



طراحی اسکله‌های وزنی بلوکی با تأکید بر طراحی در شرایط زلزله

ابوالفضل علی‌عسگری، کارشناس ارشد ژئوتکنیک، مدیر طراحی بخش سازه‌های دریایی شرکت مشاور سازه‌پردازی*
 محمد رضا شاکری، کارشناس ارشد ژئوتکنیک، کارشناس شرکت مهندسين مشاور سازه‌پردازی ایران**
 * تلفن: ۵-۸۸۶۳۵۸۵۰-۰۲۱، شماره: ۸۸۶۳۲۱۹۰-۰۲۱، پست الکترونیکی: aliasgari@sazehpardazi.com
 ** پست الکترونیکی: shakeri@mehr.sharif.edu

چکیده

با توجه به سهولت اجرا، عدم نیاز به مصالح و ماشین‌آلات خاص و همچنین دوام مناسب بتن غیر مسلح در شرایط محیطی نامناسب آب دریا، اسکله‌های وزنی بلوکی می‌تواند یکی از گزینه‌های مطلوب باشد، به شرط آنکه بتوان تمامی معیارهای پایداری را ارضا نمود. در این مقاله، هدف، بررسی ضوابط مختلف پایداری شامل لغزش، واژگونی، خروج از مرکزیت و ظرفیت باربری برای اسکله‌های وزنی بلوکی، مخصوصاً در شرایط زلزله، نحوه تعیین نیروی رانش در این شرایط و ارائه راهکارهای مناسب جهت بهینه‌سازی اسکله بلوکی با در نظر گرفتن شیب دار کردن بلوکها و جابجایی نسبی آنها می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که نحوه استقرار بلوکها و شکل آنها، تأثیر به‌سزایی در بهینه‌سازی مقطع اسکله از نظر اجرایی و اقتصادی خواهد داشت.

کلیدواژه‌ها: اسکله وزنی بلوکی، طراحی لرزه‌ای، فشار جانبی خاک

۱- مقدمه

هنگامیکه بستر دریا دارای مشخصات ژئوتکنیکی مناسبی (مانند سنگ، ماسه متراکم یا رس سفت) باشد، می‌توان از سیستمهای وزنی جهت ساخت پهلوگیر استفاده نمود. بعضی از انواع این اسکله‌ها را می‌توان بر روی خاکهای ضعیف‌تر نیز بنا نمود، در این شرایط تغییر مکانهای سازه زیاد خواهد بود. همچنین در صورتیکه ضخامت لایه‌های نامناسب، کم باشد می‌توان این لایه‌ها را برداشته و با مصالح سنگریز جایگزین نمود. بعضی از انواع اسکله‌های وزنی در خشکی ساخته می‌شوند. در این حالت با ایجاد خاکریز، محوطه احداث اسکله خشک گردیده و پس از اجرای اسکله، سد خاکریزی شده برداشته می‌شود. اما عمدتاً اجرای این اسکله‌ها در آب انجام می‌شود. انواع اسکله‌های وزنی را می‌توان با توجه به شرایط اجرا به سه گروه طبقه‌بندی نمود: گروه اول: اسکله‌های بلوکی بتنی، اسکله‌های دیوار بتن مسلح پیش ساخته، اسکله‌های صندوقه‌ای، اسکله‌های سلولی سپری و اسکله‌های به صورت دو ردیف سپر

موازی؛ گروه دوم: اسکله‌های بتن غیر مسلح درجا و اسکله‌های بتن مسلح درجا؛ گروه سوم: اسکله‌های دیافراگم پیوسته.

نوع بسیار متداول اسکله‌های وزنی، اسکله‌های بلوکی بتنی می‌باشد. این اسکله‌ها خود به سه شکل بلوکهای در هم جفت شونده (bounded block work)، اسکله‌های به هم متصل شونده توسط یک ستون بتن مسلح (column block work) و اسکله‌های گوه‌ای (sliced block work) اجرا می‌گردند. اسکله از نوع بلوکهای در هم جفت شونده، نوع متداولتری از این نوع اسکله‌ها می‌باشد. پس از طراحی چند اسکله از این نوع در نقاط مختلف، نکاتی در طراحی این نوع اسکله مورد نظر قرار گرفته که در مقاله حاضر ارائه شده است.

۲- مبانی طراحی اسکله‌های وزنی بلوکی

در طراحی اسکله‌های وزنی بلوکی دو بحث اصلی پایداری (stability) و عملکرد (performance) بایستی مورد بررسی قرار گیرد. پایداری سازه معمولاً در دو حالت عادی و زلزله مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به مدهای خرابی سازه‌های وزنی، بررسی پایداری شامل بررسی واژگونی، لغزش و ظرفیت باربری شالوده می‌باشد. در آیین‌نامه ژاپن زلزله با دوره بازگشت ۷۵ ساله که مربوط به احتمال وقوع ۵۰ درصد و عمر مفید ۵۰ سال می‌باشد برای بررسی پایداری در نظر گرفته شده است.

عملکرد سازه نیز بایستی در دو حالت عادی و زلزله مورد بررسی قرار گیرد. در حالت عادی بررسی نشست و دوران سازه بایستی انجام گردد. مقادیر نشست و دوران مجاز معمولاً بستگی به نوع سازه، چگونگی وقوع نشست و دوران دارد. طراحی سازه بر اساس عملکرد در حالت زلزله (Seismic Performance Based Design) از مباحث جدید مطرح شده در آیین‌نامه‌ها می‌باشد که برای سازه‌های با اهمیت بسیار زیاد الزامی است. در این روش، زلزله طراحی و پارامترهای کنترلی برای عملکرد سازه بایستی به خوبی مشخص گردد. در آیین‌نامه ژاپن (استاندارد فنی و توصیه‌های طراحی تاسیسات بندری ژاپن) زلزله طراحی برای بررسی عملکرد در حالت زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله که مربوط به احتمال وقوع ۱۰ درصد و عمر مفید ۵۰ سال می‌باشد، برای بررسی عملکرد در نظر گرفته شده است. برخی از معیارهای خرابی اسکله‌های وزنی در جدول ۱ ارائه شده است. این معیارها، الزامات حداقل بوده و بنابراین در ارزیابی عملکرد لرزه‌ای با توجه به معیارهای خرابی بر اساس پارامترهای مختلف قرار می‌گیرد.

جدول ۱: برخی از معیارهای خرابی در اسکله‌های وزنی [۷]

سطح خسارت	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	درجه ۴
جابجایی افقی نرمال شده (d/H)، %	$< 1/5$	۵ - ۱/۵	۱۰ - ۵	> 10
چرخش دیوار به سمت دریا، °	< 3	۵ - ۳	۸ - ۵	> 8

یکی از مهمترین مشکلات موجود در ارزیابی عملکرد، عدم وجود روشهای مهندسی تحلیل می باشد. چنانچه قبلاً نیز بیان گردید، ارزیابی عملکرد لرزه‌ای فقط برای سازه‌های با اهمیت بسیار زیاد مطرح گردیده و برای عمده سازه‌ها طراحی بر اساس پایداری در این زمینه کفایت می نماید. موضوع طراحی بر اساس عملکرد لرزه‌ای، بحث این مقاله نبوده و به همین حد بسنده می گردد. در ادامه به بررسی معیارهای پایداری اسکله‌های وزنی پرداخته می شود.

۱-۲- بررسی واژگونی

واژگونی اسکله به صورت کلی و در هر مقطع افقی بایستی کنترل شود. ضریب اطمینان واژگونی در آیین‌نامه ژاپن برابر $1/2$ در حالت عادی و $1/1$ در حالت زلزله تعیین شده است. معمولاً ضریب اطمینان واژگونی در دیوارهای حائل در حالت عادی بین $1/5$ تا 2 در نظر گرفته می شود. ملاحظه می گردد که ضرائب اطمینان ارائه شده در آیین‌نامه ژاپن نسبت به مقادیر متداول در طرح بناهای حایل اعداد کوچکی می باشد و علت این موضوع در آیین‌نامه مشخص نگردیده است. همچنین تفاوت ضرایب اطمینان در حالت زلزله و عادی خیلی کم می باشد. در هر حال در عمل مشاهده می شود، در صورتیکه سایر شرایط پایداری (خروج از مرکزیت و لغزش) کنترل شوند، ضریب اطمینان واژگونی اعداد بزرگی به دست می آید که به هیچ وجه، کنترل کننده ابعاد سازه نخواهد بود.

۲-۲- بررسی لغزش

بررسی لغزش در مقطع اسکله در سطح شالوده و در کلیه درزهای افقی بین بلوکها ضروری است. انتخاب ضرائب اصطکاک مناسب در هر مقطع از نکات مهم در کنترل لغزش می باشد. ضریب اصطکاک بستگی به جنس دو سطح داشته و مقادیر ضریب اصطکاک در آیین‌نامه‌های طراحی ارائه شده است. مقادیر ضرائب اطمینان مجاز جهت کنترل لغزش در آیین‌نامه ژاپن در حالت عادی و زلزله به ترتیب $1/2$ و $1/0$ تعیین گردیده است. البته در آیین‌نامه به صراحت قید شده است که از اثر کلیدهای برشی در این مورد بایستی صرفنظر گردد.

کنترل لغزش عمدتاً تعیین کننده ابعاد سازه می باشد. با ملاحظه آیین‌نامه ژاپن که از اثر کلیدهای برشی صرفنظر می کند، ابعاد مقطع در هر تراز افقی نیز با ملاحظه لغزش تعیین می شود. همچنین تفاوت کم ضرائب اطمینان حالت عادی و زلزله باعث می گردد که تقریباً در کلیه مقاطع حالت زلزله تعیین کننده باشد.

۳-۲- بررسی ظرفیت باربری و خروج از مرکزیت

ظرفیت باربری شالوده در صورتیکه بستر از جنس سنگ باشد، تعیین کننده ابعاد سازه نخواهد بود. اما

در صورتیکه بستر از خاک دانه‌ای متراکم یا رس سخت تشکیل شده باشد، ظرفیت باربری در اثر وجود نیروی افقی کاهش یافته و به این ترتیب عامل تعیین کننده ابعاد شالوده اسکله می‌باشد. از طرف دیگر ابعاد اسکله بایستی طوری در نظر گرفته شود که تحت بارهای مرده (فشارهای خاک حالت عادی و وزن دیوار) تا حد ممکن یکنواخت باشد. این یکنواختی در شرایطی که بستر از لایه‌های نشست پذیر و خصوصاً هنگامی که نشست آن به صورت تدریجی است، تشکیل شده باشد، اهمیت بیشتری دارد. معمولاً ابعاد سازه در حالت عادی طوری تعیین می‌گردد که کشش در شالوده ایجاد نگردد به عبارت دیگر برآیند نیروها در یک سوم میانی بلوک قرار گیرد. در حالتی که اسکله بر بستر سنگی قرار داشته باشد می‌توان خروج از مرکزیت تا $B/4$ را نیز قابل قبول دانست.

آیین‌نامه B.S. تصریح می‌کند که در شرایط زلزله می‌توان ایجاد کشش در شالوده را پذیرفت در صورتیکه ضریب اطمینان در مقابل واژگونی کمتر از $1/5$ نباشد و فشار ایجاد شده در گوشه‌ها بیش از ۲۵ درصد از تنش مجاز بیشتر نگردد.

کنترل تنشهای فشاری در درزهای افقی ضرورتی ندارد زیرا معمولاً بتن مقاومت فشاری زیادی را تحمل می‌کند. همچنین محدودیتی از نظر خروج از مرکزیت در این درزها به نظر نمی‌رسد. ولی مناسب است که در حالت عادی میزان خروج از مرکزیت در درزهای افقی نیز به $B/6$ محدود گردد.

۳- نکاتی در طراحی اسکله‌های وزنی در شرایط زلزله

در طراحی اسکله‌های وزنی در شرایط زلزله بررسی لغزش و ظرفیت باربری و تأمین ضریب اطمینان کافی در این شرایط اهمیت ویژه‌ای دارد. در بحث لغزش افزایش فشار جانبی در شرایط زلزله و نیز نیروی اینرسی وارد بر دیوار سبب کاهش زیاد ضریب اطمینان لغزش می‌گردد. بحث ظرفیت باربری در مناطقی که بستر سنگی یا رس سخت وجود دارد مسئله عمده‌ای نمی‌باشد، اما در خاکهای دانه‌ای وجود نیروی افقی در تراز شالوده باعث کاهش شدید ظرفیت باربری می‌شود همچنین خروج از مرکزیت زیاد در حالت زلزله (که می‌توان محدودیتی برای آن در نظر نگرفت) سبب کاهش عرض مؤثر شالوده و در نتیجه کاهش ضریب اطمینان می‌شود.

در این قسمت پس از ارائه نکاتی در خصوص محاسبه فشار جانبی در حالت زلزله، روشهای افزایش ضریب اطمینان لغزش و ظرفیت باربری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- محاسبه فشار جانبی

محاسبه فشار جانبی بر اسکله‌های وزنی در حالت عادی معمولاً با استفاده از روش کلمب محاسبه می‌شود. این روابط در کتب مکانیک خاک موجود می‌باشد. محاسبه فشار جانبی در حالت زلزله بر دیوارهای نگهدارنده (که معمولاً سطح آب زیرزمینی پایین‌تر از کف شالوده می‌باشد) با استفاده از روابط

مونونوبه - اوکابه تعیین می گردد. در دیوارهای ساحلی و اسکله‌های وزنی، وجود آب در خاک سبب پیچیده شدن روابط می گردد. دو حالت مختلف ایجاد فشار آب حفره‌ای اضافی (با فرض شرایط محدود شده آب حفره‌ای) و عدم ایجاد فشار آب حفره‌ای اضافی را می توان در نظر گرفت. در حالت ایجاد فشار آب حفره‌ای اضافی، با در نظر گرفتن ضریب فشار آب حفره‌ای (f_u) و تغییر پارامترهای خاک می توان مسئله را حل نمود. در این قسمت بدلیل اینکه آیین نامه های طراحی (نظیر ژاپن) این حالت را مطرح نکرده اند، از بحث بیشتر خودداری می گردد. برای توضیحات بیشتر می توان به مرجع [۸] مراجعه نمود. در حالت عدم ایجاد فشار آب حفره‌ای اضافی، روش محاسبه فشار جانبی در حضور آب بر اساس روش مونونوبه - اوکابه توسط Matsuzawa و همکاران (۱۹۸۵)، تشریح گردیده است. برای این منظور خاکها به دو گروه طبقه بندی شده اند:

- خاکهای نفوذ ناپذیر در حالت زلزله

- خاکهای نفوذ پذیر

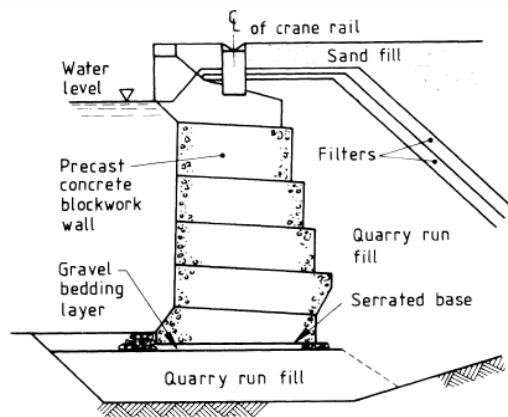
در حالت اول فرض می گردد که نفوذ پذیری خاک به اندازه ای کوچک است که در حین زلزله حرکت نسبی بین آب و خاک وجود ندارد (معمولاً نفوذ پذیری کوچکتر از 10^{-3} سانتی متر بر ثانیه)، در حالت دوم نفوذ پذیری خاک زیاد بوده (نفوذ پذیری بیش از یک سانتی متر بر ثانیه) و آب به صورت مستقل از خاک حرکت می نماید. در شرایط میانی بایستی با قضاوت مهندسی عمل شود. جزئیات کامل این روشها در مرجع [۹] ارائه شده است.

آیین نامه کارهای دریایی ژاپن برای محاسبه فشار جانبی در حالت زلزله، روش اول (restrained water case) را ارائه کرده است. همچنین در این آیین نامه (در بخش محاسبه فشار جانبی) ذکر شده است که نیروی هیدرودینامیکی ناشی از مکش آب بایستی در طراحی اسکله در نظر گرفته شود.

۳-۲- روش افزایش ضریب اطمینان لغزش

برای افزایش ضریب اطمینان لغزش علاوه بر افزایش ابعاد سازه می توان از روشهای زیر استفاده نمود:

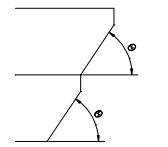
- شیب دار کردن سطوح افقی (درزهای افقی و سطح کف شالوده) نظیر شکل ۱
- زبر کردن سطح کف شالوده: میزان زبری بستگی به ابعاد سنگریزه های کف شالوده دارد.
- استفاده از شیب معکوس در پشت دیوار: شیب معکوس در پشت دیوار سبب کاهش ضرایب فشار جانبی می گردد. برای جلوگیری از ایجاد فضای خالی این شیب معکوس بایستی از زاویه اصطکاک داخلی مصالح سنگریز پشت دیوار تندتر باشد.



شکل ۱: شیبدار کردن سطوح برای افزایش پایداری در برابر نیروهای افقی

جهت مقایسه، ضریب فشار جانبی محرک در حالت عادی و زلزله (با ضریب زلزله ۰/۱۵) برای زاویه اصطکاک داخلی مصالح برابر ۳۵ درجه و زاویه اصطکاک خاک و دیوار برابر ۱۵ درجه برای چند شیب معکوس مختلف در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: ضرایب فشار جانبی برای شیب معکوس پشت اسکله

زاویه θ (deg.)	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	
K_a	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۴	
K_{ac}	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱۰	

۳-۳- روش افزایش ضریب اطمینان ظرفیت باربری

چنانچه در بخشهای قبل اشاره گردید، محدودیت خارج از مرکزیت در شالوده اسکله وزنی از شرطهای اساسی طراحی در حالت عادی است. در حالت زلزله اگرچه محدودیت خروج از مرکزیت وجود ندارد ولی خروج از مرکزیت زیاد سبب کاهش عرض مؤثر و کاهش ضریب اطمینان ظرفیت باربری می گردد که به این ترتیب بایستی خروج از مرکزیت را کاهش داد. جهت کاهش خروج از مرکزیت و ایجاد توزیع یکنواخت فشار در زیر شالوده، می توان عرض شالوده اسکله را از قسمت جلو تا حد ممکن افزایش داد یا به عبارت دیگر شالوده را به سمت جلو کشید. همچنین با عقب کشیدن تعدادی از بلوکها به سمت خاک می توان توزیع متعادلی از فشار در زیر شالوده را به دست آورد.

۴- روش بهینه کردن مقطع دیوار

در قسمت فوق نکاتی در طراحی لرزه ای اسکله های بلوکی ارائه گردید. در این قسمت دو اسکله بلوکی با ارتفاع ۱۰ و ۱۴ متر مورد توجه قرار گرفته و برای این اسکله ها نحوه رسیدن به مقطع مناسب تشریح گردیده است. مشخصات مصالح سنگریزی پشت دیوار و مصالح بستر به شرح زیر فرض شده

است.

مصالح سنگریز: $C = 0$ ، $\phi = 35^\circ$ ، $\gamma_{wet} = 1.8 t/m^3$ ، $\gamma_{sat} = 2.0 t/m^3$

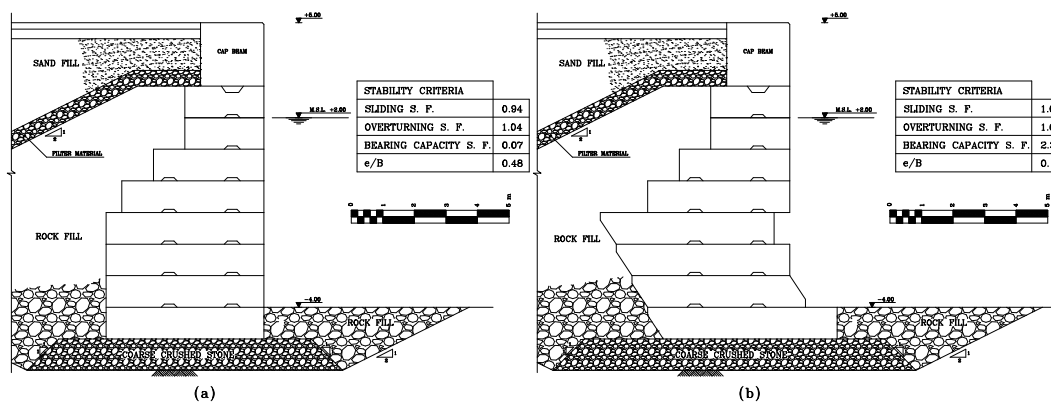
مصالح بستر: $C = 0$ ، $\phi = 40^\circ$ ، $\gamma_{sat} = 2.0 t/m^3$

همچنین سطح متوسط آب دریا برابر $M.S.L.=+2.0$ در طراحی لحاظ شده است. ارتفاع همه بلوکها برابر یک متر و ارتفاع تیر پیشانی برابر ۲ متر و وزن مخصوص بتن غیر مسلح برابر $۲/۳$ تن بر متر مکعب در نظر گرفته شده است. برای محاسبه فشار جانبی در حالت زلزله از روش اول تشریح شده در بند ۳-۱ (که مطابق روش آیین نامه ژاپن می باشد) استفاده شده است.

• اسکله با ارتفاع ۱۰ متر

حالت اول: بلوکها به صورت معمول مستقیم و پله ای قرار داده شده و هیچگونه شیب معکوسی و جلو آمدگی شالوده وجود ندارد (شکل ۲-۲a). در این حالت، ضریب اطمینان لغزش و ظرفیت باربری جوابگو نمی باشد.

حالت دوم: چهار بلوک پایینی اسکله در این حالت شیب دار شده و آخرین بلوک $۱/۵$ متر به سمت جلو جابجا شده است (شکل ۲-۲b). همچنین سایر بلوکها، جابجایی مطابق شکل ۲-۲b داشته اند. در این حالت ملاحظه می گردد که ضرایب اطمینان لغزش، واژگونی و ظرفیت باربری به مقدار زیادی افزایش یافته است. در این حالت خروج از مرکزیت (e/b) برابر $۰/۱۹$ می باشد. در این حالت خروج از مرکزیت در حالت عادی به سمت خاک می باشد به عبارت دیگر اسکله به سمت خاک دوران می نماید.



شکل ۲: مقاطع اسکله با ارتفاع ۱۰ متر، (a) به صورت معمول پله ای و (b) با شکل بهینه قرارگیری بلوکها.

• اسکله با ارتفاع ۱۴ متر

حالت اول: مطابق شکل ۳-۲a در این حالت بلوکها به صورت معمول و مستقیم روی هم قرار گرفته اند. در این حالت هیچیک از ضرایب اطمینان لغزش و ظرفیت باربری جوابگو نمی باشند.

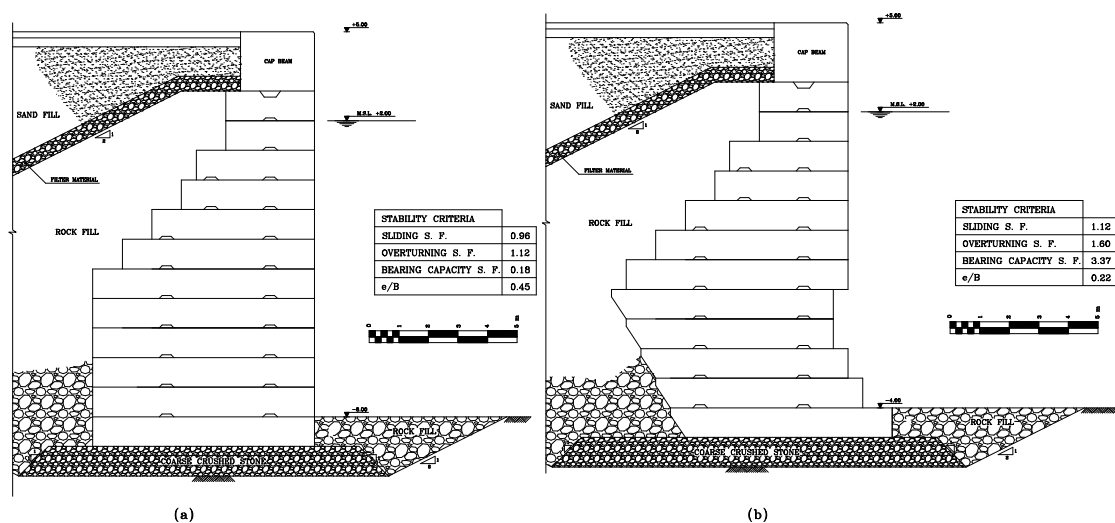
حالت دوم: در این حالت بلوکها به صورت شکل ۳-۲b جابجا شده اند. همچنین پشت ۵ بلوک انتهایی، شیب دار شده است. در این حالت همه معیارهای لغزش، واژگونی و ظرفیت باربری جوابگو می باشد.

مقایسه حالت اول و دوم در هر دو اسکله نشان می‌دهد که حجم بتن مصرفی (ابعاد بلوکها) تغییری نکرده و رسیدن به ضرایب اطمینان قابل قبول فقط با شیب‌دار کردن بلوکهای انتهایی و جابجایی آنها انجام شده است. این موضوع در رسیدن به یک راه حل اقتصادی و اجرایی در مقطع اسکله‌های بلوکی بسیار حائز اهمیت است. زیرا در استفاده از روش اول برای رسیدن به جوابهای قابل قبول بایستی عرض بلوکهای پایینی به مقدار زیادی افزایش یابد که این موضوع هم از نظر اقتصادی و هم از نظر اجرایی مطلوب نمی‌باشد.

۵- خلاصه و نتیجه‌گیری

در این مقاله طراحی اسکله‌های بلوکی در شرایط زلزله از دو جنبه نحوه محاسبه فشار جانبی و بهینه‌سازی مقطع دیوار مورد بررسی قرار گرفت. برای محاسبه فشار جانبی با صرف‌نظر از فشار آب حفره‌ای اضافی ایجاد شده در حین زلزله دو حالت *restrained water* و *free water* مورد بحث قرار گرفته است. محاسبات انجام شده نشان می‌دهد که برآیند نیروی رانش خاک و هیدرودینامیک آب در حالت اول همواره کمتر از حالت دوم می‌باشد. اختلاف این دو حالت با افزایش ارتفاع آب افزایش می‌یابد. در آیین‌نامه ژاپن حالت اول جهت طراحی اسکله‌های دیواره‌ای توصیه شده است.

برای بهینه‌سازی مقطع دیوار، دو اسکله با ارتفاع کل ۱۰ و ۱۴ متر مورد بررسی قرار گرفته و در هر یک روشهای افزایش ضریب اطمینان لغزش و ظرفیت باربری که شامل شیب‌دار کردن و جابجا نمودن بلوکها به سمت جلو می‌باشد مورد توجه قرار گرفته است. در این بررسی‌ها ابتدا یک مقطع معمول پله‌ای ارائه شده است که هیچیک از ضرایب اطمینان لغزش و ظرفیت باربری در این مقطع جوابگوی طراحی نمی‌باشد. سپس با ثابت نگهداشتن ابعاد بلوکها و فقط با شیب‌دار کردن و جابجایی آنها مقطعی بدست آمده است که همه ضرایب اطمینان را تأمین می‌نماید. شکل به دست آمده مقطع مناسب اسکله‌های بلوکی در مناطق با لرزه‌خیزی زیاد می‌باشد.



شکل ۳: مقاطع اسکله با ارتفاع ۱۴ متر، (a) به صورت معمول پله‌ای و (b) با شکل بهینه قرارگیری بلوکها.

۶- مراجع

- [۱]. بهنیا، کامبیز، ۱۳۷۸، پی سازی، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۲]. بهنیا، کامبیز، ۱۳۶۴، کارهای دریایی، انتشارات دانشگاه تهران.
- [3]. Technical Standard and Commentaries for Port and Harbor Facilities in Japan, 2002.
- [4]. British Standard, 1988, Section 6349, British standard code of practice for maritime structures, Part 2: Design of quay wall, jetties and dolphins.
- [5]. EAU, 1990, Recommendations of the committee for waterfront structures, harbors and waterways, 6th Eng. Ed., Ernst and John, Berlin.
- [6]. Das, B. M., 1993, Principal of soil dynamics, PWS-KENT.
- [7]. Seismic design guidelines for port structures, 2001, Balkema.
- [8]. Ebeling, R. M., and Morison, E. E., 1992, The seismic design of waterfront retaining structures, US Army Corps of Engineers and Naval Civil Engineering Laboratory.
- [9]. Matsuzawa, H., Ishibashi, I., and Kawamura, M., 1985, Dynamic soil and water pressures of submerged soils, ASCE, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 111, No. 10, pp. 1161-1176.
- [10]. Westergaard, H. M., 1933, Water pressures on dams during earthquakes, Transactions of ASCE, Paper No. 1835, pp. 418-472.
- [11]. Mononobe, N. and H. Matsuo, 1929, On the Determination of Earth Pressure During earthquake, Proceedings: World Engineering Congress, Tokyo, Vol. IX, Part 1, 177-185.
- [12]. Okabe, S., 1924, General Theory on Earth Pressure and Seismic Stability of Retaining Wall and Dam, Journal Japan Society of Civil Engineering, 10(6), 1277-1323.