامترهای هندسی مورد نیاز

لازم است تا کاربر پارامترهای هندسی موردنیاز برای تحلیل را به شرح زیر در سلول‌های مربوطه وارد نماید.

D: قطر اسمی مخزن (m)

H: ارتفاع مخزن (m)

t_a: ضخامت ورق حلقوی کف در زیر جداره کف بدون در نظر گرفتن اثر خوردگی (mm)

t_b: ضخامت ورق کف بدون در نظر گرفتن اثر خوردگی (mm)

t_c: ضخامت در نظر گرفته شده برای خوردگی (mm)

t_s: ضخامت ورق جداره در پایین‌ترین تراز جداره (mm)

t_r: ضخامت ورق سقف مخزن (mm)

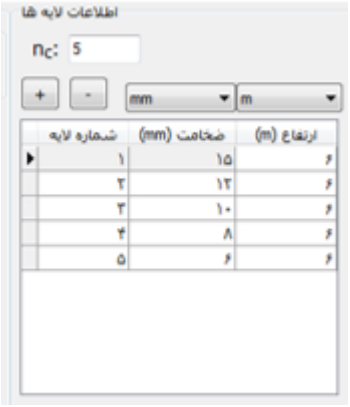
L: عرض ورق حلقوی زیر جداره مخزن (m)

Roof Type: نوع سقف مخزن که می‌تواند شامل سقف تخت، مخروطی و کروی باشد. دقت کنید که در وضعیت سقف شناور، وزن سقف در محاسبات وارد نمی‌شود و اصولا طراحی لرزه‌ای سقف مخزن خارج از گستره این نرم‌افزار است.

در صورتی که نوع سقف مخزن مخروطی یا کروی انتخاب شود، برای محاسبه وزن سقف و مرکز جرم آن که در تعیین لنگرهای واژگونی پای جداره و شالوده واجد اهمیت است، لازم است تا کاربر ارتفاع سقف را که برابر با فاصله بالاترین نقطه جداره تا بالاترین نقطه سقف است نیز در نرم‌افزار وارد نماید.

۵-۱-۲-۴ معرفی اطلاعات لایه‌های جداره مخزن

در این بخش، تعداد لایه‌های جداره مخزن به همراه ضخامت و ارتفاع هر لایه که قبلا طراحی شده است، توسط کاربر به منظور کنترل لرزه‌ای مخزن به برنامه اعلام می‌گردد. توجه شود که معرفی لایه‌ها باید از پایین به بالا صورت پذیرد به آن مفهوم که لایه شماره ۱، پایین‌ترین لایه است (شکل ۶). در صورت برابر نبودن تعداد لایه‌ها با تعداد معرفی شده و یا مجموع ارتفاع لایه‌ها با ارتفاع مخزن، نرم‌افزار این ناهمخوانی را زیر جدول اطلاعات لایه‌ها اعلام می‌نماید.



شکل ۶ معرفی مشخصات لایه‌های مخزن

۵-۱-۲-۵ معرفی بارهای اضافی وارد بر سقف و جداره مخزن

در این بخش، بارهای وارد بر مخزن توسط ۴ پارامتر باید به برنامه معرفی شود. طبق بند ۱۲-۳-۴ نشریه ۰۳۸ باید وزن ملحقات ثابت سقف و ۱۰ درصد بار برف به وزن سقف افزوده شود. چنانچه گزینه "ورود M_r به صورت دستی" فعال شود، فرض بر این است که کاربر جرم سقف و ملحقات ثابت آن را مستقیما وارد می‌نماید و نرم‌افزار برای تعیین جرم سقف محاسبه هندسی انجام نداده و جرم ملحقات ثابت را نیز به سقف اضافه نمی‌کند. در این حالت جعبه ورود جرم ملحقات ثابت سقف غیرفعال می‌شود، لیکن ۱۰ درصد بار برف که مقدار آن توسط کاربر وارد می‌شود، همچنان به جرم سقف افزوده خواهد شد. پارامترهای وارد شده در این بخش عبارتند از:

q_s: شدت بار برف روی سقف (kg/m^2).

$M_r^{"}$: جرم ملحقات ثابت سقف (kg). در محاسبه لنگرهای منتقله به کف، این عدد به جرم ورق سقف افزوده خواهد شد، مگر اینکه کاربر گزینه ورود M_r به صورت دستی را انتخاب نموده باشد.

β: بخشی از بار سقف که توسط جداره تحمل می‌شود (بر حسب درصد). وجود این پارامتر به این دلیل است که ممکن است همه بار سقف به جداره منتقل نشود و بخشی از آن از طریق ستون‌های تعبیه شده زیر سقف به شالوده منتقل گردد. در صورت عدم وجود ستون زیر سقف، این عدد باید ۱۰۰ انتخاب شود.

$M_s^{"}$: جرم ملحقات ثابت جداره (kg). در محاسبه جرم کل جداره، این عدد به وزن ورق جداره افزوده خواهد شد. باید به این نکته توجه داشت که در تعیین لنگرهای واژگونی، مقدار حاصل در ارتفاع مرکز جرم جداره مخزن ضرب می‌شود.

۵-۱-۳ معرفی مشخصات مصالح و نوع مخزن از دیدگاه سیستم سازه‌ای و کاربری

در این بخش، لازم است تا کاربر اطلاعات زیر را به برنامه معرفی نماید:

E: مدول ارتجاعی موثر مصالح جداره مخزن (MPa)

F_y: تنش تسلیم ورق حلقوی کف زیر جداره (MPa)

F_{ty}: تنش تسلیم نوار جداره (MPa)

F_{wy}: تنش تسلیم مصالح جوش ورق‌ها به یکدیگر (MPa)

σ_{all}: تنش مجاز ورق جداره که می‌تواند با استفاده از جدول 5.2 استاندارد API650 محاسبه شود (MPa). این اطلاعات در جدول ۱ و جدول ۲ آمده است. در این جداول از ستون Product Design Stress S_d می‌توان برای تعیین مقادیر تنش مجاز ورق جداره استفاده نمود.

ρ_L: جرم حجمی مایع (kg/m^3)

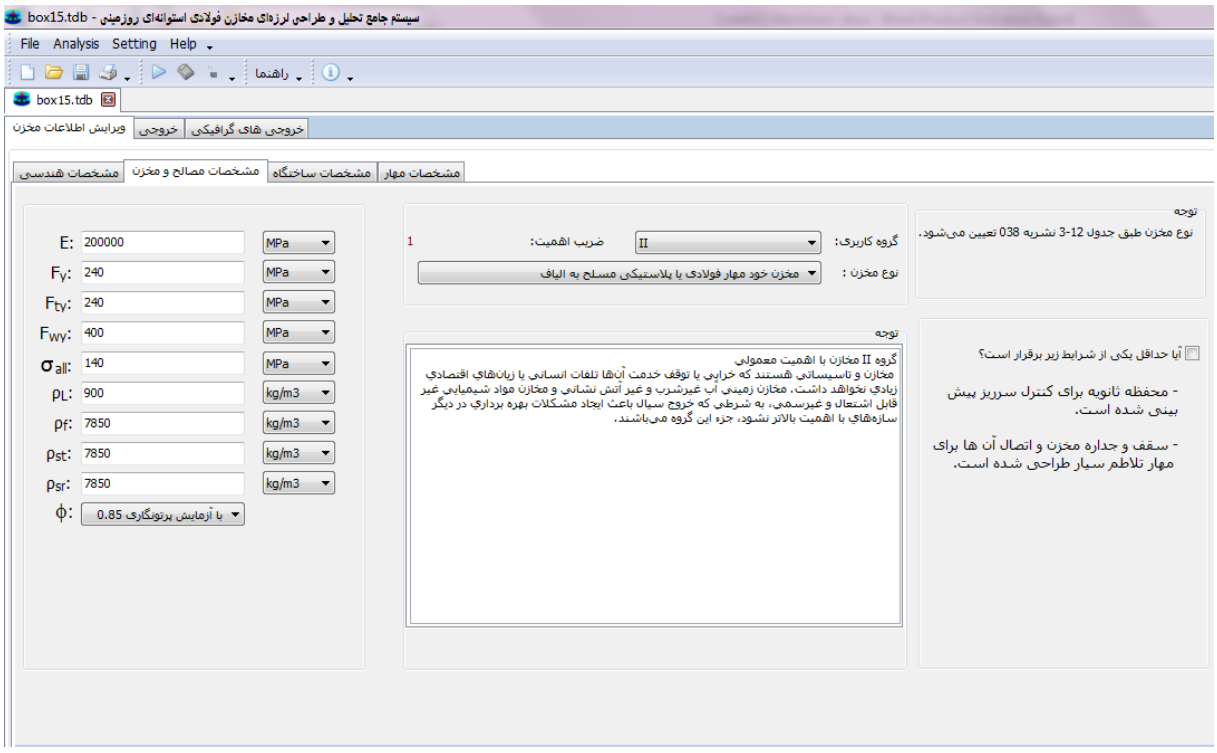
ρ_f: جرم حجمی ورق کف (kg/m^3)

ρ_{st}: جرم حجمی ورق جداره (kg/m^3)

ρ_{sr}: جرم حجمی ورق سقف (kg/m^3)

ϕ: ضریب کیفیت اتصال که برای وضعیت آزمون جوش به کمک پرتونگاری برابر با ۰/۸۵ و در غیر این صورت برابر با ۰/۷ می‌باشد.

- گروه کاربری و خطرزایی مخزن بر اساس اهمیت آن تعیین می‌شود. این گروه بر اساس جدول ۱۲-۱ نشریه ۰۳۸ تعیین می‌شود و مشخصات هر یک از گروه‌های چهارگانه وضریب اهمیت مربوطه با انتخاب گروه مورد نظر روی صفحه نمایش داده می‌شود. این طبقه‌بندی در جدول ۴ این راهنما نیز آمده است (شکل ۷).



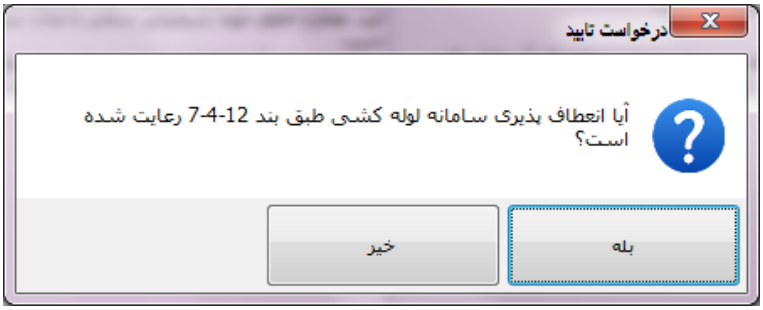
شکل ۷ نمای کلی پنجره انتخاب مشخصات مصالح و مخزن

- نوع مهار مخزن نیز در انتهای این بخش توسط کاربر تعریف می‌شود. لازم به تذکر است برای اینکه بتوان مخزن را خودمهار تلقی کرد، رعایت شروط بند ۱۲-۴-۱ الزامی است. برآورده شدن ۴ شرط ابتدایی به صورت تحلیلی محاسبه شده و در روند تحلیل مخزن نتایج آن وارد می‌شود. رعایت شرط پنجم (ضوابط

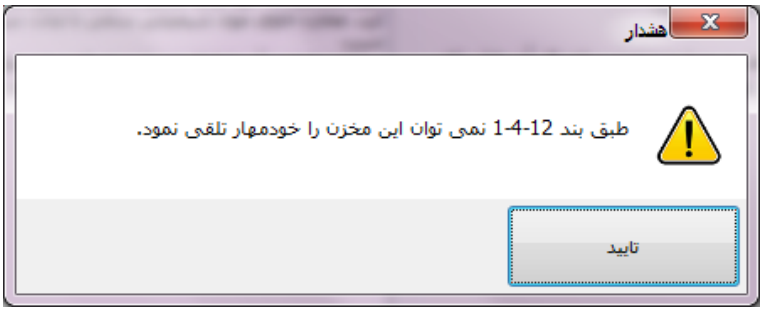
انعطاف‌پذیری لوله‌های متصل به مخزن) نیز صراحتا از کاربر پرسیده می‌شود و در صورت منفی بودن جواب کاربر، اجازه درنظر گرفتن مخزن به صورت خودمهار داده نمی‌شود (شکل ۸ و ۹). با انتخاب نوع مهارشدگی مخزن، ضرایب لرزه‌ای به صورت خودکار طبق جدول ۱۲-۳ نشریه ۰۳۸ اختصاص پیدا می‌کنند (جدول ۴). در نسخه فعلی نرم‌افزار، تنها دو ردیف ابتدایی جدول یاد شده قابل انتخاب و تخصیص می‌باشد.

- پرسش در خصوص برقراری حداقل یکی از شرایط زیر که در لزوم درنظر گرفتن فاصله آزاد (هواخور) تاثیرگذار است:
  - ✓ آیا محفظه ثانویه برای کنترل سرریز پیش‌بینی شده است؟
  - ✓ آیا سقف، جداره مخزن و اتصالات آنها برای مهار تلاطم سیال طراحی شده است؟

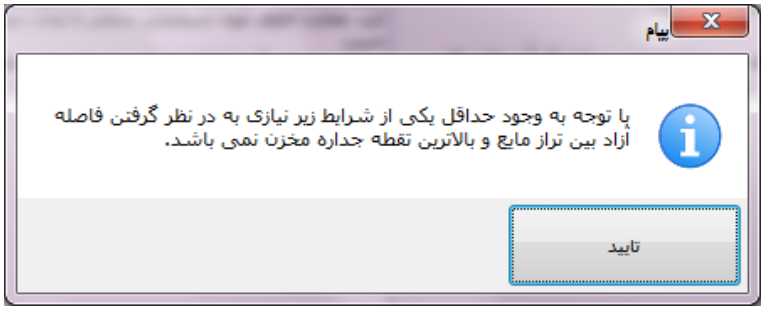
در صورت برقراری یکی از شرایط فوق، طبق بند ۱۲-۳-۱۲ نشریه ۰۳۸ نیاز به درنظر گرفتن فاصله آزاد نیست (شکل ۱۰)، لیکن کاربر می‌تواند بنا به صلاحدید، برای مخزن فاصله آزاد درنظر گیرد.



شکل ۸ پرسش درباره انعطاف‌پذیری سامانه لوله‌کشی متصل به مخزن



شکل ۹ اخطار عدم امکان لحاظ مخزن به صورت خودمهار



شکل ۱۰ اعلام عدم نیاز به درنظر گرفتن فاصله آزاد

جدول ۱ تنش تسلیم و نهایی ورق بر اساس استاندارد API650 مطابق با ورق‌های تولیدی ساخت ایالات متحده (ASTM)

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength MPa	Minimum Tensile Strength MPa	Product Design Stress S_d MPa	Hydrostatic Test Stress S_t MPa
ASTM Specifications						
A283M	C		205	380	137	154
A285M	C		205	380	137	154
A131M	A, B		235	400	157	171
A36M	—		250	400	160	171
A131M	EH 36		360	490[a]	196	210
A573M	400		220	400	147	165
A573M	450		240	450	160	180
A573M	485		290	485[a]	193	208
A516M	380		205	380	137	154
A516M	415		220	415	147	165
A516M	450		240	450	160	180
A516M	485		260	485	173	195
A662M	B		275	450	180	193
A662M	C		295	485[a]	194	208
A537M	1	$t \le 65$ $65 < t \le 100$	345 310	485[a] 450[b]	194 180	208 193
A537M	2	$t \le 65$ $65 < t \le 100$	415 380	550[a] 515[b]	220 206	236 221
A633M	C, D	$t \le 65$ $65 < t \le 100$	345 315	485[a] 450[b]	194 180	208 193
A678M	A		345	485[a]	194	208
A678M	B		415	550[a]	220	236
A737M	B		345	485[a]	194	208
A841M	Class 1		345	485[a]	194	208
A841M	Class 2		415	550[a]	220	236

جدول ۲ تنش تسلیم و نهایی ورق بر اساس استاندارد API650 مطابق با ورق‌های تولیدی خارج از ایالات متحده

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength MPa	Minimum Tensile Strength MPa	Product Design Stress S_d MPa	Hydrostatic Test Stress S_t MPa
CSA Specifications						
G40.21M	260W		260	410	164	176
G40.21M	260 WT		260	410	164	176
G40.21M	300W		300	440	176	189
G40.21M	300WT		300	440	176	189
G40.21M	350W		350	450	180	193
G40.21M	350WT	$t \le 65$	350	450[a]	180	193
		$65 < t \le 100$	320	450[a]	180	193
National Standards						
	235		235	365	137	154
	250		250	400	157	171
	275		275	430	167	184
ISO Specifications						
ISO 630	E275C, D	$t \le 16$	275	410	164	176
		$16 < t \le 40$	265	410	164	176
	E355C, D	$t \le 16$	355	490[a]	196	210
		$16 < t \le 40$	345	490[a]	196	210
		$40 < t \le 50$	335	490[a]	196	210
EN Specifications						
EN 10025	S 275J0, J2	$t \le 16$	275	410	164	176
		$16 < t \le 40$	265	410	164	176
	S 355J0, J2, K2	$t \le 16$	355	470[a]	188	201
		$16 < t \le 40$	345	470[a]	188	201
		$40 < t \le 50$	335	470[a]	188	201

[a] By agreement between the Purchaser and the Manufacturer, the tensile strength of ASTM A537M, Class 2, A678M, Grade B, and A841M, Class 2 materials may be increased to 585 MPa minimum and 690 MPa maximum. The tensile strength of the other listed materials may be increased to 515 MPa minimum and 620 MPa maximum. When this is done, the allowable stresses shall be determined as stated in 5.6.2.1 and 5.6.2.2.

[b] By agreement between the Purchaser and the Manufacturer, the tensile strength of ASTM A537M, Class 2 materials may be increased to 550 MPa minimum and 690 MPa maximum. The tensile strength of the other listed materials may be increased to 485 MPa minimum and 620 MPa maximum. When this is done, the allowable stresses shall be determined as stated in 5.6.2.1 and 5.6.2.2.

جدول ۳ ضریب اهمیت مخازن

گروه کاربری و خطرزایی	ضریب اهمیت، I
II	۱/۰
III	۱/۲۵
IV	۱/۵

جدول ۴ پارامترهای لرزه‌ای مخازن زمینی بر اساس نوع مخزن

نوع مخزن	R_w	R_u	R_u	C_d
مخزن فولادی یا پلاستیکی مسلح به الیاف با مهار مکانیکی	۴	۳	۲	۲/۵
مخزن خودمهار فولادی یا پلاستیکی مسلح به الیاف	۳/۵	۲/۵	۲	۲
مخزن بتن مسلح یا پیش تنیده‌ی غیرلغزان روی کف	-	۲	۲	۲
مخزن بتن مسلح یا پیش‌تنیده با جداره‌ی مهارشده به کف ولی با امکان لغزش	-	۳/۲۵	۲	۲
مخزن بتن مسلح یا پیش تنیده با جداره‌ی مهار و مقید نشده به کف با امکان لغزش	-	۱/۵	۱/۵	۱/۵
انواع دیگر مخزن	-	۱/۵	۱/۵	۱/۵

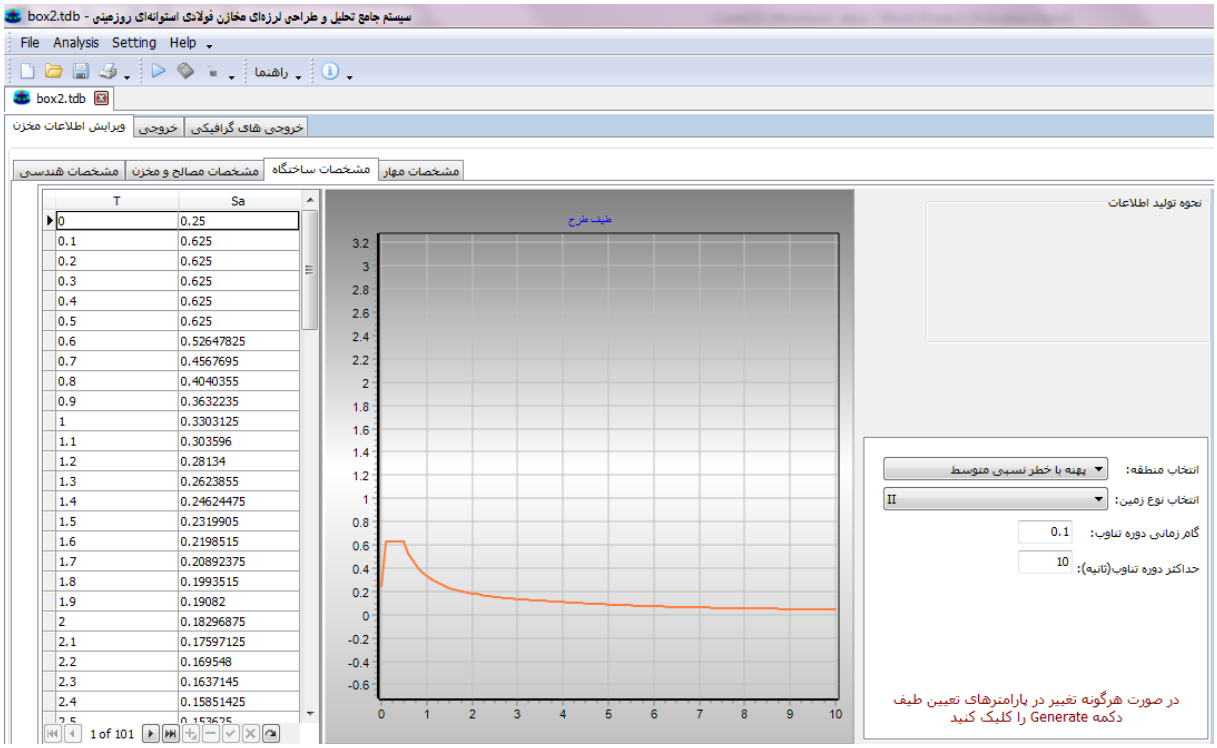
۵-۱-۴ معرفی مشخصات ساختگاه

در این بخش، کاربر سه گزینه پیش‌رو دارد که در ادامه تشریح خواهد شد.

۵-۱-۴-۱ محاسبه طیف بر اساس استاندارد ۲۸۰۰

با فعال سازی این گزینه پنجره‌ای فعال می‌شود که مربوط به معرفی مشخصات مورد نیاز برای تعریف طیف استاندارد ۲۸۰۰ [4] می‌باشد.

در سطر اول پنجره می‌توان منطقه مورد نظر را بر اساس خطر لرزه‌ای نسبی انتخاب نمود. در سطر دوم انتخاب نوع زمین صورت می‌گیرد. پس از این مرحله گام‌های زمانی دوره تناوب برای محاسبه مقادیر دوره تناوب مشخص می‌شود. پیش‌فرض برنامه در این بخش ۰/۱ ثانیه است. در ادامه لازم است حداکثر زمان تناوب مورد نظر کاربر برای محاسبه مقادیر طیفی انتخاب شود. پیش فرض برنامه در این مورد ۱۰ ثانیه است. پس از تکمیل اطلاعات، لازم است کلید generate فشرده شود تا برنامه طیف را تولید کند. در پایان این مرحله، شکل طیف ترسیم می‌گردد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ طیف طرح طبق استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴

۵-۱-۴-۲ ورود مقادیر از طریق فایل خارجی

در صورتی که کاربر تمایل به وارد کردن طیف از طریق فایل ورودی داشته باشد، لازم است این گزینه را فعال نماید. با فعال‌سازی این گزینه پنجره‌ای برای معرفی و تنظیم اطلاعات مورد نیاز باز می‌شود. فایل ورودی می‌تواند تک یا دو ستونی باشد. در صورت تک‌ستونی بودن، باید گام زمانی داده‌ها نیز توسط کاربر وارد شود. لازم است کاربر تعداد سطرهای ابتدایی فایل ورودی که نباید توسط نرم‌افزار خوانده شود را معرفی کند. فایل ورودی باید از نوع متنی با پسوند txt باشد. موقعیت این فایل از طریق کلید browse به برنامه معرفی می‌شود. همچنین جنس داده‌های ورودی باید از نوع شتاب و بر حسب g (شتاب ثقل) باشد.

۵-۱-۴-۳ ورود دستی مقادیر طیف توسط کاربر

با فعال نمودن این بخش، جدول دو ستون سمت چپ صفحه فعال می‌شود و کاربر می‌تواند مقادیر زمان تناوب و شتاب طیفی را به صورت دستی وارد نماید. همچنین جنس داده‌های ورودی باید از نوع شتاب و بر حسب g (شتاب ثقل) باشد.

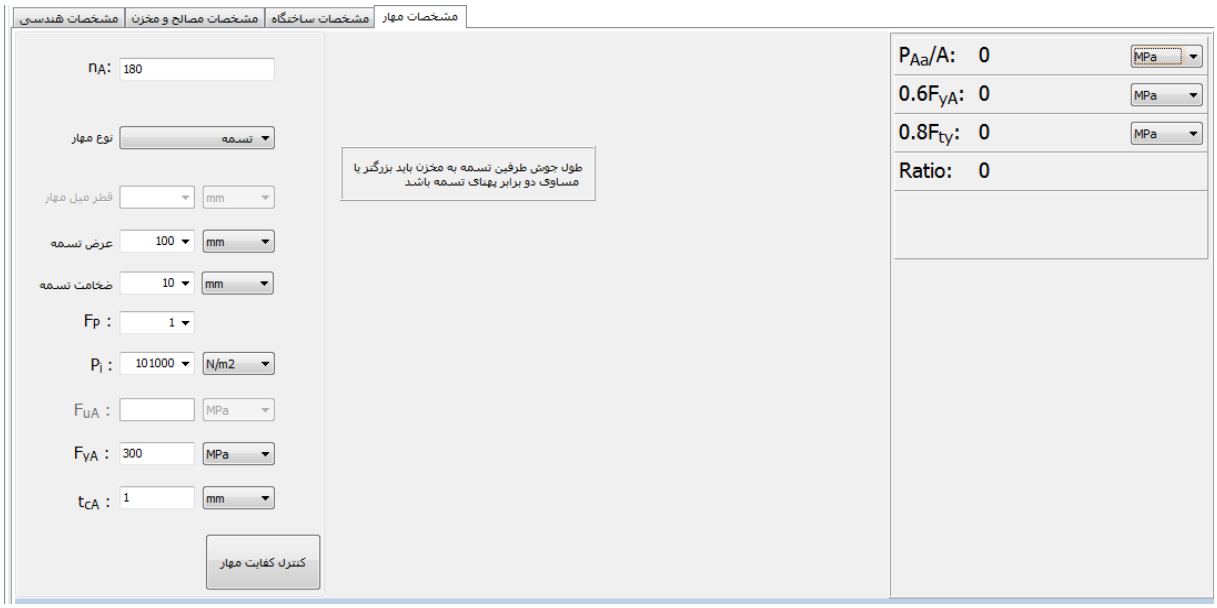
۵-۱-۴-۴ ورود طیف با نسبت میرایی ۰/۵ درصد

در برخی پروژه‌ها، برای تعیین ضریب زلزله جرم مواج از طیف با نسبت میرایی ۰/۵ درصد استفاده می‌شود که در این صورت ضریب ۱/۵ موجود در صورت کسر رابطه ۱۲-۱۶ در بند ۱۲-۳-۸ نشریه ۰۳۸ حذف خواهد شد. چنانچه کاربر تمایل به ورود داده‌های شتاب طیفی با میرایی ۰/۵ درصد داشته باشد، با انتخاب این گزینه، امکان ورود به صفحه دیگری برای ورود طیف با دو صورت خواندن از فایل یا ورود توسط کاربر فراهم می‌شود. در انتخاب این گزینه باید دقت لازم صورت گیرد زیرا چنانچه پس از انتخاب آن طیف با میرایی ۰/۵ درصد به

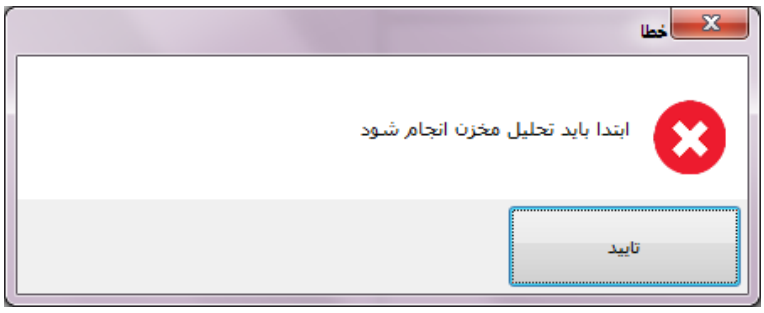
صورت صحیح معرفی نگردد، شتاب زلزله ناشی از مایع مواج و نیروها و لنگرهای ناشی از آن صفر درنظر گرفته خواهند شد.

۵-۱-۵ مشخصات مهار در مخازن دارای مهار

در صورتی که مخزن با مهار مکانیکی تعریف شده باشد، منوهای صفحه مشخصات مهار فعال می‌گردد (شکل ۱۲). به بیان دیگر تنها در حالت مهار شده بودن مخزن این منوها فعال است. در این حالت تعداد مهارها در بخش n_A معرفی می‌شود. نوع مخزن و نوع مهار از منوهای این بخش قابل تعیین است. بسته به نوع مخزن و نوع مهار، سایر اطلاعات مورد نیاز این صفحه فعال یا غیرفعال می‌شود. کنترل کفایت مهار تنها موقعی قابل انجام است که عملیات تحلیل انجام شده باشد (شکل ۱۳۱۳).



شکل ۱۲ صفحه معرفی مشخصات مهار در صورت انتخاب مخزن از نوع مهار مکانیکی

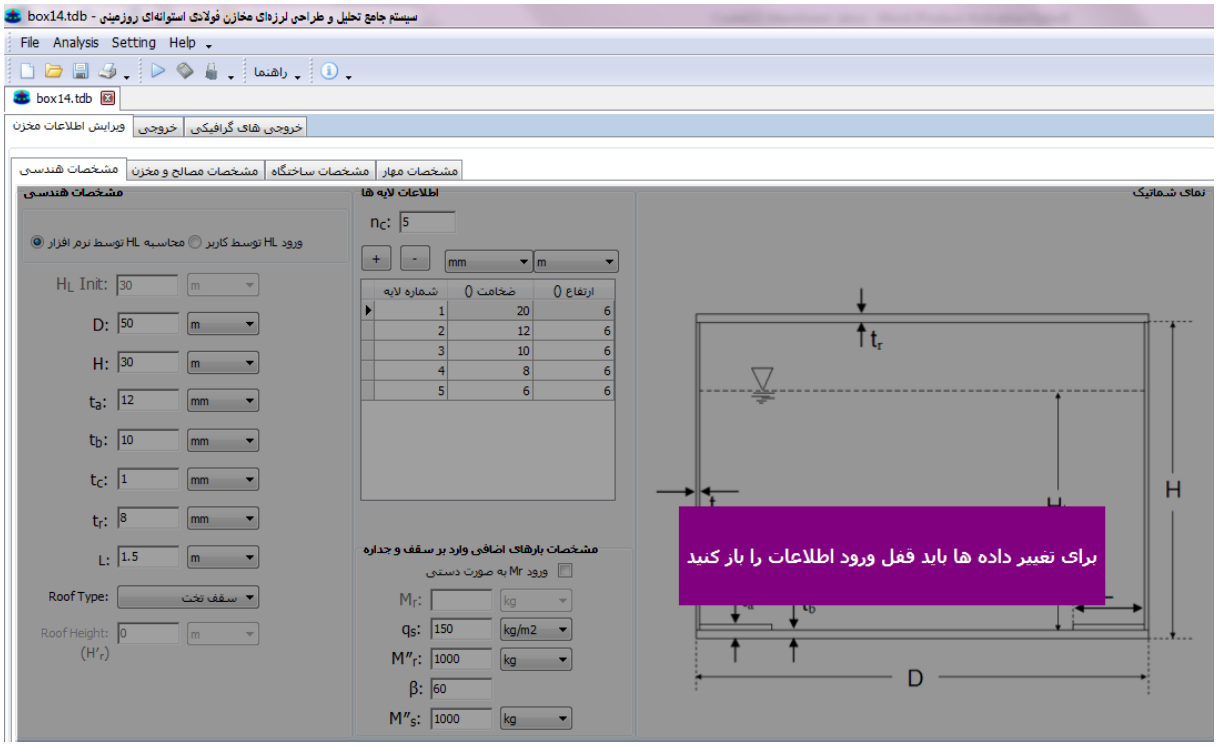


شکل ۱۳ اعلام خطای برنامه در صورتی که قبل از عملیات تحلیل، کاربر تقاضای کنترل کفایت مهار را داشته باشد

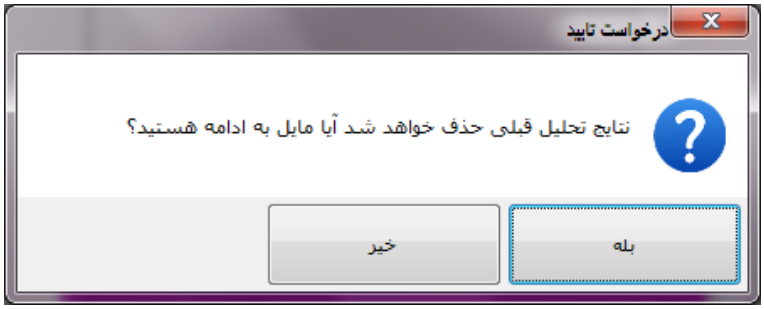
۵-۲ بازآوری مدل موجود

چنانچه قبلا پرونده‌ای برای مدل ایجاد شده باشد، کاربر می‌تواند با فراخوانی آن، اطلاعات موجود در آن را بروزرسانی نماید و به آنها دسترسی پیدا کند. اگر برای پرونده مورد نظر عملیات تحلیل انجام شده باشد، به

منظور ویرایش مقادیر ورودی لازم است تا کاربر قفل پرونده را باز کند (شکل ۱۴). در این صورت پیغام هشداری مبنی بر حذف نتایج تحلیل نشان داده خواهد شد (شکل ۱۵).



شکل ۱۴ اعلام نیاز به باز کردن قفل پرونده در صورت درخواست تغییر داده‌های ورودی



شکل ۱۵ پیغام هشدار حذف داده‌های ناشی از تحلیل در صورت باز کردن قفل

۵-۳ ذخیره

پس از ارائه اطلاعات لازم به برنامه، کاربر با استفاده از این دکمه، در هر مرحله از کار با نرم‌افزار، قادر به ذخیره اطلاعات ورودی و خروجی خواهد بود.

۵-۴ ذخیره با عنوان

کاربر قادر است فایل باز شده را با عنوان دیگر و در مسیر دلخواه ذخیره نماید. این امکان برای زمانی که کاربر تمایل دارد یک مخزن را به روش‌های گوناگون از جمله با مهارمکانیکی و خودمهار کنترل و نتیجه را مقایسه نماید کاربرد دارد.

۵-۵ فایل‌های اخیر

در این بخش، کاربر قادر است تا به فهرست آخرین پرونده مدل‌های ایجاد شده در گذشته دسترسی یابد.

۵-۶ گزارش

پس از ارائه اطلاعات ورودی، انجام تحلیل و گرفتن خروجی از برنامه، نرم‌افزار قادر است گزارشی از مراحل مذکور در قالب PDF ارائه نماید. در نسخه پیش رو این امکان فعال نشده است و در نسخه‌های آتی تهیه گزارش نیز به نرم‌افزار افزوده خواهد شد.

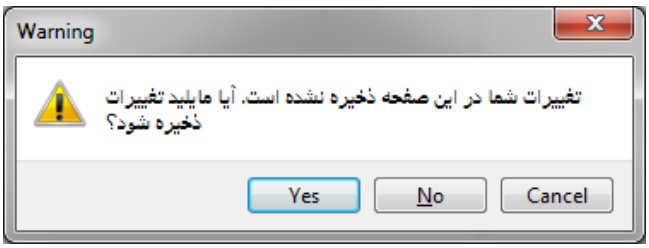
۵-۷ ارسال خروجی به اکسل

در صورت انتخاب این گزینه، پنجره‌ای باز شده (شکل ۱۶) و از کاربر تقاضا می‌شود مواردی از پارامترهای ورودی یا خروجی که درخواست ارسال اطلاعات آنها به فایلی با قالب نرم‌افزار صفحه گسترده اکسل را دارد انتخاب نماید و پس از تایید ، این فایل ایجاد شده و توسط کاربر قابل رویت و استفاده است. پیشنهاد می‌شود پس از ایجاد فایل اکسل، کاربر نسبت به ذخیره آن در مسیر انتخابی خود اقدام نماید.

شکل ۱۶ پنجره انتخاب اطلاعات ارسالی به اکسل

۵-۸ خروج

با انتخاب این دگمه، کاربر از محیط برنامه خارج می‌شود. اگر نرم‌افزار اجرا نشده باشد یا تغییرات ذخیره نشده باشد، نرم‌افزار پیغام هشداری مبنی بر لزوم ذخیره تغییرات ارسال می‌کند (شکل ۱۷)



شکل ۱۷ پیغام هشدار مبنی بر لزوم ذخیره تغییرات

۶- منوی Analysis

در این منو دو انتخاب تحلیل مخزن و تحلیل مهار دیده می‌شوند. چنانچه مخزن از نوع خودمهار انتخاب و با همین انتخاب تحلیل تا انتها انجام شود، انتخاب تحلیل مهار غیرفعال خواهد بود.

۶-۱ تحلیل مخزن

با توجه به موارد گفته شده در بند ۴، تحلیل مخزن بر اساس ضوابط ارائه شده در ویرایش سوم نشریه ۰۳۸ انجام می‌شود. در این بخش به منطق طراحی و کنترل مخزن از منظر ارتفاع مایع و تنش موجود در جداره و پای مخزن پرداخته می‌شود.

۶-۱-۱ تعیین ارتفاع مایع

بدون توجه به مقادیر تنش جداره و پای مخزن، ضوابط تعیین‌کننده بیشینه ارتفاع مایعی که می‌توان در مخزن ریخت عبارتند از ضوابط مربوط به فاصله آزاد و ضوابط مربوط به مهارشدگی. در ابتدای اجرای برنامه، با توجه به مشخصات هندسی، مشخصات مکانیکی مصالح، ویژگی‌های سیال، پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای و نوع خاک و در نهایت گروه کاربری و خطرزایی مخزن، نرم‌افزار دو محدوده ارتفاعی با نام $H_{L\text{-}FB}$ و $H_{L\text{-}AN}$ برای این دو ضابطه محاسبه می‌کند. اگرچه کاربر می‌تواند نوع مخزن را با مهار مکانیکی انتخاب نماید و دیگر محدودیت ارتفاع از منظر مهارشدگی شامل حال مخزن نشود، لیکن نرم‌افزار محاسبه $H_{L\text{-}AN}$ را نیز انجام می‌دهد تا بتواند با مقایسه مقادیر ارتفاعی، پیغام مناسب به کاربر داده و قدرت انتخاب او را بالا ببرد.

ارتفاع مایع درون مخزن، H_L، با دو روش ورود توسط کاربر و محاسبه توسط نرم‌افزار قابل تخصیص است. تفاوت این دو روش طی توضیحاتی که در ادامه ذکر می‌شوند مشخص خواهد شد.

همچنین با توجه به اینکه نوع مخزن توسط کاربر خودمهار یا دارای مهار مکانیکی انتخاب شده باشد، روش تحلیل و پاسخ نرم‌افزار متفاوت است که به تفصیل بیان خواهد شد.

۶-۱-۱-۱ ورود ارتفاع مایع توسط کاربر

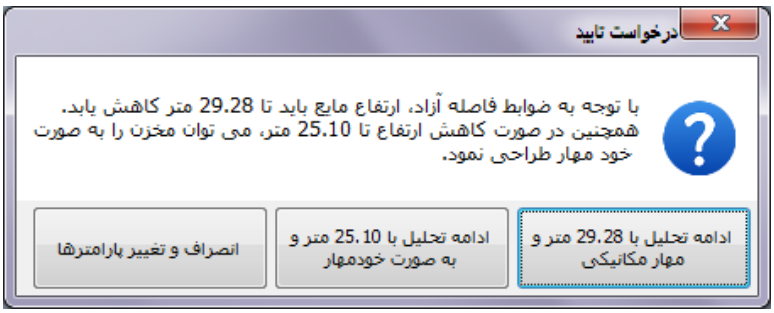
۶-۱-۱-۱-۱ مخزن دارای مهار مکانیکی

حالاتی که امکان رخ دادن دارند بر حسب ارتباط بین سه مقدار H_L، $H_{L\text{-}FB}$ و $H_{L\text{-}AN}$ عبارتند از:

حالت اول: $H_{L-AN} \le H_{L-FB} \le H_L$.

مثال: H_L=30m, $H_{L\text{-}FB}$=29.28m, $H_{L\text{-}AN}$=25.10m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۱۸ خواهد بود:



شکل ۱۸ حالت اول ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن دارای مهار مکانیکی

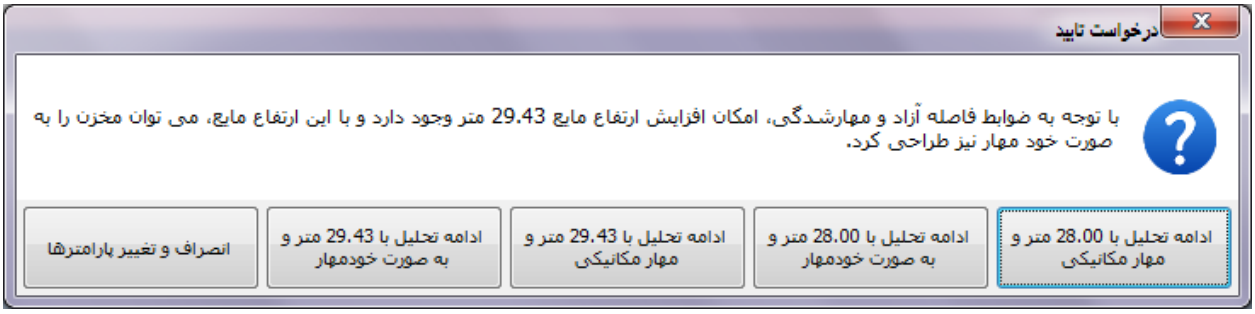
مشاهده می‌شود که مقدار ارتفاع مایع بر اساس محدودیت فاصله آزاد، حاکم شده است و باید ارتفاع مایع نسبت به انتخاب کاربر کاهش داده شود. همچنین اگرچه کاربر نوع مخزن را با مهار مکانیکی عنوان کرده اما نرم‌افزار با انجام محاسبه H_{L-AN}، این امکان را به کاربر می‌دهد که با قبول ارتفاع کمتر مایع در مخزن، نوع مخزن را به خودمهار تغییر داده و احتمالا هزینه‌های تعبیه مهار را حذف نماید. همچنین کاربر می‌تواند هیچیک از دو گزینه را انتخاب نکرده و با تغییر در پارامترهای ورودی مانند ابعاد هندسی، مجددا اقدام بر تحلیل مخزن کند.

یادآوری می‌شود که در این مرحله ضوابط کنترل تنش جداره و پای مخزن هنوز محاسبه و اعمال نشده‌اند و ممکن است بر اساس آنها کاربر ناچار به کاهش ارتفاع مایع علیرغم برآوردن ضوابط فاصله آزاد و مهارشدگی شود.

حالت دوم: $H_L \le H_{L-FB} \le H_{L-AN}$.

مثال: H_L=28m, H_{L-FB}=29.43m, H_{L-AN}=29.80m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۱۹ خواهد بود:



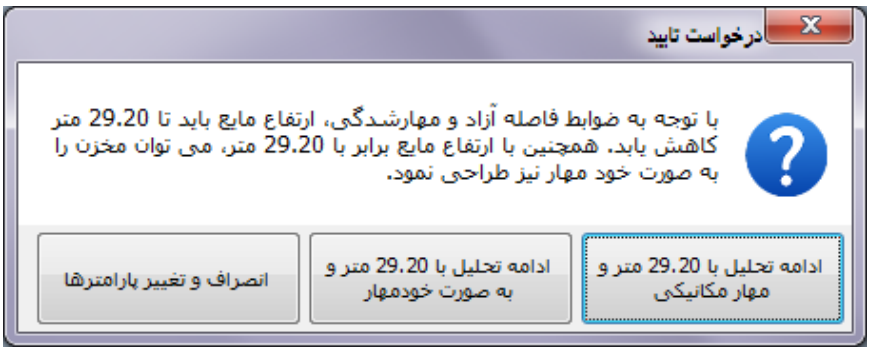
شکل ۱۹ حالت دوم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن دارای مهار مکانیکی (اصلاح جعبه پیغام)

مشاهده می‌شود که مقدار ارتفاع مایع بر اساس محدودیت فاصله آزاد، حاکم شده است و کاربر می‌تواند ارتفاع مایع را نسبت به انتخاب خود افزایش دهد. همچنین کاربر می‌تواند با ارتفاع انتخاب خود و حتی با ارتفاع افزایش یافته بر اساس محدودیت فاصله آزاد، نوع مخزن را خودمهار نیز انتخاب کند و احتمالا هزینه‌های تعبیه مهار را حذف نماید.

حالت سوم: $H_{L-FB} \le H_L \le H_{L-AN}$ یا $H_{L-FB} \le H_{L-AN} \le H_L$

مثال: H_L=30m, H_{L-FB}=29.20m, H_{L-AN}=29.80m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۰ خواهد بود:



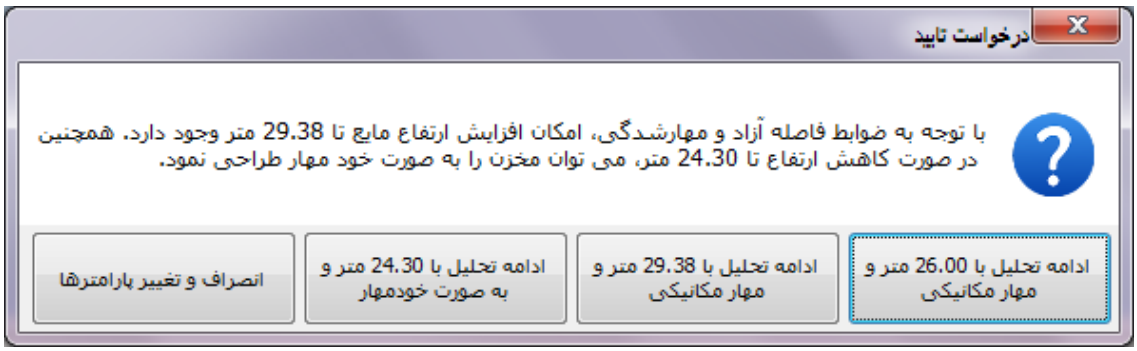
شکل ۲۰ حالت سوم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن دارای مهار مکانیکی

چون در این حالت مقدار ارتفاع مایع بر اساس محدودیت فاصله آزاد، حاکم شده است، کاربر باید ارتفاع مایع را نسبت به انتخاب خود کاهش دهد. همچنین کاربر می‌تواند با ارتفاع کاهش یافته بر اساس محدودیت فاصله آزاد، نوع مخزن را خودمهار نیز انتخاب کند و احتمالا هزینه‌های تعبیه مهار را حذف نماید.

حالت چهارم: $H_{L-AN} \leq H_L \leq H_{L-FB}$

مثال: H_L=26m, H_{L-FB}=29.38m, H_{L-AN}=24.30m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۱ خواهد بود:



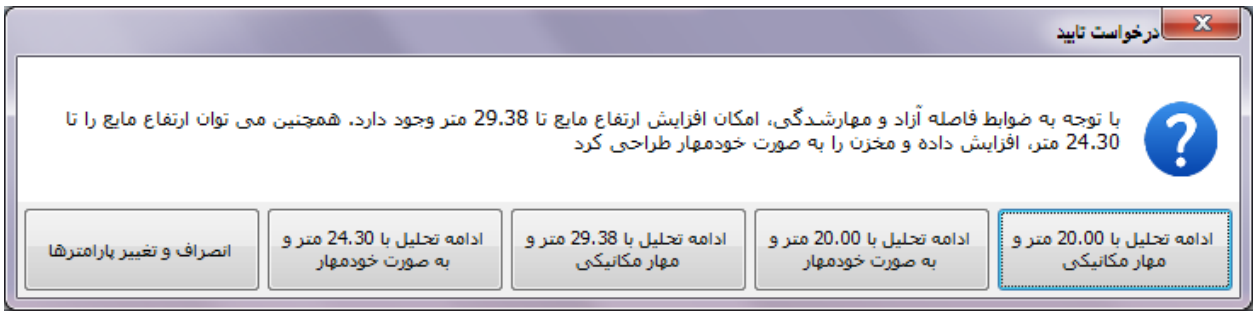
شکل ۲۱ حالت چهارم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن دارای مهار مکانیکی

در این حالت کاربر می‌تواند ارتفاع مایع را تا محدوده ناشی از فاصله آزاد افزایش دهد اما همزمان می‌تواند با کاهش ارتفاع تا محدوده ناشی از مهارشدگی، نوع مخزن را خودمهار انتخاب کند و احتمالا هزینه‌های تعبیه مهار را حذف نماید.

حالت پنجم: $H_L \leq H_{L-AN} \leq H_{L-FB}$

مثال: H_L=20m, H_{L-FB}=29.38m, H_{L-AN}=24.30m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۲ خواهد بود.



شکل ۲۲ حالت پنجم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن دارای مهار مکانیکی

در این حالت کاربر می‌تواند ارتفاع مایع را تا محدوده ناشی از فاصله آزاد افزایش دهد اما می‌تواند با افزایش کوچکتری تا محدوده ناشی از مهارشدگی، نوع مخزن را خودمهار انتخاب کند و احتمالا هزینه‌های تعبیه مهار را حذف نماید.

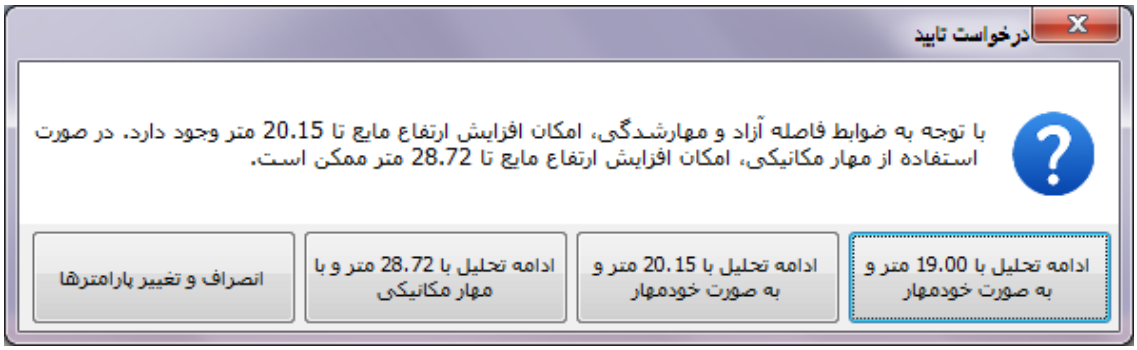
۶-۱-۱-۱-۲ مخزن خودمهار

حالاتی که امکان رخ دادن دارند بر حسب ارتباط بین سه مقدار H_L، H_{L-FB} و H_{L-AN} عبارتند از:

حالت اول: $H_L \leq H_{L-AN} \leq H_{L-FB}$.

مثال: H_L=19m, H_{L-FB}=28.72m, H_{L-AN}=20.15m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۳ خواهد بود.



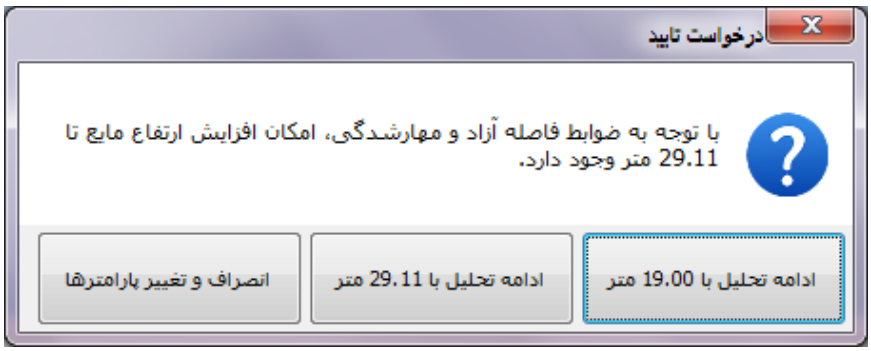
شکل ۲۳ حالت اول ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن خودمهار

مشاهده می‌شود که مقدار ارتفاع مایع بر اساس محدودیت مهارشدگی، حاکم شده است و می‌توان ارتفاع مایع را نسبت به انتخاب اولیه افزایش داد، و حتی چنانچه کاربر نوع مخزن را از خودمهار به مهار مکانیکی تغییر دهد، می‌توان این ارتفاع را افزایش بیشتری داد.

حالت دوم: $H_L \leq H_{L-FB} \leq H_{L-AN}$.

مثال: H_L=28m, H_{L-FB}=29.11m, H_{L-AN}=29.80m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۴ خواهد بود.



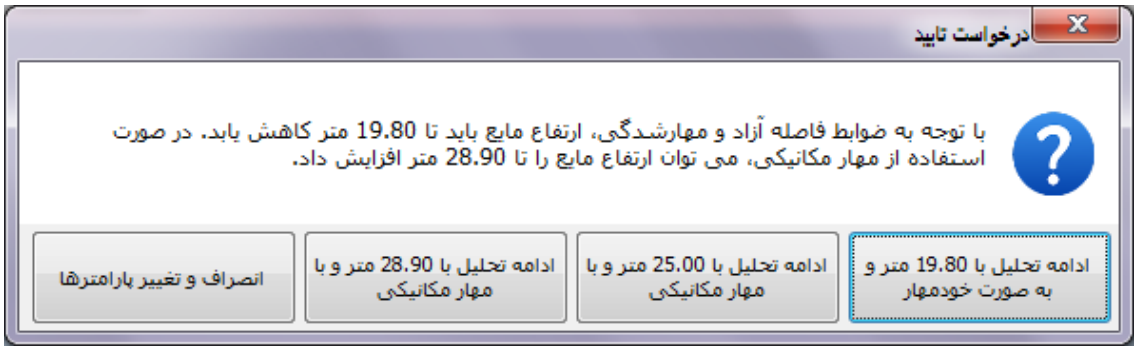
شکل ۲۴ حالت دوم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن خودمهار

مشاهده می‌شود که مقدار ارتفاع مایع بر اساس محدودیت فاصله آزاد، حاکم شده است و کاربر می‌تواند ارتفاع مایع را نسبت به انتخاب خود افزایش دهد، لیکن با تغییر نوع مخزن به مهار مکانیکی دیگر امکان افزایش ارتفاع مایع وجود ندارد.

حالت سوم: $H_{L-AN} \le H_L \le H_{L-FB}$

مثال: H_L=25m, H_{L-FB}=28.90m, H_{L-AN}=19.80m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۵ خواهد بود.



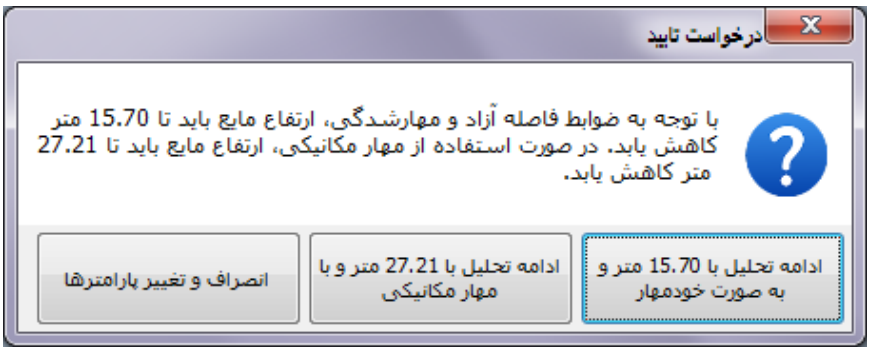
شکل ۲۵ حالت سوم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن خودمهار

در این حالت مقدار ارتفاع مایع بر اساس مهارشدگی حاکم شده است و کاربر باید ارتفاع مایع را نسبت به انتخاب خود کاهش دهد لیکن چنانچه کاربر نوع مخزن را به مهار مکانیکی تغییر دهد، می‌تواند ارتفاع مایع را حتی نسبت به انتخاب اولیه خود افزایش نیز دهد.

حالت چهارم: $H_{L-AN} \le H_{L-FB} \le H_L$

مثال: H_L=29m, H_{L-FB}=27.21m, H_{L-AN}=15.70m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۶ خواهد بود:



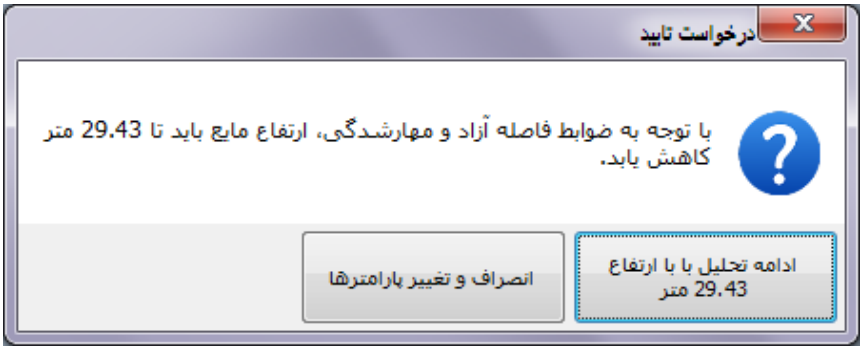
شکل ۲۶ حالت چهارم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن خودمهار

در این حالت محدودیت ناشی از ضوابط مهارشدگی حاکم شده است، اما با برداشتن این محدودیت یعنی تبدیل نوع مخزن به مهار مکانیکی، محدودیت ضوابط فاصله آزاد حاکم می‌شود. در هر دو صورت کاربر ناچار به کاهش ارتفاع نسبت به ارتفاع اولیه ورودی است.

حالت پنجم: $H_{L-FB} \le H_L \le H_{L-AN}$ یا $H_{L-FB} \le H_{L-AN} \le H_L$

مثال: H_L=29.90m, H_{L-FB}=29.43m, H_{L-AN}=29.50m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۷ خواهد بود.



شکل ۲۷ حالت پنجم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن خودمهار

در این حالت محدودیت فاصله آزاد حاکم شده است و حتی با تغییر نوع مهارشدگی از خودمهار به مهار مکانیکی، امکان افزایش ارتفاع مایع وجود ندارد.

۶-۱-۱-۲ محاسبه ارتفاع مایع توسط نرم‌افزار

در صورت انتخاب این گزینه، جعبه ورود ارتفاع مایع غیرفعال شده و نرم‌افزار با محاسبه محدوده‌های ارتفاعی بر اساس فاصله آزاد و مهارشدگی و درنظر گرفتن ارتفاع مخزن، ارتفاع مناسب را به کاربر پیشنهاد می‌دهد و بر اساس انتخاب کاربر، ادامه تحلیل و طراحی انجام می‌شود.

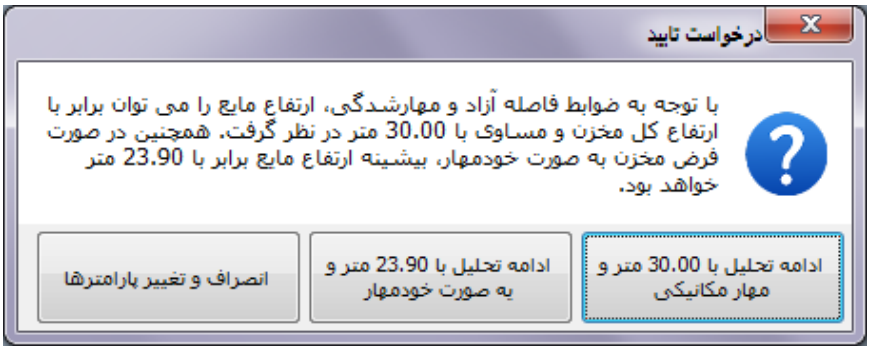
۶-۱-۱-۲-۱ مخزن دارای مهار مکانیکی

حالاتی که امکان رخ دادن دارند بر حسب ارتباط بین سه مقدار H، H_{L-FB} و H_{L-AN} عبارتند از:

حالت اول: $H_L = H = H_{L-FB} > H_{L-AN}$.

مثال: $H=30m, H_{L-FB}=30m, H_{L-AN}=23.90m$

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۸ خواهد بود.



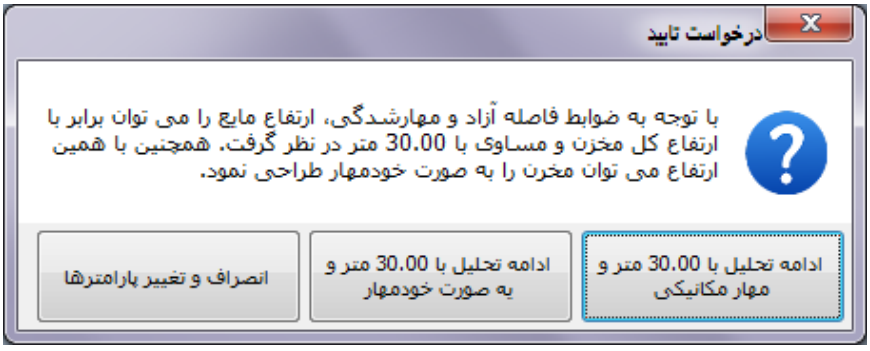
شکل ۲۸ حالت اول محاسبه ارتفاع توسط نرم‌افزار – مخزن دارای مهار مکانیکی

در این حالت و در صورت باقی ماندن بر فرض مخزن دارای مهار مکانیکی، ضوابط فاصله آزاد اجازه می‌دهد که کل ارتفاع مخزن پر از مایع شود. اما نرم‌افزار پیشنهاد ارتفاع کمتری با فرض خودمهار بودن مخزن را نیز به کاربر می‌دهد.

حالت دوم: $H_L = H = H_{L-AN} = H_{L-FB}$

مثال: $H=30m, H_{L-FB}=30m, H_{L-AN}=30m$

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۲۹ خواهد بود.



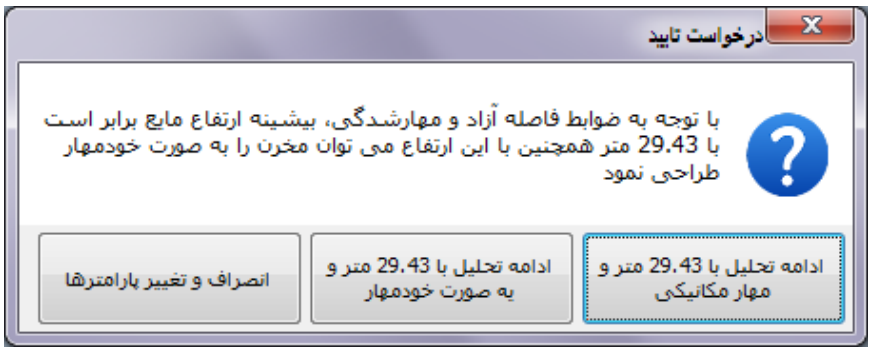
شکل ۲۹ حالت دوم محاسبه ارتفاع توسط نرم‌افزار – مخزن دارای مهار مکانیکی

مشاهده می‌شود که مقدار ارتفاع مایع محدودیت ندارد و حتی با در حالت خودمهار نیز می‌توان کل ارتفاع مخزن را پر از مایع نمود و در نتیجه هزینه‌های تعبیه مهار را حذف کرد.

حالت سوم: $H_L = H = H_{L-AN} > H_{L-FB}$ یا $H_L = H > H_{L-AN} > H_{L-FB}$

مثال: $H=30m, H_{L-FB}=29.43m, H_{L-AN}=29.55m$

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۳۰ خواهد بود:



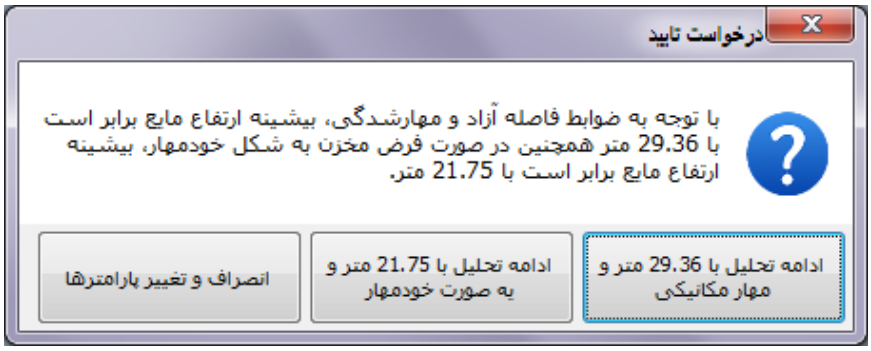
شکل ۳۰ حالت سوم محاسبه ارتفاع توسط نرم‌افزار – مخزن دارای مهار مکانیکی

در این حالت مقدار ارتفاع مایع بر اساس محدودیت فاصله آزاد، حاکم شده است. همچنین کاربر می‌تواند با ارتفاع بر اساس محدودیت فاصله آزاد، نوع مخزن را خودمهار نیز انتخاب کند و احتمالا هزینه‌های تعبیه مهار را حذف نماید.

حالت چهارم: $H_L = H > H_{L-FB} > H_{L-AN}$

مثال: $H=30m, H_{L-FB}=29.36m, H_{L-AN}=21.75m$

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۳۱ خواهد بود.



شکل ۳۱ حالت چهارم محاسبه ارتفاع توسط نرم‌افزار – مخزن دارای مهار مکانیکی

در این حالت بیشینه ارتفاع مایع بر اساس محدودیت فاصله آزاد تعیین شده است. در صورت تمایل کاربر به تغییر مخزن از مهار مکانیکی به خودمهار، این بیشینه ارتفاع کاهش می‌یابد.

۶-۱-۱-۲-۲ مخزن خودمهار

حالاتی که امکان رخ دادن دارند بر حسب ارتباط بین سه مقدار H، H_{L-FB} و H_{L-AN} عبارتند از:

حالت اول: $H_L = H = H_{L-AN} = H_{L-FB}$.

مثال: $H=30m, H_{L-FB}=30m, H_{L-AN}=30m$

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۳۲ خواهد بود:

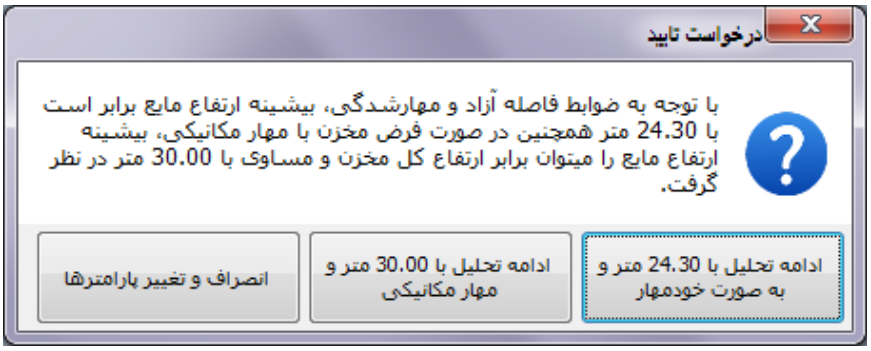
شکل ۳۲ حالت اول محاسبه ارتفاع توسط نرم‌افزار –مخزن خودمهار

مشاهده می‌شود که مقدار ارتفاع مایع را می‌توان تا ارتفاع کل مخزن درنظر گرفت.

حالت دوم: $H_L = H = H_{L-FB} > H_{L-AN}$.

مثال: H_L=30m, H_{L-FB}=30m, H_{L-AN}=24.30m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۳۳ خواهد بود:



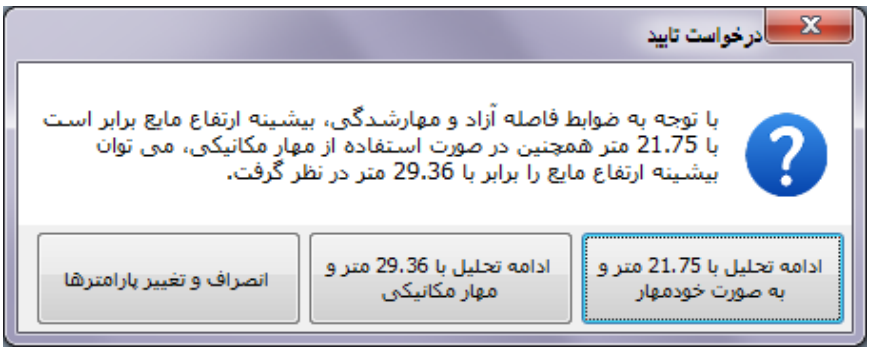
شکل ۳۳ حالت دوم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن خودمهار

مشاهده می‌شود که مقدار ارتفاع مایع بر اساس محدودیت مهارشدگی حاکم شده است اما کاربر می‌تواند با تغییر نوع مخزن به مهار مکانیکی ارتفاع مایع را تا ارتفاع کل مخزن درنظر بگیرد.

حالت سوم: $H_L = H > H_{L-FB} > H_{L-AN}$

مثال: H_L=30m, H_{L-FB}=29.36m, H_{L-AN}=21.75m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۳۴ خواهد بود:



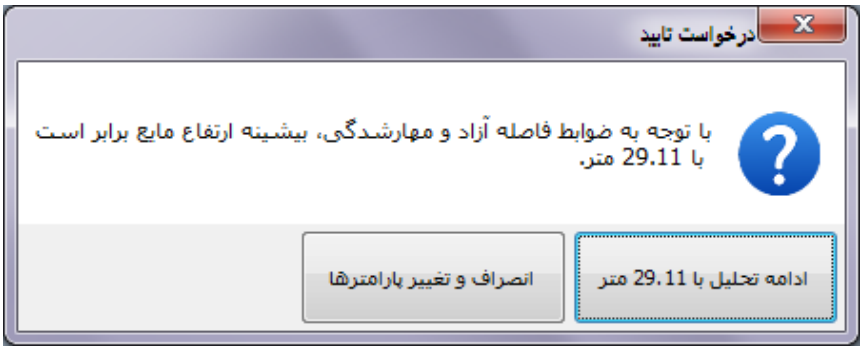
شکل ۳۴ حالت سوم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن خودمهار

در این حالت تعیین مقدار ارتفاع مایع بر اساس محدودیت مهارشدگی حاکم شده است لیکن چنانچه کاربر نوع مخزن را به مهار مکانیکی تغییر دهد، محدودیت فاصله آزاد حاکم می‌شود.

حالت چهارم: $H_L = H > H_{L-AN} > H_{L-FB}$ یا $H_L = H = H_{L-AN} > H_{L-FB}$

مثال: H_L=30m, H_{L-FB}=29.11m, H_{L-AN}=30m

در این حالت پیغام نشان داده شده در نرم‌افزار مطابق با شکل ۳۵ خواهد بود.



شکل ۳۵ حالت چهارم ورود ارتفاع توسط کاربر – مخزن خودمهار

در این حالت محدودیت ناشی از ضوابط فاصله آزاد حاکم شده است و با تبدیل نوع مخزن به مهار مکانیکی نیز محدودیت ضوابط فاصله آزاد حاکم باقی می‌ماند.

۶-۲ تحلیل میل‌مهار

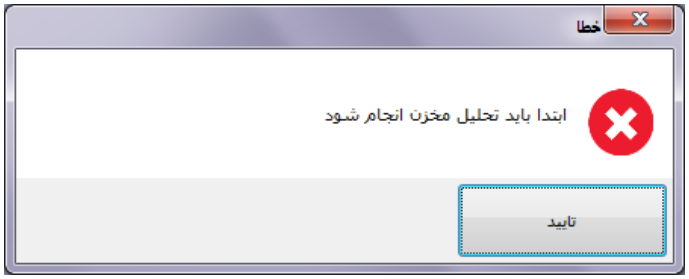
چنانچه مخزن با مهار مکانیکی منظور شده باشد، این گزینه فعال است. برای تحلیل میل‌مهار و کنترل کفایت آن، ابتدا باید تحلیل مخزن انجام شده باشد. در غیر این صورت نرم‌افزار پیغام خطایی مشابه شکل ۳۶ نشان می‌دهد.

۶-۲-۱ اطلاعات ورودی

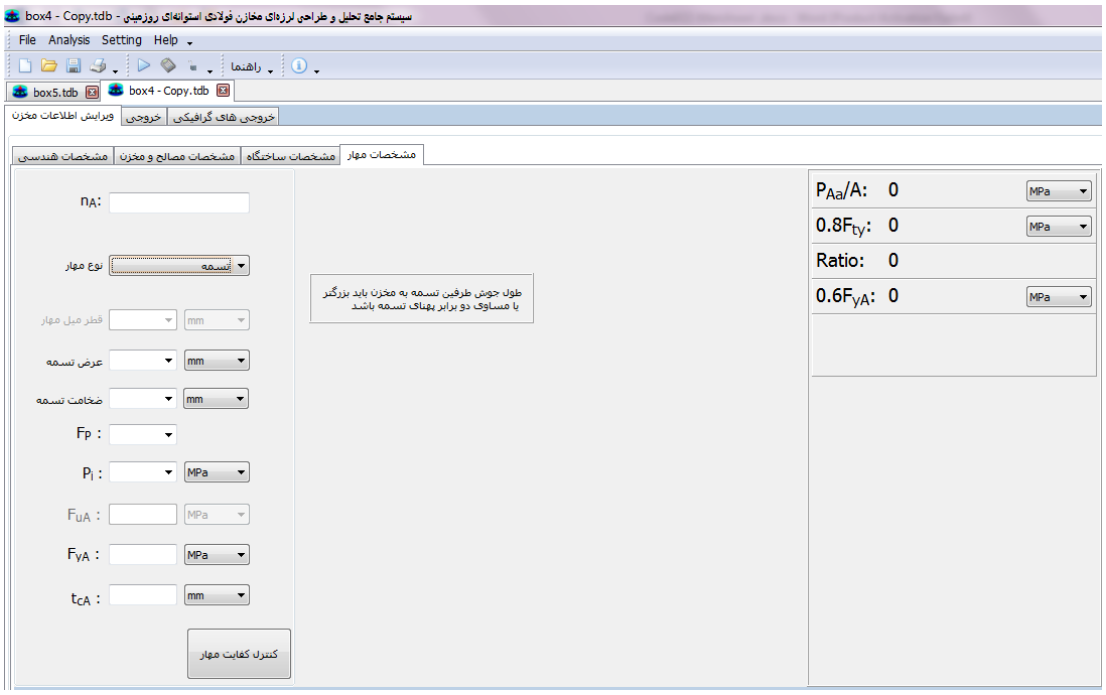
تحلیل میل‌مهار با توجه به ضوابط بند ۱۲-۴-۱-۲ نشریه ۰۳۸ و پارامترهای ورودی توسط کاربر در صفحه مرتبط نرم‌افزار (شکل ۳۷) انجام می‌شود. در این صفحه ابتدا تعداد میل‌مهارها مشخص می‌شود. طبق بند ۱۲-۴-۵ نشریه ۰۳۸، حداقل تعداد مهارها ۶ عدد است و فاصله مهارها نیز نباید از ۳ متر تجاوز کند که در مخازن با

قطر کمتر از ۱۵ متر این فاصله تا ۱/۸ متر قابل افزایش است. چنانچه تعداد مهارهای وارد شده توسط کاربر کمتر از مقادیر فوق باشد، پس از زدن دکمه کنترل کفایت، نرم‌افزار پیغام هشدار و پیشنهاد افزایش تعداد به نحوی که ضوابط را برآورده سازد به کاربر نشان می‌دهد (شکل ۳۸).

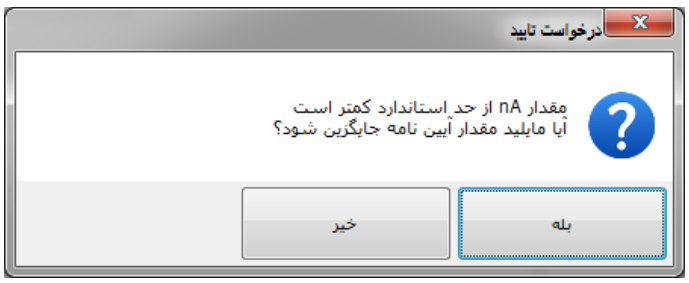
در صورت استفاده از میل‌مهار، حداقل قطر آن باید ۲۵ میلیمتر پس از کسر ضخامت منظور شده برای خوردگی باشد. در صورت استفاده از تسمه مهار، باید حداقل مقدار ضخامت منظور شده برای خوردگی برابر با ۱/۵ میلیمتر در هر وجه باشد و چنانچه کاربر در این بخش عدد کمتری را وارد کرده باشد، نرم‌افزار پس از زدن دکمه کنترل کفایت مهار با پیغام مناسب به آن واکنش نشان خواهد داد (شکل ۳۹).



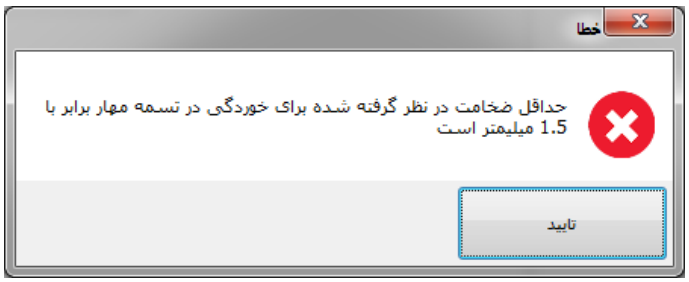
شکل ۳۶ هشدار برای لزوم تحلیل مخزن پیش از تحلیل مهار



شکل ۳۷ صفحه ورود اطلاعات مهار



شکل ۳۸ اعلام نیاز به افزایش تعداد میل‌مهار



شکل ۳۹ اعلام نیاز به افزایش ضخامت منظور شده برای خوردگی در صورت انتخاب تسمه‌مهار

۶-۲-۲ نحوه تحلیل و کنترل

در این نرم‌افزار کنترل مهار بر اساس روش تنش مجاز انجام می‌شود. بر اساس رابطه ۱۲-۳۰ نشریه ۰۳۸، ابتدا مقدار نیروی هر مهار محاسبه می‌شود. با تقسیم این نیرو بر سطح مقطع کاهش‌یافته مهار، تنش موجود در هر مهار به دست می‌آید. محاسبه مقادیر مجاز به شکل زیر صورت می‌پذیرد:

الف- برای میل‌مهار:

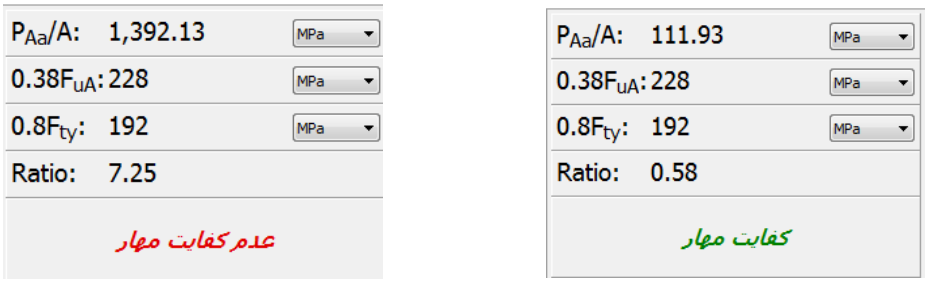
$$\sigma_{all} = min\begin{cases} 0.8F_{ty} \\ 0.38F_{uA} \end{cases}$$

ب- برای تسمه‌مهار:

$$\sigma_{all} = min\begin{cases} 0.8F_{ty} \\ 0.6F_{yA} \end{cases}$$

در روابط فوق، F_{ty} تنش تسلیم ورق جداره، F_{uA} تنش گسیختگی میل‌مهار و F_{yA} تنش تسلیم تسمه‌مهار است.

در صورت افزایش نسبت تنش از مقدار واحد، پیغام عدم کفایت مهار و در غیر این صورت، پیغام کفایت مهار نشان داده خواهد شد (شکل ۴۰)



شکل ۴۰ بررسی کفایت مهار با توجه به نسبت تنش

۷- منوی Settings

این منو به تنظیمات دفترچه محاسبات اختصاص دارد. در این منو نام و لوگوی شرکت مشاور که محاسبات و طراحی مخزن را انجام داده است به همراه برخی اطلاعات دیگر قابل درج است. تنظیمات انجام شده در مرحله تهیه گزارش خروجی، اعمال می‌شوند.

۸- منوی Help

در این منو امکان انتخاب دو گزینه راهنما و درباره نرم‌افزار وجوددارد.

۸-۱ راهنما

با انتخاب این گزینه، پنجره‌ای مطابق شکل ۴۱ باز شده و برخی اصول تئوری که محاسبات نرم‌افزاری بر آنها استوار است قابل نمایش می‌شوند. تمام این بخش از فصل دوازدهم نشریه ۰۳۸ استخراج شده است.

۸-۲ درباره نرم‌افزار

با انتخاب این گزینه، پنجره‌ای با مضمون اطلاعات کلی نرم‌افزار شامل تهیه‌کنندگان و نسخه آن طبق شکل ۴۲ به نمایش درمی‌آید.

شکل ۴۱ نمایش راهنمای نرم‌افزار

شکل ۴۲ پنجره اطلاعات نرم‌افزار

۹- نوار ابزار

در بخش پایین منوها، نوار ابزار (Toolbar) تعبیه شده است که امکان دسترسی سریع به برخی روندها بدون مراجعه به منوها را فراهم می‌سازد (شکل ۴۳). ابزارهای قابل استفاده در این نوار ابزار عبارتند از:

۹-۱ ایجاد فایل جدید (New)

برای ساختن فایل جدید و معرفی مسیر آن استفاده می‌شود.

۹-۲ باز کردن فایل موجود (Open)

برای باز کردن فایلی که از پیش ساخته و ذخیره شده است استفاده می‌شود.

۹-۳ ذخیره (Save)

برای ذخیره اطلاعات فایلی که باز است به کار می‌رود.

۹-۴ ایجاد گزارش (Print)

فایلی در قالب pdf با محتوای دفترچه محاسبات و طبق تنظیماتی که قبلا گفته شد ایجاد می‌نماید که در این نسخه غیرفعال است.

۹-۵ تحلیل مخزن (Run Tank Analysis)

اقدام به آغاز تحلیل مخزن در مورد فایلی که باز است می‌کند.

۹-۶ تحلیل مهار (Run Anchor analysis)

نسبت به کنترل کفایت مهار در مورد مخزن دارای مهار مکانیکی و ارائه نتیجه آن اقدام می‌کند.

۹-۷ باز کردن قفل (Unlock)

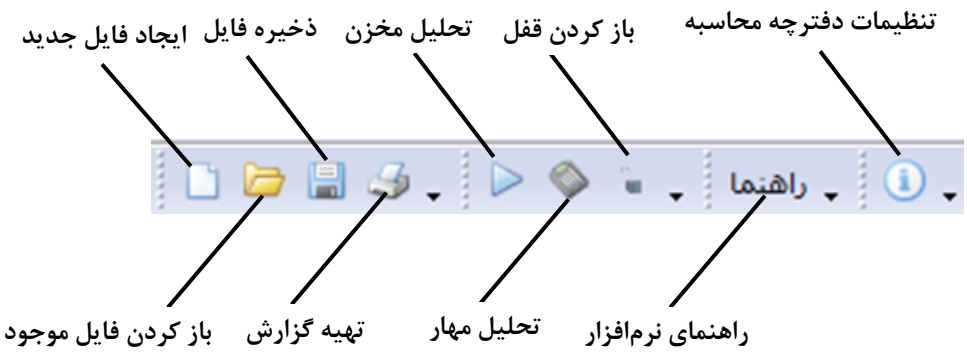
پس از انجام تحلیل مخزن، صفحه ورودی قفل شده و امکان تغییر پارامترها نیست مگر آنکه نسبت به باز کردن قفل توسط این دگمه اقدام شود. در اینصورت پیغام هشدار شکل ۱۵ نشان داده شده و در صورت تایید کاربر، اطلاعات تحلیل پاک شده و می‌توان نسبت به اصلاح مقادیر و مشخصات ورودی اقدام کرد.

۹-۸ راهنما

عملکردی مشابه بند ۸-۱ دارد.

۹-۹ تنظیمات

عملکردی مشابه بند ۷ دارد.



شکل ۴۳ دگمه‌های تعبیه شده در نوار ابزار

مراجع

[۱] وزارت نفت, نرم‌افزار ارزیابی لرزه‌ای مخازن نفت بر اساس API650-1998 (نشریه شماره ۰۲۲), معاونت امور مهندسی و فناوری: دفتر فنی, ۱۳۸۱.

[۲] وزارت نفت, آیین‌نامه طرح لرزه‌ای تاسیسات و سازه‌های صنعت نفت (نشریه شماره ۰۳۸)، ویرایش سوم, معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری: اداره کل نظام فنی و اجرایی و ارزشیابی طرح‌ها, ۱۳۹۵.

[3] API650, Welded Tanks for Oil Storage, 12th ed., Washington D.C.: American Petroleum Institute, 2013.

[۴] وزارت راه و شهرسازی, آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰), ویرایش چهارم تدوین, تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی, ۱۳۹۳.