

مطالعه پارامتریک رفتار دیوارهای ساحلی بلوک بتنی بندر پتروشیمی پارس تحت زلزله حوزه نزدیک

پویا مدنی‌پور

مدرس، دانشگاه آزاد، سقز، ایران
pmadanipoor@yahoo.com

حمید زعفرانی

استادیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران
hamzafarani@yahoo.com

مهدی دهقانی رنانی

دکترای مهندسی زلزله، شرکت سهامی پتروشیمی، تهران، ایران
mah.dehghani@gmail.com

کلید واژه‌ها: دیوار ساحلی، مولفه قائم زلزله، اجزاء محدود، حوزه نزدیک

چکیده

در این مقاله به مطالعه پارامتریک اثرات چسبندگی یک لایه خاک سیلتیبر رفتار دیوارهای ساحلی تحت اثر توام مولفه افقی و قائم زلزله پرداخته شده است. این نوع اسکله‌ها از نوع ثقلی بتنی بوده و با استفاده از وزن خود در برابر فشار محرک خاک و سربارهای جانبی و ثقلی مقاومت می‌کند. اسکله مورد بررسی، اسکله پارس جنوبی (عسلویه) در نزدیکی گسل واقع شده است. با توجه به آنکه در حوزه نزدیک گسل عموماً نمی‌توان از تاثیر مولفه قائم چشم پوشی نمود و از سوی دیگر، این مولفه در سازه‌های ثقلی می‌تواند باعث ایجاد ناپایداری در سازه شود، ضرورت این تحقیق روشن است. از نرم افزار اجزاء محدود آباکوس (ABAQUS) در انجام تحلیلهای دینامیکی تاریخچه‌زمانی، استفاده شده است. یک سری ساده سازی‌ها به دلیل پیچیدگی مدل صورت گرفته است؛ از جمله برای در نظر گرفتن اثر آب آزاد از روش جرم افزوده و سترگارد استفاده شده و شرایط خاک به گونه‌ای انتخاب شده است که روانگرایی رخ ندهد. از مولفه‌های افقی و قائم رکوردهای حوزه نزدیک زلزله بم و طبس در تحلیل استفاده شده است. نتایج تحلیلهای نشان داده است که اثرات تغییرات چسبندگی لایه سیلتی و مولفه قائم در شرایط مفروض در این مقاله، ناچیز بوده و قابل چشم پوشی است. تعمیم این نتیجه‌گیری مستلزم انجام تحلیلهای بیشتر با استفاده از مجموعه بزرگتری از رکوردهای حوزه نزدیک و لحاظ کردن شرایط متنوع خاک پشت دیوار است.

مقدمه

هر روز با افزایش استفاده از سازه های حایل، هزینه‌های بیشتری صرف ساخت این نوع سازه‌ها می‌شود. قرارگیری این نوع سازه‌ها در مجاورت خاک و آب و رفتار پیچیده در زلزله ما را به شناخت دقیق از عملکرد این سازه‌ها برای طراحی اقتصادی تر و بهینه تر ملزم می‌نماید. دیوارهای ساحلی از لحاظ نوع دیوار یا از لحاظ انعطاف پذیرقابل تقسیم است. دیوار ساحلی که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد از لحاظ نوع دیوار، جزء دیوارهای وزنی و از لحاظ انعطاف پذیری، جزء دیوارهای ساحلی صلب است. در طراحی دیوارهای ساحلی عوامل نظیر: فشار خاک، آب، مکش آب ناشی از زلزله و نیروی ایجاد شده از مؤلفه‌های قائم و افقی زلزله، نقش ایفا می‌کند. مسأله‌ای که در این مقاله به آن پرداخته می‌شود تأثیر زلزله در حوزه نزدیک بر دیوار ساحلی است. مطالعه رفتار سازه در حوزه نزدیک مولفه‌های جدیدی را در طراحی سازه و شرایط خاصی را وارد محاسبات می‌کند. از این مولفه‌ها می‌توان به وجود پالس‌های پرپود بلند و مولفه قائم بزرگتر در این حوزه اشاره کرد (Das, 1993). در شرایطی که این مولفه‌ها معمولاً در حوزه دور اثر قابل ملاحظه‌ای بر سازه ندارند، ولی در حوزه نزدیک این اثرات به مراتب با اهمیت تر است. حتی امکان دارد که آنگونه که در زلزله بم به وقوع پیوست، مولفه قائم بیشتر از مولفه افقی شود. در آیین نامه ژاپن در صورتی که مولفه قائم از ۷۰٪ مولفه افقی کمتر



باشد در برآیند نیروهای وارد بر دیوار کمتر از ۱۰٪ تاثیر گذار است و اگر مولفه قائم همانند زلزله بم از مولفه افقی بیشتر گردد باید در محاسبات مورد توجه قرار گیرد.

بنابر این در طراحی دیوارهای ساحلی بندر پتروشیمی پارس به دلیل واقع شدن در نزدیک گسل فعال عسلویه، باید اثرات حوزه نزدیک را مد نظر قرار داد. دیوارهای ساحلی بندر پتروشیمی مزبور به صورت قطعات بلوکی روی هم قرار گرفته‌اند که این امر باعث تاثیر بیشتر مولفه قائم در این دیوارها می‌شود؛ زیرا مولفه قائم ایجاد شده باعث ایجاد لغزش، بلند شدگی و یا پیچش در قطعات دیوارهای ساحلی می‌شود. دلیل عمده این مسئله این است که این دیوارها ثقلی بوده و پایداری این دیوارها تابع وزن دیوارها است؛ در نتیجه در زمان وقوع زلزله در اثر مولفه قائم زلزله امکان ناپایدار شدن این دیوارها زیاد است. باید دقت نمود که در این دیوارهای ساحلی از مهارهای یک پارچه کننده قطعات روی هم استفاده نشده است که این امر در زمان وقوع زلزله باعث می‌شود که قطعات روی هم دیوار حائل به صورت جدا گانه عمل کنند. بنابر این لازم است بررسی دقیق تری از رفتار این دیوارها تحت زلزله حوزه نزدیک (اثر همزمان دو مولفه قائم و افقی) پرداخته شود.

تحلیل و ارزیابی عملکرد لرزهای

عموما برای سطوح عملکرد بالاتر، توان تحلیلی بیشتری مورد نیاز است. روش تحلیلی انتخابی باید توان تحلیلی لازم را در ارزیابی عملکرد لرزهای داشته باشد. روشهای تحلیلی متنوعی برای ارزیابی اثرات محلی ساختگاهی، پتانسیل روانگرایی و پاسخ لرزهای سازه‌های ساحلی وجود دارد. این روش‌های تحلیلی براساس درجه پیچیدگی و توان تحلیلی به صورت زیر طبقه بندی می‌شوند:

۱. تحلیل ساده شده: مناسب برای ارزیابی تقریبی مقادیر آستانه تغییر شکل‌ها و مقادیر پاسخ الاستیک و تخمین مرتبه جابجایی‌های دائم ناشی از بارگذاری لرزهای.
۲. تحلیل دینامیکی ساده شده: مناسب برای ارزیابی حدود تغییر شکل‌ها، تنش، شکل پذیری و کرنش براساس مد گسیختگی مفروض.
۳. تحلیل دینامیکی: مناسب برای ارزیابی مدهای گسیختگی و حدود جابجایی‌ها، تنش، شکل پذیری و کرنش.

جدول ۲: راهنمای جدول ۱

| | |
|---------------------------|--|
| طراحی اولیه یا تحریک ضعیف | |
| طراحی استاندارد نهایی | |

جدول ۱: رابطه نوع تحلیل با سطح عملکرد (OCDI, 2002)

| سطح عملکرد | نوع تحلیل | |
|------------|-----------|-------------------|
| | ساده شده | دینامیکی ساده شده |
| سطح C | | |
| سطح B | | |
| سطح A | | |
| سطح S | | |

جدول ۳: آسیب بحرانی سازه در آیین نامه ژاپن (OCDI, 2002)

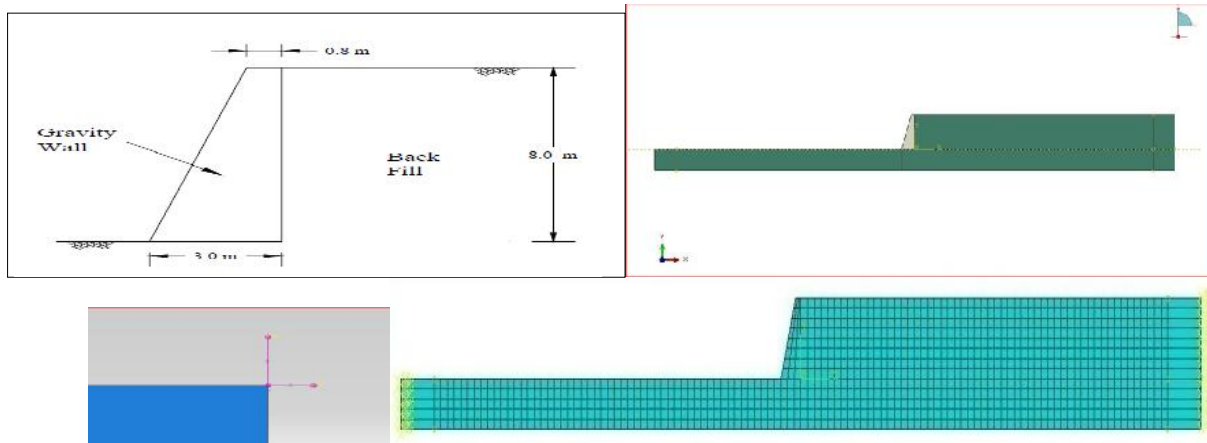
| عمق آب | | نوع دیوار ساحلی |
|---------------------------|---------------------------|--|
| عمیقتر از ۷/۵ | کمتر از ۷/۵ | |
| جابجایی افقی ۰ تا ۰/۳ متر | جابجایی افقی ۰ تا ۰/۲ متر | دیوارهای ساحلی ثقلی <ul style="list-style-type: none"> بدون نیاز به تعمیر برای سرویس دهی اجازه سرویس دهی محدود |
| جابجایی افقی ۰ تا ۰/۳ متر | جابجایی افقی ۰ تا ۰/۲ متر | دیوارهای ساحلی ورقه ای <ul style="list-style-type: none"> بدون نیاز به تعمیر برای سرویس دهی اجازه سرویس دهی محدود |

در جدول (۱)، مناسب ترین نوع تحلیل برای هر یک از سطوح عملکردی نشان داده شده است. این جدول بر این اساس تهیه شده که سازه ها با سطوح عملکردی بالاتر باید با روش‌های پیچیده تری ارزیابی شوند. طبق جدول (۱)، روش‌های ساده تر برای طراحی اولیه، انتخاب نوع طراحی یا تحلیل رفتاری لرزهای ضعیف مناسب می‌باشند (OCDI, 2002).

بررسی تنشهای برجا یا درجا و دینامیکی

در گام اول، برای بررسی صحت عملکرد نرم افزار به بررسی تنشهای ایجاد شده در حالت درجا (استاتیکی) می‌پردازیم. برای این منظور مدلی که توسط پینوت و همکاران (Piont et al., 2006) بررسی شده، (شکل ۱) در نرم افزار آباکوس طبق شکل (۱) مدل شده است. مشخصات

مصالح و مواد در جدول ۴ آورده شده و مشخصات زلزله مورد استفاده در این آنالیز طبق جدول ۵ و شکل ۲ بوده است. در طرفین مدل از میراگر برای جذب انرژی امواج زلزله که از محیط خارج می شود استفاده شده است (شکل ۳).

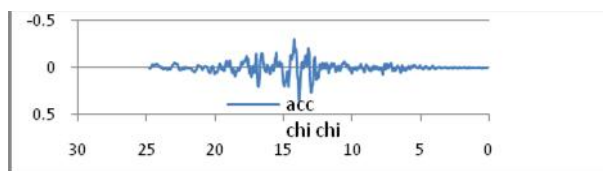


شکل ۱: مدل ایجاد شده در ABAQUS ابعاد مدل، المانها و میراگرها در مدل اجزای محدود و نمونه ای از نحوه قرار گیری میراگرها در ABAQUS

جدول ۴: مشخصات خاک و بتن (Piont et al., 2006)

| مشخصات بتن | | مشخصات خاک | |
|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| مقدار | پارامتر | مقدار | پارامتر |
| ۳۰۰۰۰ | مدول الاستیک بتن (MPa) | ۰/۲۶ | ضریب پواسون |
| ۲۴۰۶ | دانسیتته (Kg/m ³) | ۰/۳۶ | ضریب فشار جانبی سکون |
| ۰/۳ | ضریب پواسون | ۱۶۱/۱۳ | مدول یانگ (MPa) |
| | | ۴۰ | زاویه اصطکاک |
| | | ۲۰۰۰ | دانسیتته (Kg/m ³) |

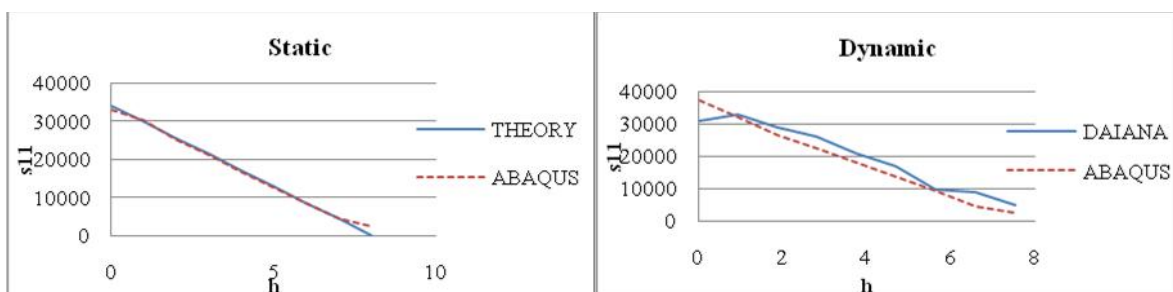
جدول ۵: مشخصات زلزله چی چی (<http://peer.berkeley.edu>)



شکل ۲: تاریخچه شتاب زلزله چی چی

| زلزله | محل | PGA(g) |
|--------------|------------------|--------|
| چی چی (۱۹۹۹) | CHY 006N chi-chi | ۰/۳۵ |

در شکل ۶ نتایج خروجی بین خروجی های آباکوس با دایانا در حالت دینامیکی (تنشهای افقی در ارتفاع دیوار) مقایسه شده است که کمتر از ۱۰ درصد اختلاف را نشان می دهد و بر صحت عملکرد نرم افزار صحت گذاشته است.



شکل ۶: مقایسه نتایج تئوری و عددی در حالت استاتیکی دیوار حائل و مقایسه نتایج تحلیل عددی در حالت دینامیکی با استفاده از دو نرم افزار آباکوس و دایانا

مدل اصلی

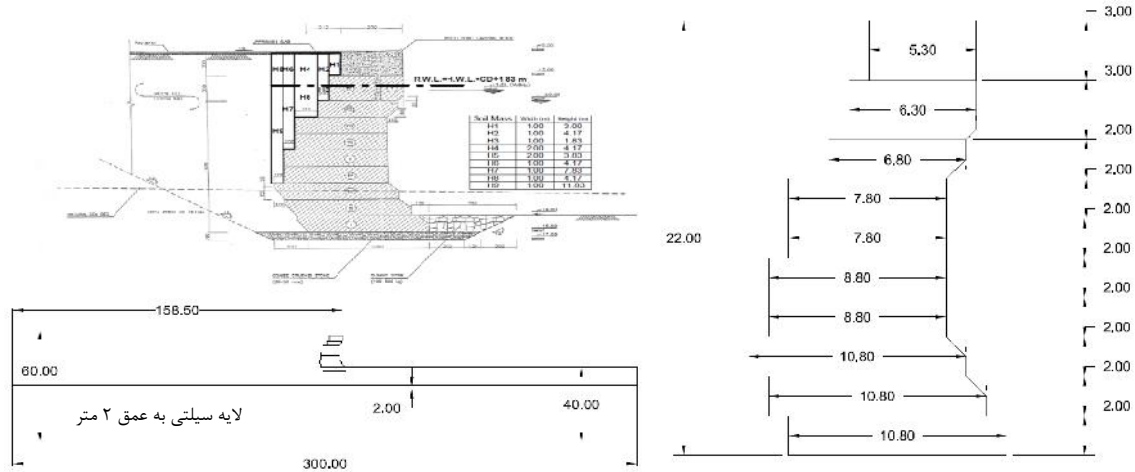
مدل اصلی طبق اشکال ۴ ساخته شده است. برای بدست آوردن ضرایب میرایی رایلی خاک ابتدا یک آنالیز فرکانسی انجام شده است. با



بدست آوردن فرکانسهای سازه می توان برای یک نسبت میرایی ثابت ضرایب میرایی را بدست آورد. بعد از این آنالیز فرکانسی باید ضرایب میرایی رایلی به خاک نسبت داده شده و آنالیز برجا و دینامیکی انجام شود. مقدار دو فرکانس طبیعی اولیه سازه بعد از انجام آنالیز فرکانسی، ۶/۶۳۲ و ۸/۷۱ رادیان بر ثانیه و مقادیر ضرایب میرایی رایلی به صورت زیر بدست آمده است.

$$\alpha = 0.39$$

$$\beta = 0.006$$



شکل ۴: ابعاد بلوکهای بتنی مدلسازی شده در آبکوس و ابعاد مدل کلی دیوار و خاک (متر)

مشخصات بتن، خاک و لایه سیلتی مورد استفاده در جدول ۶ آورده شده است. برای مدلسازی رفتار خاک از مدل رفتاری دراگر-پراگر استفاده شده است که طبق روابط زیر داده های مدل رفتاری موهر-کلمب به مدل رفتاری دراگر-پراگر تبدیل شده اند. مشخصات خاک به گونه ای انتخاب شده که روانگرایی در مدل اتفاق نمی افتد.

$$\tan \beta = \frac{3\sqrt{3} \tan \phi'}{\sqrt{9 + 12 \tan^2 \phi'}} \phi' = 37^\circ \rightarrow \beta = \frac{44}{56}^\circ \quad (1)$$

$$d = \frac{3\sqrt{3} c'}{\sqrt{9 + 12 \tan^2 \phi'}} c' = 0 \rightarrow d = 0 \quad (2)$$

جدول ۶: مشخصات خاک، بتن و لایه سیلتی

| مشخصات لایه سیلتی | | مشخصات بتن | | مشخصات خاک | |
|-------------------|---|------------|-----------------------------------|------------|---|
| مقدار | پارامتر | مقدار | پارامتر | مقدار | پارامتر |
| ۰/۳۵ | ضریب پواسون | ۰/۲ | ضریب پواسون | ۰/۳ | ضریب پواسون |
| ۱۱۰۰ | وزن مخصوص غوطه ور (kg/m ³) | ۲۴۰۰ | وزن مخصوص (kg/m ³) | ۱۱۰۰ | وزن مخصوص غوطه ور (kg/m ³) |
| ۱۰۰۰۰۰۰۰ | مدول یانگ (pa) | ۲۱۰۰۰۰۰۰ | مدول یانگ (pa) | ۱۰۰۰۰۰۰۰ | مدول یانگ (pa) |
| ۱۵ و ۲۰ و ۲۵ | زاویه اصطکاک داخلی | | | ۳۷ | زاویه اصطکاک داخلی |

به جای مدل کردن آب در خاک، آب موجود در خاک را حذف کرده و از روش جرم افزوده و سترگارد استفاده شده است. طبق آیین نامه ژاپن و طراحی بندار و سازه های دریایی ایران، اگر ضریب نفوذپذیری بیشتر از 10^{-3} متر بر ثانیه باشد برای محاسبه فشار جانبی خاک در حین زلزله، باید از وزن مخصوص غوطه وری استفاده کرد. در نتیجه در مدلسازی به جای وزن مخصوص اشباع از وزن مخصوص غوطه ور استفاده شده است تا تنشهای موثر جانبی خاک بدست آید. فرمولی که وسترگارد پیشنهاد داده است به صورت زیر است (Westergaard, 1933).

$$M_i = \frac{7}{8} \rho_w \sqrt{H(H - Z_i)} A_i \quad (3)$$

M_i = جرم افزوده در گره نام، ρ = چگالی آب، H = ارتفاع آبریا، Z_i = ارتفاع گره نام از بستر، A_i = سطح پوشش نقطه نام مقدار فشار آب در طرف دیگر دیوار ۷۰٪ مقدار آن در طرف دریای دیوار است. در نتیجه مقادیر این جرم هابرای هر بلوک به صورت جداگانه بدست آمده است که در جدول ۷ ارائه شده است (Okab, 1926).

جدول ۷: مقدار جرم افزوده در طرفین دیوار

| شماره | ارتفاع مرکز بلوک از بستر | مقدار جرم افزوده در طرف دریا (kg) | مقدار جرم افزوده در طرف خاک (kg) |
|-------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| ۱ | ۱ | ۱۳۲۵۵ | ۹۲۷۸ |
| ۲ | ۳ | ۱۴۴۳۰ | ۱۰۱۰۱ |
| ۳ | ۵ | ۱۷۶۷۴ | ۱۲۳۷۱ |
| ۴ | ۷ | ۲۰۴۰۸ | ۱۴۲۸۵ |
| ۵ | ۹ | ۲۲۸۱۷ | ۱۵۹۷۱ |
| ۶ | ۱۱ | ۲۴۹۹۵ | ۱۷۴۹۶ |
| ۷ | ۱۳ | ۲۶۹۹۷ | ۱۸۸۹۸ |
| ۸ | ۱۵/۵ | ۲۸۸۶۱ | ۲۰۲۰۳ |

شرایط مرزی در مراحل مختلف آنالیز متفاوت بود که به صورت جداگانه شرح داد شده است.

الف) مرحله استاتیکی (درجا): مرزهای طرفین در جهت افقی ($x=0$) بسته شده است همچنین مرز پایینی در دو جهت افقی و قائم بسته شده است ($x=0, y=0$).

ب) مرحله دینامیکی: مرزهای طرفین آزاد بوده و تنها میراگرها در طرفین قرار داده می‌شوند همچنین برای کاهش اثرات مرزی، تنشهای

افقی که در مرزهای طرفین در مرحله استاتیکی ایجاد شده بود را با اعمال فشاری خلاف جهت تنشهای ایجاد شده در حالت استاتیکی کاهش داده ایم. شتاب زلزله در دو جهت افقی و قائم در کف یا مرز پایین اعمال می‌شود. همچنین طبق آیین نامه ژاپن، ضریب اصطکاک بین بتن - بتن برابر ۰/۵ و بین خاک - بتن نیز ۰/۵ در نظر گرفته شده است.

میراگرها نقش مهمی در صحت داده‌های خروجی دارند. دو میراگر عمود بر هم در هر گره در طرفین مدل تعریف شده است، میراگری که عمود بر سطح مدل است امواج طولی را جذب می‌کند و میراگری که در راستای مرزهای کناری است امواج برشی را جذب می‌کند. مقادیر میرایی در این میراگرها طبق روابط (۴) و (۵) به صورت زیر محاسبه شده است.

$$C_s = \rho \cdot A \cdot V_s \quad (4)$$

$$C_p = \rho \cdot A \cdot V_p \quad (5)$$

$$V_p = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (6)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2(1+\mu)\rho}} \quad (7)$$

ρ = چگالی، A = سطح مقطع، V_s = سرعت موج برشی، V_p = سرعت موج فشاری، C_p = ضریب میراگرهای فشاری، C_s = ضریب میراگرهای برشی، G = مدول برشی، E = مدول الاستیسیته

$$C_p = \quad , \quad C_s =$$



شکل ۵: نحوه قرارگیری میراگرها، اعمال شتاب زلزله و مکانهای قرار گرفتن جرم افزوده روی دیوار ساحلی

شتاب نگاشت انتخابی برای آنالیز دینامیک کورد حوزه نزدیک زلزله‌های بم و طیس بوده است. (Lysmer and Kuhlemeyer (1973) توصیه کرده اند که اندازه المانها هنگام مش بندی در نرم افزارهای اجزاء محدود، یک هشتم تا یک دهم طول موج بالاترین فرکانس موجود در مدل



باشد. برای این منظور رکوردهای زلزله با استفاده از نرم افزار Seismo filter شده و بالاترین فرکانس ۱۵ هرتز انتخاب شده است. بنابر این بیشترین اندازه المان باید طبق توصیه لیسمر (روابط (۹) و (۸)) ۱/۲ متر باشد در نتیجه اندازه المانهای مش بندیک متر انتخاب شده است.

$$\lambda = \frac{V_s}{f} \quad (8)$$

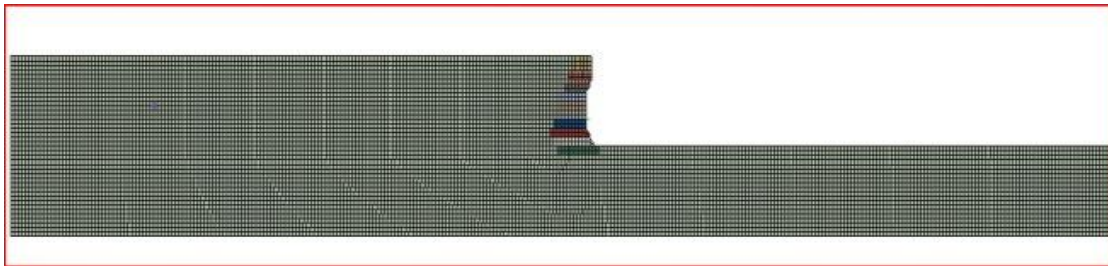
$$\Delta l \leq \frac{V_s}{\Gamma f_{max}} \quad (9)$$

λ = طول موج، f = فرکانس، f_{max} = بیشترین فرکانس، V_s = سرعت موج برشی، Γ = ضریبی برابر ۸ یا ۱۰ = اندازه مش بندی، Γ = ضریبی برابر ۸ یا ۱۰

جدول ۸: مقدار کاهش PGA بعد از فیلتر تا ۱۵ هرتز، زلزله های طبس و بم

| BAM | | | TABAS | | |
|-------|--------|------------------|-------|--------|------------------|
| مولفه | PGA(g) | PGA بعد از فیلتر | مولفه | PGA(g) | PGA بعد از فیلتر |
| I | 0.776 | 0.856 | LN | 0.836 | 0.839 |
| T | 0.582 | 0.56 | TR | 0.852 | 0.949 |
| V | 0.987 | 0.84 | UP | 0.688 | 0.585 |

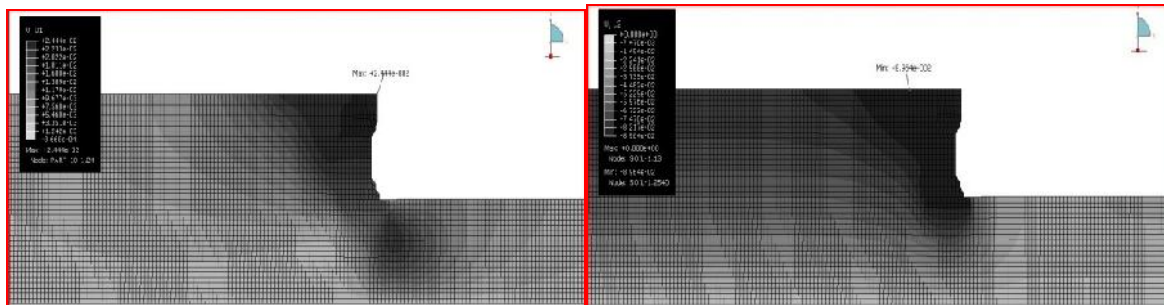
نوع المانهای استفاده شده در مش بندی CPE4 است که مشخصات این المانها، ۴ گرهی پیوسته کرنش مسطح است. تعداد گرههای مش بندی ۹۳۴۱ و تعداد المانها ۸۹۹۱ است.



شکل ۶: نحوه مش بندی در نرم افزار ABAQUS

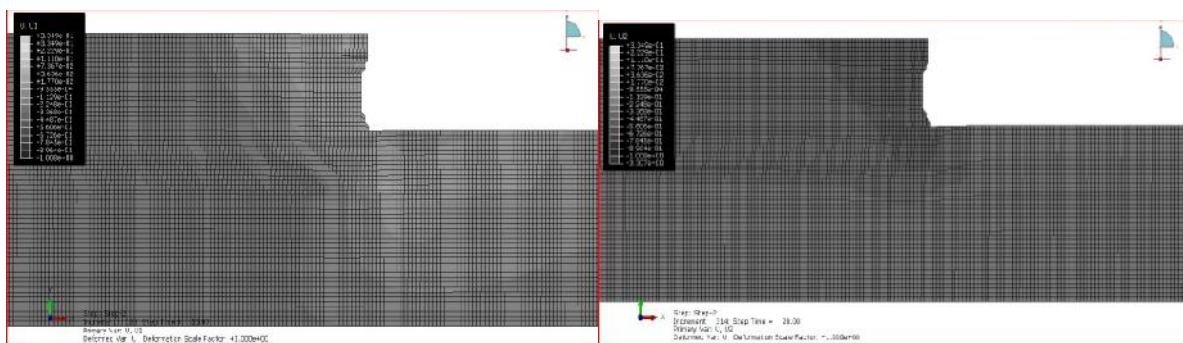
نتایج آنالیز

زمان انجام آنالیز به عوامل گوناگونی وابسته است از جمله می توان به نوع آنالیز (ضمنی یا صریح) ، اندازه المانهای مش بندی شده ، ابعاد مدل سازی و زمانی که اعمال می شود، بستگی دارد. زمان انجام آنالیز در این بررسی برای شتابنگاشتهای زلزله مختلف، متفاوت بوده است. برای مثال در رکورد زلزله بم زمان تحلیل ۳ ساعت به طول کشید. نتایج خروجی به دو بخش جابجایی دیوار در حالت استاتیکی و دینامیکی تقسیم می-شود. برای ایجاد تنشهای برجا، آنالیز استاتیکی انجام شده است که جابجایی دیوار و خاک در دو جهت افقی و عمود به صورت شکل ۷ است.



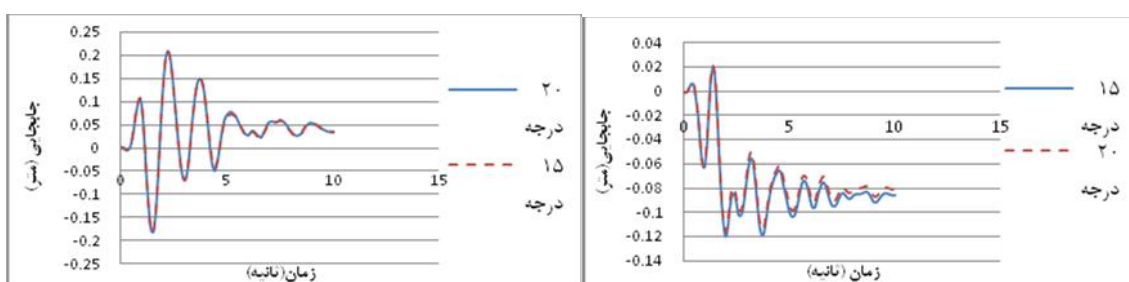
شکل ۷: جابجایی در جهت X و زاویه اصطکاک ۲۰ درجه

جابجایی دیوار بعد از زلزله های، طبس و بم برای هر یک از مولفه ها به صورت جداگانه در زیر نشان داده شده است، قابل توجه است که هر یک از این آنالیزها تحت مولفه افقی و مولفه قائم همزمان قرار گرفته است. همچنین باید توجه داشت که جابجایی ایجاد شده ناشی از جابجایی استاتیکی ایجاد شده در مرحله اول و جابجایی دینامیکی مرحله دوم است.



شکل ۸: جابجایی در جهت X تحت شتاب زلزله بم، مولفه های T, V (متر) و جابجایی در جهت Y تحت شتاب زلزله طبس، مولفه های LN, UP (متر)، زاویه اصطکاک 20° درجه لایه سیلتی

مقدار جابجایی دیوار تحت اثر مولفه افقی و قائم در طول زمان وقوع زلزله به صورت شکل‌های زیر برای زاویه‌های اصطکاک مختلف لایه سیلتی بدست آمده است.



شکل ۹: جابجایی بالای دیوار در جهت XY تحت زلزله بم (مولفه های T, V) برای زاویه‌های اصطکاک مختلف لایه سیلتی زیر دیوار

بررسی نتایج

همانطور که در نمودارها و شکل‌های بالا مشخص است جابجایی در اثر مولفه قائم زلزله در این سازه‌ها بسیار کم است. همچنین تغییرات زاویه اصطکاک لایه سیلتی زیر دیوار تأثیرات چندانی در جابجایی دیوار ایجاد نمی‌کند. بیشترین مقدار جابجایی در زلزله بم به میزان 20 سانتیمتر ایجاد شده است و حتی طبق آیین نامه ژاپن (جدول ۳) سازه از حالت سرویس دهی خارج نمی‌شود. در این مقاله یک سری از شرایط تحلیل خاک ساده شده است مثلاً وجود آب در خاک پشت دیوار و دریا با جرم افزوده و سترگارد معادل سازی شده است همچنین خاک به گونه ای انتخاب شده است که شرایط روانگرایی در خاک ایجاد نمی‌شود. این ساده سازی‌ها امکان دارد در جهت پایدارتر نشان دادن دیوار باشد که باید با دقت بیشتری بررسی شود. باید توجه داشت که ممکن است که در شرایطی متفاوت با آنچه برای خاک و آب در این مقاله مدلسازی شده است، نتایج این مقاله صادق نباشد.

مراجع

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (۱۳۸۵) آیین نامه طراحی بنادر و سازه های دریایی (ملاحظات محیطی و بارگذاری)، نشریه ۱-۳۰۰، تهران، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

ABAQUS Manual, Version 6.10. Product of Dassault System Simulia Crop, Providence, RI, USA

Das BM and Ramana GV (1993) Principles of Soil Dynamics, Second Edition, USA

OCDI (2002) Technical Standards and Commentaries of Port and Harbour Facilities in Japan, The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan

Okab S (1926) General theory of earth pressure, J. Jpnoc civil Eng., Tokyo, Japan

<http://peer.berkeley.edu>



Kuhlemeyer RL and Lysmer J (1973) Finite Element Method Accuracy for Wave Propagation Problems, J. Soil Mech & Foundations

PIANC (2001) Seismic Design Guidelines for Port Structures, MarCom Working Group

Pinot PE, Lai CG and Franchin P (2006) Numerical Modelling of Seismic Behaviour of Earth-Retaining Walls, Rose School

Westergaard HM (1933) *Water pressures on dams during earthquakes*, Transactions of ASCE, No. 1835

