

ارزیابی رفتار لرزه ای اسکله بلوکی با استفاده از روشهای تعادل حدی و عددی

احسان سیدی حسینی نیا، کارشناس ژئوتکنیک، مهندسین مشاور ساحل، دانشجوی دکترا دانشگاه تهران
حمید علی الهی، کارشناس ژئوتکنیک، مهندسین مشاور ساحل، دانشجوی دکتری ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد علوم تحقیقات^۱

تلفن: ۰۲۱-۸۸۹۱۳۱۱۵، نمابر: ۰۲۱-۸۸۹۱۳۱۱۹، پست الکترونیکی: Eseyedi@ut.ac.ir

تلفن: ۰۲۱-۸۸۹۱۳۱۱۵، نمابر: ۰۲۱-۸۸۹۱۳۱۱۹، پست الکترونیکی: Elahi1979@Yahoo.Com

چکیده

دیوارهای وزنی بلوکی از جمله سازه های خاکی مرسوم در ساخت اسکله های دریایی می باشد. از این نوع اسکله در ساخت برخی از پست اسکله های بندر پتروشیمی استفاده شده است. در این مقاله، به چگونگی ارزیابی رفتار این نوع دیوارها در شرایط وقوع زلزله به مطالعه موردی پست اسکله ۱۱ این بندر پرداخته شده است. در این راستا، از دو روش تعادل حدی و روش عددی اجزای محدود بهره گرفته شده است. همچنین با توجه به اهمیت این سازه، این تحلیل ها در دو سطح مختلف زلزله بر مبنای "طراحی بر اساس عملکرد" انجام گردیده است. مقایسه نتایج حاصل از این دو روش، نشان دهنده تطابق نسبتا خوب میان این دو روش می باشد. همچنین با در نظر گرفتن نکات آیین نامه های مختلف و ارضا کردن شرایط بیان شده در آنها، می توان گفت که مقطع طراحی شده در برابر زلزله پایدار بوده و عملکرد قابل قبولی خواهد داشت.

کلمات کلیدی: اسکله وزنی بلوکی، روش تعادل حدی، روش عددی، سطح زلزله، طراحی بر اساس عملکرد.

۱- مقدمه

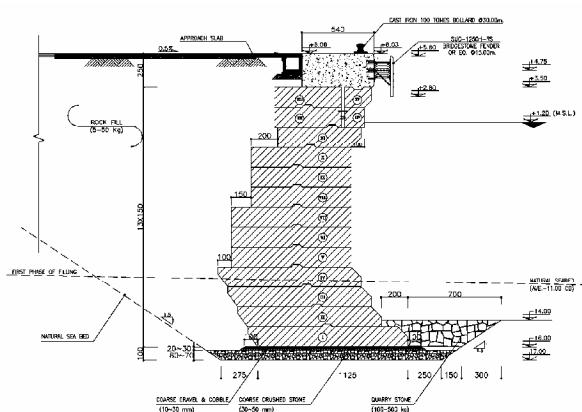
دیوارهای وزنی بلوکی بتنی از جمله سازه های خاکی مرسوم در ساخت اسکله های دریایی می باشد. از مزایای این نوع اسکله ها می توان به تکنولوژی ساده ساخت (نسبت به دیگر انواع اسکله مثل اسکله شمع و عرشه و اسکله کیسونی)، ارزانی بتن نسبت به فولاد و بویژه دوام آنها نسبت به عوامل خوردنده در محیطهای دریایی اشاره نمود. با توجه

به عملکرد این نوع دیوارها در مناطق لرزه خیز و بنا بر توصیه آیین نامه های مختلف (EAU, 1990; OCDI, 2002)، استفاده از مقطع گوژپستی می تواند بهترین عملکرد را داشته باشد [۸]. مقطع اسکله بلوکی باید طوری انتخاب گردد که معیارهای پایداری در تراز شالوده و ترازهای هر ردیف بلوک، در کلیه مراحل اجرای اسکله و خاکریزی پشت آن ارضاء شود. معیارهای طراحی شامل کنترل لغزش، واژگونی، ظرفیت باربری و خروج از مرکزیت می باشند. در صورت وجود سازه ای حساس نسبت به نشست (نظیر جرثقیل)، کنترل نشست و پایداری کلی نیز به موارد فوق افزوده می گردد.

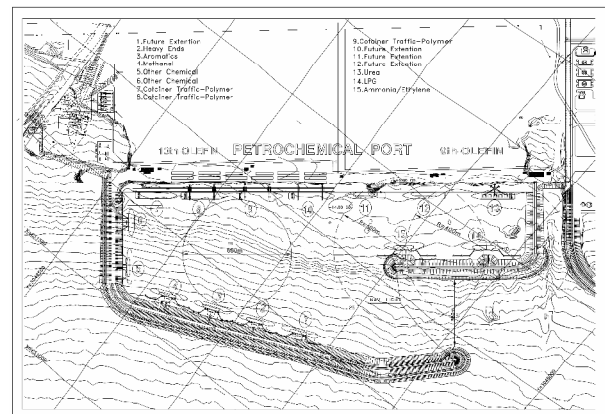
بندر پتروشیمی پارس به عنوان یکی از مهمترین بنادر آینده جنوب کشور با هدف بهره گیری از منابع عظیم نفت و گاز حوزه پارس جنوبی و صدور محصولات پتروشیمی در منطقه عسلویه در حال احداث می باشد. بخشی از اسکله های این بندر از نوع دیوار بلوکی بوده که با توجه به بالابودن سطح لرزه خیزی منطقه مقطع آن از نوع گوژپستی طراحی شده است که تاثیر بسزایی در کاهش فشار خاک دارد [۹، ۱۰]. در این مقاله سعی بر آن است تا بطور مختصر روند تحلیل این نوع دیوار با روشهای مختلف شامل تعادل حدی و تحلیل عددی بروش اجزای محدود پرداخته شده و نتایج این دو روش بایکدیگر مقایسه شوند.

۲- توصیف منطقه

بندر بزرگ پتروشیمی در منطقه عسلویه و در فاصله ۲۷۵ کیلومتری از جنوب شرقی شهرستان بوشهر واقع شده است. این بندر از نظر سطح لرزه خیزی در منطقه پرخطر طبق مطالعات لرزه خیزی توسط "پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله" قرار گرفته است [۱۱]. اسکله های ساحلی مشتمل بر هفت اسکله با کاربریهای متفاوت از جمله حمل اوره و آمونیاک و پایانه کانتینری می باشد. این اسکله ها دارای ۱۴ متر عمق آبخور می باشند به نحوی که تراز لایروبی در آنها برابر $CD - 14.0$ و تراز روی عرشه برابر $CD + 6.0$ می باشد. سیستم دیوار بلوکی بتنی به عنوان گزینه اصلی، ابلاغ و مورد طراحی تفصیلی قرار گرفت [۷]. البته بخشی از دیوار ساحلی به دلایل ژئوتکنیکی با سیستم شمع و عرشه اجرا گردید که دلایل آن خارج از بحث مقاله است. در این مقاله به مطالعه پست اسکله ۱۱ پرداخته می شود. پلان این بندر و مقطع اسکله بلوکی شماره ۱۱ در اشکال (۱) و (۲) نشان داده شده اند.



شکل (۲). مقطع اسکله بلوکی پست ۱۱ بندر پتروشیمی



شکل (۱). پلان بندر بزرگ پتروشیمی پارس

۳- شرایط ژئوتکنیکی منطقه

جهت شناخت بافت تحت الارضی در محدوده اسکله ساحلی در بندر پتروشیمی، مطالعات ژئوتکنیک توسط مهندسين مشاور ساحل و فوگرو به طور جداگانه انجام شده است. این مطالعات نشان دهنده متغیر بودن بافت خاک در طول اسکله های ساحلی می باشد. براساس این مطالعات، لایه بندی بافت تحت الارضی در این منطقه (پست اسکله ۱۱ بطول حدود ۳۰۰ متر) به شرح زیر می باشد.

لایه اول شامل شن بسیار متراکم به همراه لای و ماسه و قلوه سنگ بوده و لایه دوم مشتمل بر یک لایه ماسه لای دار بسیار متراکم می باشد که زیر این لایه یک لنز سیلتی سفت قرار دارد. لایه چهارم تا انتهای گمانه ها، از شن و ماسه رس و لای دار متراکم تشکیل شده است. در اعماق مختلف، آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) انجام شده و همچنین بر روی نمونه‌های دست خورده اخذ شده از اعماق مختلف آزمون‌های شناسایی فیزیکی خاک و آزمایش برش مستقیم انجام گرفته شده است. لذا پروفیل طراحی ژئوتکنیکی در این محدوده با رعایت جوانب احتیاط لازم به صورت جدول (۱) پیشنهاد شده است.

جدول (۱). پارامترهای طراحی ژئوتکنیکی در محل پست اسکله شماره ۱۱

ν	E (MPa)	φ (degree)	C (KPa)	γ _{sat} (KN/m ³)	وضعیت تراکم یا سفتی	ضخامت (متر)	تراز نسبت به CD (متر)	توصیف لایه
۰/۳	۸۰	۴۵	۰	۲۱	بسیار متراکم	۱۲	-۱۱/۰ ~ -۲۳/۰	شن لای دار به همراه قلوه سنگ
۰/۳	۶۰	۳۸	۰	۲۰	متراکم	۳	-۲۳/۰ ~ -۲۶/۰	ماسه شن دار به همراه لای
۰/۳	۱۰	۳۴	۰	۲۰	سفت	۱	-۲۶/۰ ~ -۲۷/۰	لای ماسه دار
۰/۳	۱۲۰	۴۵	۰	۲۱	بسیار متراکم	-	> -۲۷	شن لای دار به همراه ماسه و قلوه سنگ

۴- شرایط بارگذاری

۴-۱- سربار اسکله

مقدار سربار زنده یکنواخت در شرایط عادی طبق توصیه نامه های مختلف، برابر با ۴ تن بر متر مربع در نظر گرفته است. همچنین نیرویی معادل ۴۰ کیلونیوتن بر متر طول به عنوان نیروی مهار شناور بر اسکله اعمال می شود. همچنین طبق توصیه آیین نامه ها، سربار اسکله در شرایط زلزله ۵۰٪ مقدار در شرایط عادی در نظر گرفته شده است.

۴-۲- زلزله

مطابق استاندارد کارهای دریایی ژاپن، دو سطح زلزله مبنا به صورت سطح ۱ (تأمین پایداری و کارایی قابل قبول) و سطح ۲ (قابل تعمیر و قابل استفاده تا پایان عمر پروژه) در نظر گرفته شده است. بنابه پیشنهاد این آیین نامه برای این نوع از دیوارها به دلیل پایین بودن زمان تناوب طبیعی و میرایی حین زلزله، آنالیزهای شبه استاتیکی کافی است. ولی به منظور دستیابی به اطمینان کافی از عملکرد این نوع از سازه ها در زلزله، تحلیل لرزه ای دیوار به دو روش شبه استاتیکی (بر اساس سطح ۱ با $PGA=0.23$) و تحلیل دینامیکی (بر اساس سطح ۲ با $PGA=0.42$) انجام شده است. در روش اول، یک نیروی استاتیکی معادل افقی (برابر با درصدی از نیروی قائم) به محیط اعمال می گردد. به منظور تعیین ضریب افقی زلزله افقی از آیین نامه ژاپن (OCDI, 2002) استفاده شده که بر طبق روش ارائه شده در این آیین نامه، برابر با ۰/۱۵ در سطح ۱ بدست آمده است. جهت برآورد تغییر مکانهای اسکله تحت زلزله، از تحلیل عددی (تحلیل دینامیکی در حوزه زمان) استفاده شده است. در این نوع تحلیل، نیروی ناشی از زلزله بصورت تاریخچه زمانی شتاب به سنگ بستر در مدل اعمال می شود و پاسخ تنش- تغییر مکان سازه در نقاط مختلف و در هر لحظه از دامنه زمان بدست می آید.

جدول (۲). اسامی شتاب نگاشتهای انتخاب شده در تحلیل دینامیکی اسکله

موقعه‌های افقی	PGA(g) مقیاس شده	ایستگاه	زلزله
CPM0	1.35	Cape Mendocino	Cape Mendocino (1992)
CPM90	0.94		
TCU-N	0.44	TCU046	Chi-Chi, Taiwan (1999)
TCU-W	0.50		
WON95	0.47	Wonderland	Northridge (1994)
WON185	0.72		
PUL104	0.95	Pacoima Dam	Northridge (1994)
PUL194	0.77		
GBZ0	0.73	Gebze	Kocaeli, Turkey (1999)
GBZ270	0.41		
IZT90	0.55	Izmit	Kocaeli, Turkey (1999)
IZT180	0.38		
LAN0	1.1	24 Lucerne	Landers (1992)
LAN275	1.0		

در انتخاب شتاب نگاشتهای مختلف، عوامل مشخصات منبع لرزه‌ای، بزرگای زمین لرزه، مشخصات مسیر منبع لرزه‌ای تا ساختگاه و مشخصات ژئوتکنیکی ساختگاه در نظر گرفته شده‌اند. شتابنگاشتهای انتخابی بر اساس PGA طیف طرح ساختگاه مقیاس شده‌اند. در مجموع از ۷ شتابنگاشت جهت استفاده در تحلیل دینامیکی دیوار بلوکی اسکله ساحلی بندر پتروشیمی انتخاب شد که در جدول (۲) ارائه شده‌اند.

۵- تحلیل اسکله

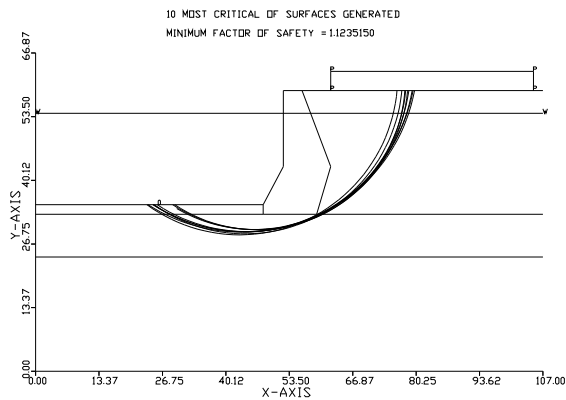
تحلیل اسکله به دو بخش کنترل پایداری و تغییرشکلها تقسیم می‌شود که با هر دو روش تعادل حدی و روش عددی FEM بررسی شده‌اند.

۵-۱- کنترل پایداری

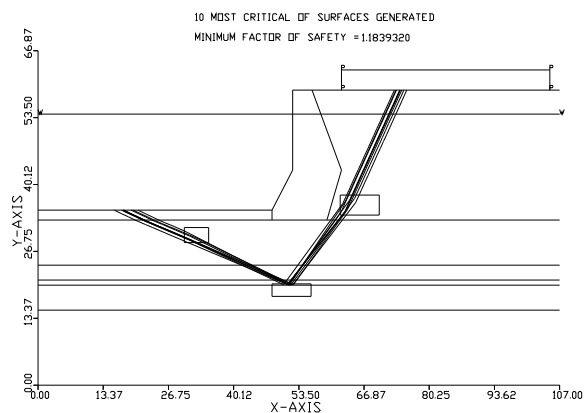
هدف از بررسی پایداری مجموعه، رسیدن به یک درجه اطمینان قابل قبول با در نظر گرفتن جمیع نیروهای وارد بر مجموعه می‌باشد. منظور از پایداری دیوار، بررسی پایداری کلی، لغزش و واژگونی دیوار می‌باشد. همچنین لازم است که ظرفیت باربری و نشست در زیر پی نیز کنترل شود [۱،۷].

۵-۱-۱- تعادل حدی

جهت پایداری کلی مجموعه دیوار و خاک پشت آن از روش قطعات استفاده شده است، بطوریکه علاوه بر نیروهای سربار، وزن مرده و فشار آب، یک نیروی افقی معادل زلزله بر هر قطعه اعمال می‌شود (روش قطعات بیشاپ اصلاح شده). دو نوع مکانیزم کسپختگی شامل مکانیزم دایره ای و گوه ای در نظر گرفته شده است. در مکانیزم اول، سعی می‌شود که بحرانی ترین دایره گذرنده از پای دیوار، با کمترین ضریب اطمینان دست یافت. در مکانیزم گوه ای نیز، هدف رسیدن به کمترین ضریب اطمینان با عبور از ضعیف ترین لایه خاک می‌باشد. همچنین کنترل لغزش و واژگونی در پایین ترین تراز دیوار و در تراز هر بلوک از دیوار با در نظر گرفتن کلیه نیروهای اعمالی به دیوار شامل نیروی جانبی خاک در دو شرایط استاتیکی و زلزله و فشارهای هیدرواستاتیک و هیدرو دینامیک آب و غیره انجام شده و سپس ضرایب اطمینان بدست آمده با ضرایب اطمینان مجاز پیشنهاد شده در آیین نامه ها تدقیق داده شده است. نتایج آنالیزها در اشکال (۳) و (۴) نمایش داده شده‌اند.



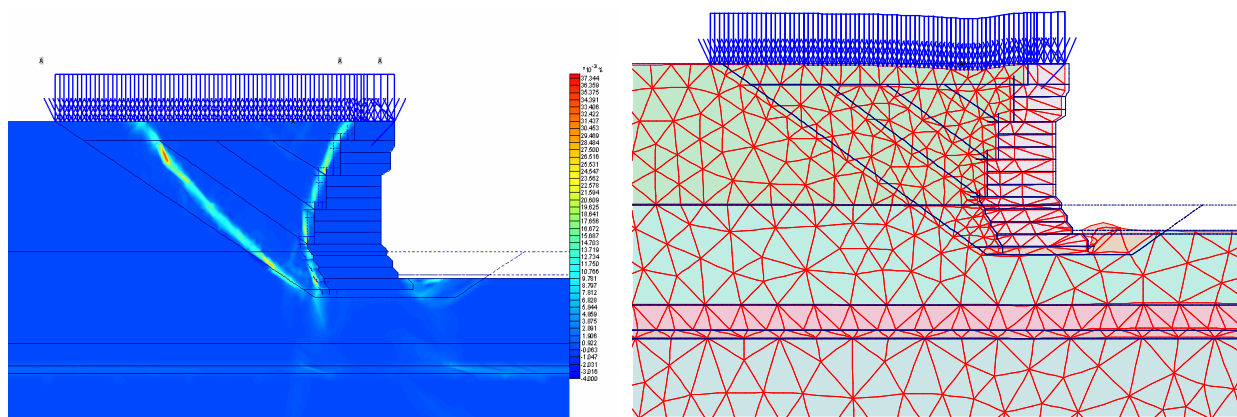
شکل (۴). نمایش خطوط گسیختگی بصورت دایره ای



شکل (۳). نمایش خطوط گسیختگی بصورت گوه ای

۵-۱-۲- روش عددی FEM

برای انجام تحلیل از نرم افزار اجزا محدود *PLAXIS Ver. 7.2* با مدل سازی عددی دوبعدی در شرایط کرنش مسطح و رفتار الاستوپلاستیک (مدل موهر-کولمب برای خاک) استفاده شده است. با توجه به قدرت بالای این شیوه شبیه سازی، می توان به مطالعه تنش-تغییر شکل مجموعه پرداخت (بر خلاف روش تعادل حدی). به عبارتی، علاوه بر مدل سازی مراحل ساخت دیوار و تعیین تنشها و تغییرشکلهای ایجاد شده، می توان به بررسی گسیختگی احتمالی نیز پرداخت (شکل (۵)). همچنین در این نرم افزار با استفاده از تکنیک *Phi-C Reduction* امکان محاسبه ضریب اطمینان در سازه های خاکی امکان پذیر می باشد. در این روش، با اعمال ضرایب کاهش مختلف به پارامترهای مقاومتی خاک، به حل معادلات حاکم بر محیط پیوسته پرداخته و میدانهای تنش و تغییر مکان را محاسبه می نماید. این کاهش مقاومت تا زمانی که گسیختگی در مدل رخ نداده، ادامه می یابد. مقدار ضریب کاهش مقاومت در هنگام گسیختگی، بعنوان ضریب اطمینان گزارش می شود. شایان ذکر است که تغییر شکلهای حاصل از این روش بی معنی بوده و نمی توان از آنها استفاده نمود (شکل (۶)).



شکل (۵). نمایش تغییرشکلهای دیوار پس از اتمام زلزله

شکل (۶). نمایش میدان کرنشهای برشی پشت دیوار- گسیختگی خاک

۵-۲- کنترل ظرفیت باربری

به منظور کنترل ظرفیت باربری پی دیوار در برابر بارهای وارده از دو روش وسیک و روش پیشنهادی آیین نامه ژاپن (*OCDI, 2002*) استفاده شده است. در روش ارائه شده در آیین نامه مذکور، کنترل دایره های لغزش (*Circular Slip*)

(*surface Method*) با در نظر گرفتن خروج از مرکزیت بار روی پی مورد توجه قرار گرفته است. نتایج تحلیل و مقایسه با مقادیر مجاز در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول (۳). نتایج ضرایب اطمینان برای ظرفیت باربری پی دیوار

ضریب اطمینان		روش کنترل ظرفیت باربری
مجاز	محاسبه شده	
۱/۰	۱/۴۵	روش آیین نامه ژاپن
۲/۰	۳/۲	روش وسیک

۵-۳- کنترل تغییر شکل

همانطور که قبلاً هم اشاره شد، در تحلیل لرزه ای سازه های مهم، از سطح زلزله ۲ جهت بررسی تغییر شکلهای ایجاد شده تحت یک زلزله شدید استفاده می شود. بدین منظور از روش های ساده تعادل حدی "بلوک لغزش" و روش پیشرفته تحلیل دینامیکی با *FEM* بهره گرفته شده است. پس از تعیین تغییر مکان ماندگار دیوار در تمام زلزله های اعمالی از هر دو روش، نتایج حاصل با استفاده از عملیات آماری و احتمالی تحلیل شده اند. بدین ترتیب که با استفاده از توزیع چگالی احتمال چولسکی، بازه ای که تغییر مکانهای حاصل از تحلیل با احتمال بیش از ۹۵٪ در آن بازه قرار می گیرد، بدست آمده است.

۵-۳-۱- تعادل حدی

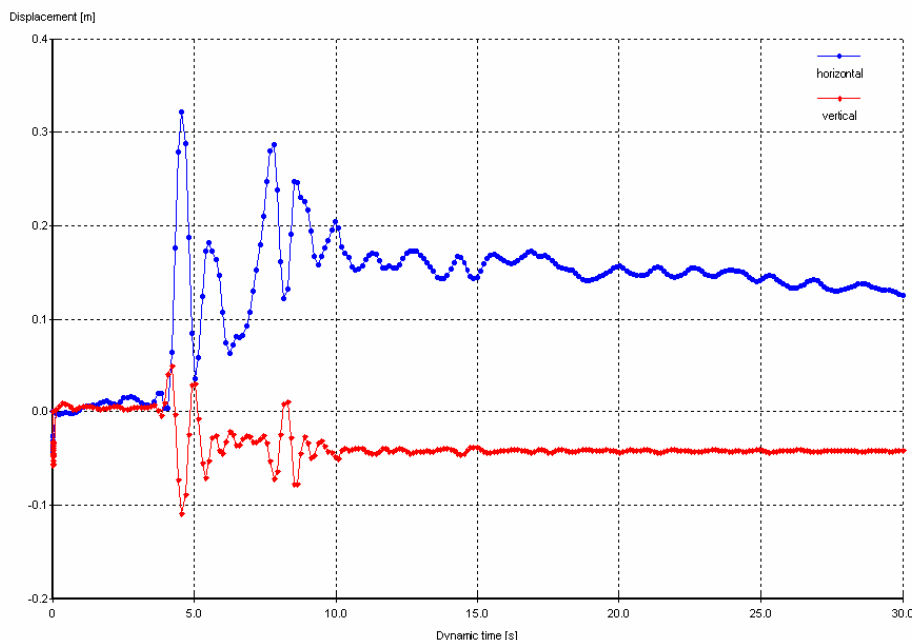
تاکنون روشهای ساده و مستقیمی برای تخمین تغییر مکان دائمی دیوارهای وزنی در اثر زلزله ارائه شده اند. همگی این روشها بر پایه مدل بلوک لغزشی نیومارک (*Newmark, 1965*) و فرضیاتی مشابه آنچه که در روش شبه استاتیک بیان گردید، پایه ریزی شده اند. استفاده از این روش مستلزم ارزیابی شتاب گسیختگی (*ay*) برای سیستم دیوار- خاک می باشد. این شتاب طبق تعریف برابر شتابی است که در آن ضریب اطمینان لغزش به یک برسد که بنا بر محاسبات انجام شده و با روند سعی و خطا برابر با $0.2g$ بدست آمده است. زمانی که شتاب پایه (مقادیر شتاب در تاریخچه) از شتاب گسیختگی (*ay*) سیستم تجاوز نماید، سیستم دیوار- خاک شروع به لغزش بر روی پایه و سطح گسیختگی ایجاد شده در خاکریز پشت می نماید. محاسبه تغییر مکان افقی اسکله ساحلی با سه روش شامل روش لغزشی نیومارک، روش *Richards and Elms (1979)* و روش *Whitman and Liao (1985)* انجام شده اند. جمع بندی محاسبات تغییر مکان به روش های مختلف در جدول (۴) خلاصه شده است.

جدول (۴). تغییر مکان افقی اسکله (سانتیمتر) حاصل از روش تعادل حدی با احتمال وقوع ۹۵٪

روش آنالیز	حداقل	میانگین	حداکثر
آنالیز نیومارک	۶/۵۸	۱۰/۱۹	۱۳/۸
روش Richard & Elms	۵/۷۲	۱۷/۶۱	۲۹/۵۱
روش Whitman & Liao	۱۹/۰	۵۸/۶۲	۹۸/۲۱

۵-۳-۲- روش عددی FEM

با استفاده از تکنیک مدل سازی عددی *FEM* می توان تغییرات جابجایی هر نقطه از محیط شبیه سازی شده با گذر زمان (تحت شتاب نگاشت اعمالی به مدل) را تعیین نمود. به منظور مقایسه با روشهای تعادل حدی، تغییر مکان بالای سر اسکله مورد توجه قرار گرفته است. در شکل (۷) نمونه ای از تاریخچه تغییر مکان بالای دیوار نشان داده شده است. همچنین، نتایج آماری برای آنالیز تغییر مکان بالای دیوار حاصل از تمام شتاب نگاشتهای مورد استفاده در جدول (۵) ارائه شده است.



شکل (۷). تاریخچه تغییر مکانهای افقی و قائم بالای دیوار در زلزله Northridge (1994) ایستگاه سد Pacoima

جدول (۵). تغییر مکان افقی اسکله (سانتیمتر) حاصل از روش عددی با احتمال وقوع ۹۵٪

حداکثر	میانگین	حداقل	آنالیز دینامیکی عددی
۳۰/۷	۲۴/۴	۱۸/۱	تغییر مکان افقی بالای دیوار
۰/۲۶	۰/۲۰	۰/۱۴	دوران دیوار به سمت دریا (درجه)

۶- بررسی نتایج

در جدول (۶) مقادیر میانگین تغییر مکان افقی بالای دیوار و دوران دیوار حاصل از تحلیل عددی با مقادیر مجاز ارایه شده در مراجع مختلف از قبیل آیین نامه ژاپن و راهنمای طراحی لرزه‌ای سازه‌های بندری (PIANC, 2001) مقایسه گردیده است. این مقایسه بیانگر عملکرد مناسب سازه اسکله بلوک بتنی در زلزله سطح ۲ بوده و نشان می‌دهد که اسکله مورد نظر نیازهای طراحی روش *Performance-based Design* را برآورده می‌سازد.

جدول (۶). مقایسه مقادیر میانگین تغییر مکان و دوران اسکله بلوک بتنی با مقادیر مجاز

مقدار مجاز براساس آیین نامه ژاپن 2001 و PIANC(2001)	اجزا محدود	تعادل حدی		تغییر مکان
		آنالیز نیومارک	روش	
۳۰ ~ ۱۰۰	۲۴/۴	۱۰/۱۹	روش Richard & Elms	
		۱۷/۶۱	روش Whitman & Liao	
		۵۸/۶۲		
۳ ~ ۵	۰/۲۰	دوران دیوار به سمت دریا (درجه)		

جدول (۷) مقادیر ضرایب اطمینان بدست آمده از روشهای تعادل حدی و اجزا محدود در شرایط شبه استاتیکی نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳ که شمای کلی گسیختگی گوه ای پس از زلزله، این نتیجه حاصل می‌شود که مود گسیختگی و ضرایب اطمینان محاسبه شده از دو روش با یکدیگر سازگاری مناسبی دارند و بدیهی است که اختلافهای

اندک بوجود آمده نیز ناشی از اختلاف ماهوی روشهای محاسبه هر یک از آنها می باشد. با مقایسه مقادیر ضریب اطمینان حاصله با مقادیر مختلف ارائه شده در مراجع مختلف می توان گفت که شرایط پایداری ارضا می شود.

جدول (۷). مقایسه نتایج حاصل از روشهای تعادل حدی و اجزا محدود در تحلیل شبه استاتیکی

ضرایب اطمینان				
مجاز			محاسبه شده	
بر اساس پیشنهاد آیین نامه OCDI	بر اساس پیشنهاد آیین نامه US Army Corps.	بر اساس پیشنهاد آیین نامه BS	اجزا محدود	تعادل حدی
۱/۰	۱/۱ - ۱/۲	۱/۲	۱/۱۵	۱/۱۲ گسیختگی دایروی
				۱/۱۸ گسیختگی گوه ای

۷- جمع بندی و نتیجه گیری

در این مقاله به ارائه روش محاسباتی طراحی اسکله بلوک بتنی بندر پتروشیمی در محل اسکله ۱۱ و بر اساس روش *Performance-Based Design* پرداخته شد. نگرش این شیوه، توجه به دو سطح زلزله مختلف جهت بررسی عملکرد دیوار در تامین پایداری و قابلیت بهره برداری مجدد آن پس از زلزله می باشد. محاسبات بر اساس دو روش تعادل حدی و روش عددی اجزای محدود برای بررسی پایداری و کنترل تغییر شکلها پس از زلزله انجام شده اند. مقایسه نتایج حاصل از این دو روش، نشان دهنده تطابق نسبتا خوب میان این دو می باشد. همچنین، بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعات انجام شده، می توان گفت که مقطع طراحی شده در اسکله ۱۱ بندر پتروشیمی در برابر زلزله سطح یک پایدار بوده و عملکرد قابل قبولی در حد مجاز پیشنهادی آیین نامه ها در برابر زلزله سطح دو خواهد داشت.

۸- مراجع

1. Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan (OCDI 2002), Japan, p.p. 600.
2. E.A.U. (1990), Recommendations of The Committee for Waterfront Structures, Harbours and Waterways, 6th Eng. Ed., Ernst & Sohn, Berlin, 623p.
- Plaxis Software., version 7.2, Delft University
3. Newmark, N. (1965). "Effects of earthquakes on dams and embankments", *Géotechnique*, Vol. 15, No. 2, pp.139-160.
4. Richards, R. and Elms, D. (1979). "Seismic behavior of gravity retaining walls", *J. of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, vol. 105, No. GT4, pp.449-464.
5. Whitman, R.V. and Liao, S. (1985), "Seismic design of retaining walls", *Miscellaneous paper GL-85-1*, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
6. "PIANC, (2001), Seismic Design Guidelines for Port Structures, International Navigation Association, Balkema Publications, ISBN 90 265 1818 8
7. B.S.: 6349 (1988), "British Standard Code of Practice for Maritime Structures, Part 2: Design of Quay Wall, Jetties and Dolphins", BSI, 106 p.
۸. داوری، م.، علی عسگری، ا.، فاخر، ع.، (۱۳۸۴). "شکل مناسب اسکله های بلوک بتنی در مناطق لرزه خیز"، ششمین همایش بین المللی سواحل و بنادر، تهران، ایران.
۹. مهندسین مشاور ساحل (۱۳۸۵). "طراحی مقطع اسکله بلوک بتنی در محل پست اسکله شماره ۱۱؛ جلد اول: طراحی مقطع بروش تعادل حدی"، گزارش، ۱۷۳ ص. تهران، ایران.
۱۰. مهندسین مشاور ساحل (۱۳۸۵). "طراحی مقطع اسکله بلوک بتنی در محل پست اسکله شماره ۱۱؛ جلد دوم: تحلیل عددی اسکله به روش اجزا محدود"، گزارش، ۶۶ ص. تهران، ایران.
۱۱. پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، "مطالعات پهنه بندی خطرات لرزه ای و ژئوتکنیک لرزه ای منطقه عسلویه (محدوده ۹۱۰ هکتاری)"، پژوهشکده مهندسی ژئوتکنیک و پژوهشکده زلزله شناسی، شهریور ۱۳۸۰، جلد اول تا سوم.