



سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



تحلیل لرزه‌ای اسکله بلوکی از نوع گوژپشتی و پیشنهاد مشخصات هندسی بهینه

دکتر خسرو برگگی
استاد، دانشکده عمران، دانشگاه تهران

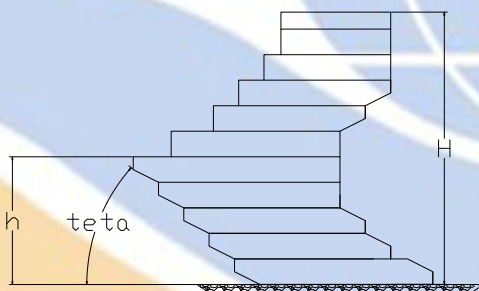
kbargi@ut.ac.ir

حسین سعدایی
دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های دریایی،
دانشکده عمران، دانشگاه تهران

h.Saadai@gmail.com

مقدمه

اسکله‌های بلوکی به عنوان یکی از متداول‌ترین اسکله‌های وزنی، متشکل از بلوکهای بتنی پیش ساخته مستقر بر یک لایه نازک بسترسازی می‌باشند که با استفاده از وزن زیاد خود در برابر فشار محرک خاک و سربارهای جانبی و ثقلی مقاومت می‌نمایند. این نوع اسکله‌ها در صورت احداث بر روی بستر سخت، سازه ای با طول عمر بالا می‌باشند که به نگهداری چندانی نیاز نخواهند داشت. روش‌های مختلفی جهت چیدن بلوکهای بتنی بر روی یکدیگر وجود دارد. در مناطق لرزه‌خیز به منظور کاهش فشار خاک به دیوار در هنگام وقوع زلزله، بلوک‌ها به نحوی بر روی چیده می‌شوند که در نهایت مقطعی گوژپشت مانند تشکیل می‌گردد. در این روش بلوکها به صورتی بر روی بلوک تحتانی قرار داده می‌شوند که با خط قائم زاویه منفی ایجاد نمایند. در این شرایط فشار خاک به هنگام زلزله کاهش می‌یابد. علاوه بر این، فشار وارده بر خاک در تراز پی به دلیل افزایش لنگر مقاوم، به نسبت چینش پلکانی به صورت یکنواخت‌تری وارد می‌آید. جهت طراحی هندسی مقطع گوژپشتی، دو پارامتر «زاویه گوژ» و «نسبت ارتفاع گوژ به ارتفاع کل دیوار»، از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشند. انتخاب مقادیر مناسب برای این دو متغیر می‌تواند منجر به کاهش هرچه بیشتر فشار جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار و در نتیجه کاهش میزان بتن مصرفی گردد. به منظور دستیابی به مقادیر مناسب این دو متغیر، با تحلیل دینامیکی رفتار لرزه‌ای چندین دیوار مختلف با استفاده از نرم‌افزار FLAC 2D و مطالعه اثر پارامترهای مذکور به طور جداگانه، ابتدا «نسبت ارتفاع گوژ به ارتفاع کل دیوار» مناسب به دست آورده شده و سپس با توجه به آن، «زاویه گوژ» مناسب نیز پیشنهاد گردیده است. در شکل (۱) متغیرهای مطالعه شده در این تحقیق نشان داده شده است.



شکل (۱)- زاویه گوژ، ارتفاع گوژ و ارتفاع کل دیوار

فرضیات مورد استفاده در محاسبات

ترازهای جزر ومدی

نظر به اینکه ترازهای جزر و مدی منطقه عسلویه در محاسبات انجام شده مورد استفاده قرار گرفته‌اند ترازهای جزر و مدی این منطقه به شرح جدول (۲) ارایه گردیده‌اند.

جدول (۲)- ترازهای جزر و مدی منطقه عسلویه

MSL(m CD)	MHHW(m CD)	MLLW(m CD)
1.2	1.83	0.57

مشخصات ژئوتکنیکی منطقه

در طراحی اسکله‌های وزنی مشخصات خاک بستر بویژه از نقطه نظر تامین باربری مناسب پی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. در مدلسازی-های این تحقیق از مشخصات خاک محل احداث اسکله‌های بلوکی در بندر پتروشیمی پارس در عسلویه استفاده شده است. دلیل این انتخاب

مناسب بودن خاک محل جهت احداث اسکله وزنی و تجربه موفق احداث اسکله بلوکی با آبخور نسبتاً بالا در محل می‌باشد. نیمرخ تحتانی منطقه مورد نظر به طور عمده از شش لایه خاک دانه‌ای متشکل از شن لای دار که به توالی تکرار شده است و ماسه شنی با میان لایه‌ای به ضخامت کم از سیلت، تشکیل شده است. مشخصات فیزیکی و مکانیکی این لایه‌ها به شرح جدول (۳) می‌باشد.

جدول (۳) - مشخصات خاک استفاده شده در مدلسازی

Silty/clayey sand & gravel	Gravelly Sand	Silt	Silty Gravel	Soil
28-38	14-21	10-12	0-10 12-14 21-28	Layer depth (m)
2.1	2	2	2.1	γ_{sat} (gr/cm ³)
60	60	10	80	E (MPa)
0.3	0.3	0.3	0.3	v
37	38	45	45	ϕ (degree)

روند مدلسازی عددی با نرم‌افزار FLAC

ابعاد دیوارهای بلوکی گورپشتی مدلسازی شده در این تحقیق با استفاده از روش شبه استاتیکی و با اقتناع حداقل ضرایب اطمینان گفته شده در آیین‌نامه کارهای دریایی ژاپن به دست آمده است [6]. در مدل‌های ساخته شده در نرم‌افزار FLAC ارتفاع کلیه شبکه‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شده است. لیکن عرض شبکه‌ها در مناطق نزدیک به دیوار برابر با ۰/۵ متر و در سایر نقاط دور از مدل ۲ متر لحاظ گردیده است. مراحل ساخت مدل و بارگذاری اسکله‌های بلوکی گورپشتی به شرح زیر است:

- مدلسازی خاک و ایجاد شرایط تنش اولیه در آن
- تعریف سطح مشترک (Interface) در مرز بلوک‌های بتنی و مرز میان بلوک‌های بتنی و خاک جهت مدلسازی رفتار ناپیوسته بلوک‌ها و دنبال کردن تنش‌های به وجود آمده احتمالی در میان بلوک‌ها با استفاده از المان‌های سطح مشترک
- ایجاد مرحله به مرحله بلوک‌ها به منظور شبیه‌سازی مراحل ساخت و انجام تحلیل استاتیکی در هر مرحله جهت شبیه‌سازی تنش‌های به وجود آمده در خاک به هنگام ساخت اسکله بلوکی
- اعمال تاریخچه شتاب با حداکثر شتاب ۰/۲ g
- تحلیل دینامیکی به مدت چهار ثانیه
- استخراج و تفسیر نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی

شایان ذکر است جهت صحت سنجی نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی در نرم‌افزار FLAC، فشار جانبی ناشی از زلزله در یکی از مدل‌ها با روش شبه استاتیکی نیز محاسبه گردیده و با نتایج فوق‌الذکر مقایسه شده است. با توجه به نتایج اخذ شده در دو حالت استاتیکی و دینامیکی که تفاوت حداکثر ده درصدی را نشان می‌دهند، نزدیکی قابل قبولی میان نتایج حاصل از نرم‌افزار و نتایج محاسبه شده با استفاده از روش‌های تحلیلی معمول مشاهده می‌گردد. همچنین باید توجه داشت که در این تحقیق، نتایج چندین تحلیل دینامیکی با یکدیگر مقایسه شده و در نهایت بر اساس آن مقایسه، نتیجه لازم به دست خواهد آمد. در حقیقت مقدار دقیق متغیرهای مقایسه شونده از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار نمی‌باشند و مهم مقایسه نسبی آن مقادیر با یکدیگر می‌باشد. از این رو اختلاف اندک نتایج حاصل از مدلسازی عددی و محاسبه بر اساس روش‌های معمول نمی‌تواند اثری بر نتیجه‌های اخذ شده در این تحقیق داشته باشد.

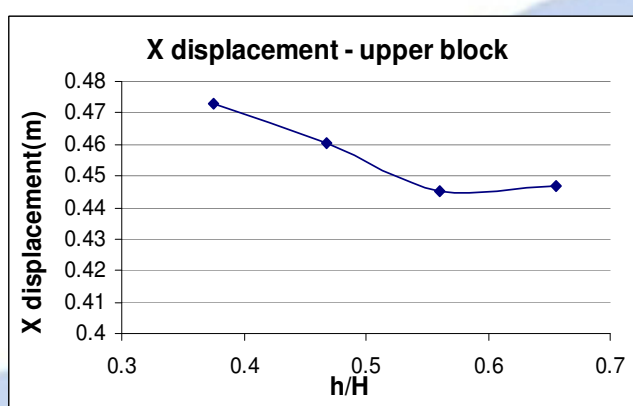
نتایج حاصل از تحقیق بر نسبت h/H مناسب

نسبت ارتفاع گوژ به ارتفاع کل دیوار در مدل‌ها برابر با $0/375$ ، $0/468$ ، $0/562$ و $0/656$ در نظر گرفته شده است. کلیه اسکله‌ها از ده بلوک با ارتفاع $1/5$ متر و یک بلوک با ارتفاع یک متر به ارتفاع کلی 16 متر تشکیل گردیده‌اند. نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی دیوارهای فوق با استفاده از نرم‌افزار FLAC در چهار بخش زیر ارایه گردیده است:

- الف) جابجایی افقی نهایی بلوک فوقانی
- ب) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی
- ج) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک فوقانی
- د) نیروی جانبی دینامیکی خاک وارده بر کل دیوار

الف) جابجایی افقی نهایی بلوک فوقانی

شکل (۲) جابجایی افقی نهایی بلوک فوقانی در مدل‌های با نسبت h/H مختلف را نشان می‌دهد.

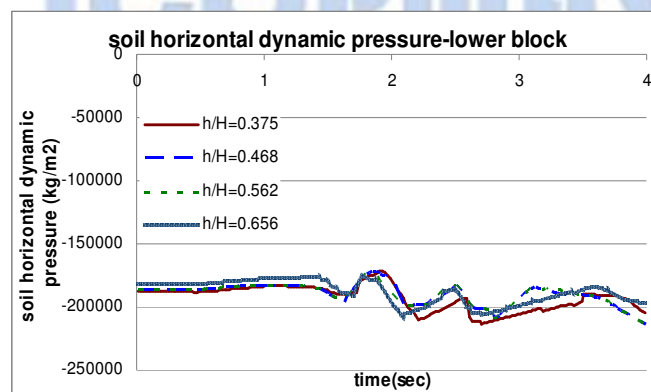


شکل (۲) - جابجایی افقی نهایی بلوک فوقانی در مدل‌های با نسبت h/H مختلف

همانگونه که در نمودار فوق ملاحظه می‌گردد، در یک روند کلی با افزایش نسبت h/H ، تغییر مکان نهایی بلوک فوقانی دیوار کاهش می‌یابد. لیکن این کاهش در نسبت $h/H = 0/562$ بیشتر به چشم می‌خورد؛ به نحوی که در میان چهار مدل، مدل با نسبت $h/H = 0/562$ کمترین تغییر مکان را نسبت به سایر مدل‌ها داشته است.

ب) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی

در شکل (۳) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی در چهار مدل با زاویه گوژ مختلف ارایه گردیده است.



شکل (۳) - فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی در چهار مدل با نسبت h/H مختلف

همانگونه که در شکل فوق ملاحظه می‌گردد روند تغییرات در هر چهار مدل با تقریب خوبی مشابه به نظر می‌رسد. بیشترین فشار جانبی دینامیکی خاک ایجاد شده در مدل‌ها در جدول (۴) ارایه گردیده است.

جدول (۴) - مقدار بیشینه فشار جانبی دینامیکی خاک در بلوک تحتانی در مدل‌های با h/H مختلف

$\sigma_{xx \max}$ (kg/m ²)	h/H
-213197	0.375
-213138.5	0.468
-213581.5	0.562
-209153.5	0.656

با نظر به مقادیر مندرج در جدول (۵-۵) و این موضوع که تفاوت مقادیر بیشینه فشار جانبی دینامیکی خاک در مدل‌ها حداکثر حدود ۸٪ می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که در بلوک تحتانی فشار جانبی دینامیکی خاک بستگی قابل ملاحظه‌ای به ارتفاع گوز دیوار ندارد. نسبت فشار جانبی دینامیکی بیشینه به کمینه در مدل‌های مختلف در جدول (۵) نشان داده شده است.

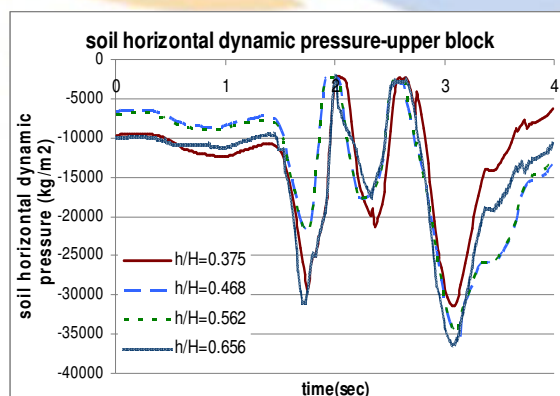
جدول (۵) - نسبت مقدار بیشینه به کمینه فشار جانبی دینامیکی خاک در بلوک تحتانی در مدل‌های با h/H مختلف

$\sigma_{xx \max}/\sigma_{xx \min}$	h/H
1.29	0.375
1.24	0.468
1.23	0.562
1.15	0.656

از جدول فوق نتیجه می‌شود در تراز تحتانی، نوسانات فشار دینامیکی خاک متأثر از شتاب وارده به بلوک تحتانی در مدلی که ارتفاع گوز در پایین‌ترین تراز قرار گرفته بیش از سایر مدل‌هاست و مدل با بالاترین ارتفاع گوز کمترین نوسانات را در میان چهار مدل دارد، گرچه در مجموع در کلیه مدل‌ها این نسبت چندان بزرگ نبوده و فشار جانبی بیشینه و کمینه خاک در بلوک تحتانی به هم نزدیک می‌باشند.

ج) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک فوقانی

در شکل (۴) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک فوقانی در چهار مدل با نسبت h/H مختلف ارایه گردیده است.



شکل (۴) - فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک فوقانی در مدل‌های با نسبت h/H مختلف

چنانچه از این شکل بر می‌آید، نوسانات فشار جانبی دینامیکی خاک در پشت بلوک فوقانی در کلیه مدل‌ها از روندی یکسان تبعیت می‌نماید. لیکن در بعضی زمان‌ها اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین مقدار فشار در میان مدل‌ها وجود دارد. نکته جالب توجه، نزدیکی مقدار فشار در مدل‌های با

h/H برابر با $0/468$ و $0/562$ در اکثر لحظات می‌باشد. نسبت فشار جانبی دینامیکی بیشینه به فشار کمینه در پشت بلوک فوقانی برای مدل‌های مختلف در جدول (۶) نشان داده شده است.

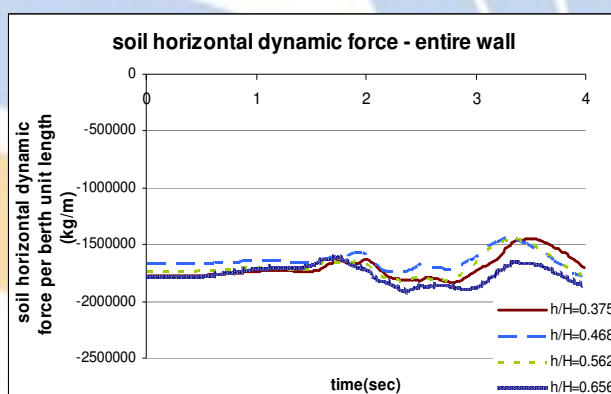
جدول (۶) - نسبت فشار بیشینه به کمینه فشار جانبی دینامیکی خاک در مدل‌های با h/H مختلف در بلوک فوقانی

$\sigma_{xx \max}/\sigma_{xx \min}$	h/H
14.6	0.375
16.7	0.468
16.2	0.562
17	0.656

از مقادیر مندرج در جدول (۶) نتیجه می‌شود نسبت فشار جانبی دینامیکی بیشینه به فشار کمینه در پشت بلوک فوقانی در کلیه مدل‌ها بیش از ۱۴ برابر می‌باشد که در مقایسه با نسبت فشار جانبی دینامیکی بیشینه به فشار کمینه در پشت بلوک تحتانی (با مقدار حدوداً $1/25$ برابر) بسیار بزرگ‌تر است. در حقیقت این نسبت نشان می‌دهد شتاب وارده به سازه در بلوک‌های فوقانی در مقایسه با بلوک‌های تحتانی تأثیر بسیار شدیدتری از خود بر جای می‌گذارد. این موضوع به طور عمده ناشی از تشدید میزان شتاب وارد شده بر سازه در بلوک‌های فوقانی می‌باشد. به بیان دیگر شتاب وارده به سازه به دلیل زمین‌لرزه، با افزایش ارتفاع دیوار دچار تشدید شده و شتاب بیشتری به بلوک‌های فوقانی وارد می‌آید. بدیهی است این افزایش شتاب سبب تأثیرپذیری بیشتر و افزایش نوسانات فشار جانبی دینامیکی خاک وارد شده بر بلوک‌های فوقانی در مقایسه با بلوک‌های تحتانی اسکله بلوکی می‌گردد.

(د) نیروی جانبی دینامیکی خاک وارده بر کل دیوار

در شکل (۵) نیروی کل جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار در واحد طول اسکله در چهار مدل با نسبت h/H مختلف ارایه گردیده است.



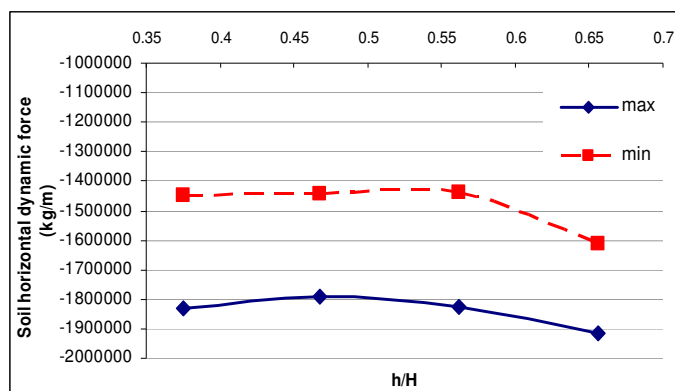
شکل (۵) - نیروی کل جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار در چهار مدل با نسبت h/H مختلف

مطابق شکل فوق، نیروی جانبی دینامیکی خاک وارده به مدل با $h/H=0.468$ در اکثر لحظات کمترین مقدار را در بین چهار مدل دارا می‌باشد. بیشترین مقدار نیز در مدل با $h/H=0.656$ ایجاد گردیده است. با این وجود تفاوت چندانی بین نیروهای ایجاد شده در مدل‌ها به چشم نمی‌خورد. بیشینه و کمینه نیروی کل جانبی دینامیکی خاک در پشت دیوار در واحد طول اسکله در مدل‌های با نسبت h/H مختلف در جدول (۷) و نمودار شکل (۶) با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند.

جدول (۷) - بیشینه و کمینه نیروی کل جانبی دینامیکی خاک در پشت دیوار در واحد طول اسکله بر حسب نسبت h/H

$F_{xx \min}$ (kg/m)	$F_{xx \max}$ (kg/m)	h/H
-1448127.1	-1832596.4	0.375
-1441341.1	-1788680.1	0.468
-1436103.6	-1824797.2	0.562

-1610896.5	-1914255.5	0.656
------------	------------	-------



شکل (۶) - مقادیر بیشینه و کمینه نیروی کل جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار در واحد طول اسکله بر حسب تغییر نسبت h/H

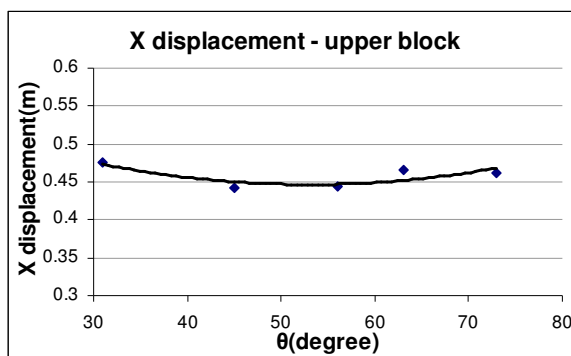
مطابق شکل فوق، حداکثر مقدار نیروی بیشینه در میان مدل‌ها به مدل با نسبت $h/H=0.652$ اختصاص دارد و حداقل این مقدار در مدل با نسبت $h/H=0.468$ دیده می‌شود. نکته دیگر عدم وجود تفاوت زیاد بین بیشینه و کمینه نیروی جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار در مدل‌های با نسبت h/H برابر با $0/468$ و $0/562$ می‌باشد. لذا نتیجه می‌شود در طول وارد آمدن شتاب به مدل‌های با نسبت h/H برابر با $0/375$ ، $0/468$ ، $0/562$ و $0/652$ ، کمترین نیروی بیشینه جانبی دینامیکی در مدل‌های با نسبت h/H برابر با $0/468$ و $0/562$ ایجاد گردیده است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت انتخاب نسبت ارتفاع گوز به ارتفاع کل دیوار برابر با $0/5$ ، نیروی جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار کمتری در مقایسه با سایر نسبت‌های محتمل ایجاد می‌نماید. لذا نسبت $h/H=0.5$ به عنوان مقدار مناسب «نسبت ارتفاع گوز به ارتفاع کل دیوار» در طراحی اسکله‌های بلوکی گوزپشتی پیشنهاد می‌گردد.

نتایج حاصل از تحقیق بر زاویه گوز مناسب

کلیه اسکله‌های طراحی شده جهت بررسی زاویه گوز مناسب، از 10 بلوک با ارتفاع $1/5$ متر و یک بلوک با ارتفاع یک متر به ارتفاع کلی 16 متر تشکیل گردیده‌اند. تامین زاویه گوز از طریق چینش خاص بلوک‌ها و به صورتی است که در بخش با زاویه گوز منفی، هر بلوک نسبت به بلوک تحتانی به میزان مشخصی بیشتر در دل خاک قرار می‌گیرد و زاویه مورد نظر گوز دیوار حاصل می‌آید. زوایای گوز در مدل‌ها برابر با 31 ، 45 ، 56 ، 63 و 73 درجه در نظر گرفته شده‌اند. همچنین بر اساس نتیجه حاصل از بخش پیش، نسبت ارتفاع گوز به ارتفاع کل دیوار در مدل‌های این بخش، حدوداً برابر با $0/5$ اختیار گردیده است. نتایج حاصل از مدلسازی دیوارهای بلوکی گوزپشتی در نرم‌افزار FLAC در چهار بخش زیر ارائه گردیده است.

- الف) جابجایی افقی نهایی بلوک فوقانی
 - ب) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی
 - ج) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک فوقانی
 - د) نیروی جانبی دینامیکی خاک وارده بر کل دیوار
- در ادامه به هر یک از بخش‌های فوق به تفصیل پرداخته می‌شود.

الف) جابجایی افقی نهایی بلوک فوقانی
در شکل (۷) جابجایی افقی نهایی بلوک فوقانی برای پنج مدل ارائه گردیده است.

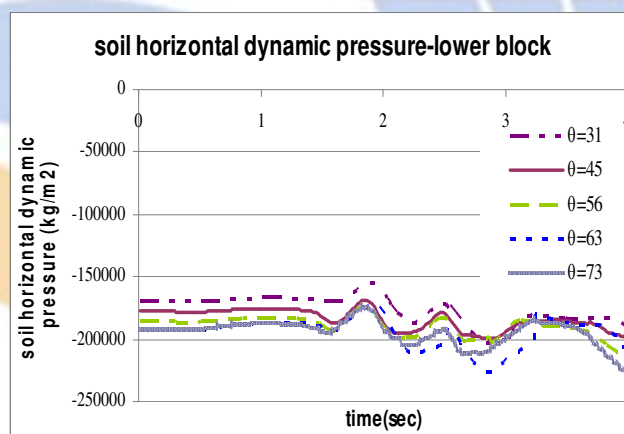


شکل (۷) - جابجایی افقی نهایی بلوک فوقانی مدل‌های بر حسب زاویه گوژ

همانگونه که در نمودار فوق مشاهده می‌شود تغییر مکان افقی بلوک فوقانی در یک روند متغیر در ابتدا با افزایش زاویه گوژ کاهش و سپس دوباره افزایش یافته است. نسبت کاهش تغییر مکان افقی در زاویه گوژ ۴۵ درجه نسبت به زاویه گوژ ۳۱ درجه در حدود ۵٪ می‌باشد. نسبت این افزایش در زاویه گوژ ۵۶ درجه به نسبت زاویه گوژ ۴۵ درجه، کمتر از ۱٪ بوده که چندان قابل توجه نمی‌باشد. لیکن نسبت افزایش تغییر مکان در مدل زاویه گوژ ۶۳ درجه به نسبت زاویه گوژ ۵۶ درجه در حدود ۶٪ به دست می‌آید. با افزایش زاویه گوژ از ۶۳ درجه به ۷۳ درجه جابجایی افقی نهایی در بلوک فوقانی در حدود ۲٪ کاهش می‌یابد. به طور خلاصه می‌توان گفت مدل با زاویه ۳۱ درجه بیشترین تغییر مکان و مدل با زاویه گوژ ۴۵ و ۵۶ درجه کمترین تغییر مکان را نسبت به سایر مدل‌ها به خود اختصاص داده‌اند که می‌تواند امتیاز مثبتی برای دو زاویه گوژ ۴۵ و ۵۶ درجه به شمار آید.

(ب) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی

در شکل (۸) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی در پنج مدل با زاویه گوژ مختلف ارایه گردیده است.



شکل (۸) - فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی در مدل‌ها بر حسب زاویه گوژ

مقایسه روند تغییرات فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی در زمان‌های مختلف در مدل‌های با زاویه گوژ متفاوت نشان از نوعی هماهنگی در روند تغییرات این متغیر با زمان در مدل‌های مختلف دارد. لیکن در کلیه زمان‌ها، مقدار عددی این فشار در مدل‌های با زاویه گوژ ۳۱ و ۴۵ درجه از سایر مدل‌ها به میزان اندکی کمتر و در مدل با زاویه گوژ ۷۳ درجه بیش از سایر مدل‌ها می‌باشد. لذا می‌توان گفت با افزایش زاویه گوژ، فشار جانبی دینامیکی خاک در پشت بلوک تحتانی افزایش می‌یابد. لیکن اختلاف فشار جانبی دینامیکی خاک بین کمترین زاویه و بیشترین زاویه مدلسازی شده در حدود ۸٪ می‌باشد که رقم قابل توجهی به نظر نمی‌رسد و از این رو نتیجه می‌شود زاویه گوژ در میزان فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی تاثیر چندانی نخواهد داشت. نسبت فشار جانبی دینامیکی خاک بیشینه به کمینه در بلوک تحتانی در مدل‌های با زاویه گوژ مختلف در جدول (۸) آورده شده است.

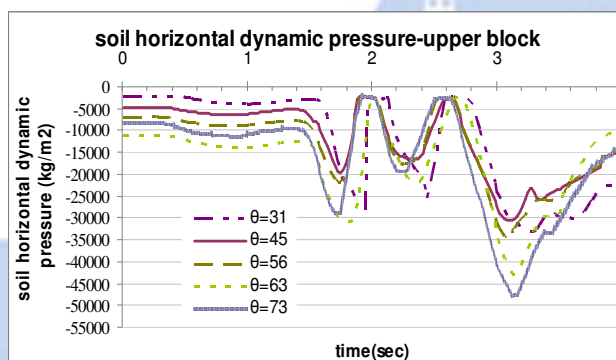
جدول (۸) - نسبت مقدار بیشینه به کمینه فشار جانبی دینامیکی خاک در مدل‌های با زاویه گوز مختلف در بلوک تحتانی

$\sigma_{xx \max}/\sigma_{xx \min}$	θ
1.3	31
1.2	45
1.2	56
1.3	63
1.3	73

همانگونه که در جدول فوق مشاهده می‌گردد نسبت مقدار بیشینه به کمینه فشار جانبی دینامیکی خاک در مدل‌های با زاویه گوز مختلف در بلوک تحتانی بسیار به یکدیگر نزدیک بوده که این موضوع نشان‌دهنده نواسانات اندک در مقدار فشار جانبی دینامیکی خاک در پشت بلوک تحتانی در زمان‌های مختلف وارد شدن شتاب می‌باشد.

ج) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک فوقانی

در شکل (۹) فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک فوقانی در پنج مدل با زاویه گوز مختلف ارایه گردیده است.



شکل (۹) - فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک فوقانی در پنج مدل با زاویه گوز مختلف

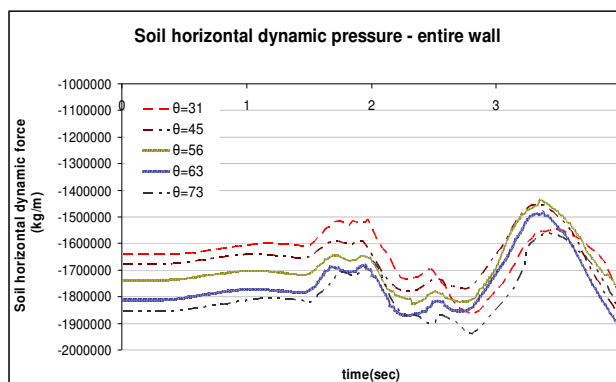
نگاه کلی به نمودارهای رسم شده فشار جانبی دینامیکی خاک در پشت بلوک فوقانی، نشان از نواسانات زیاد این متغیر و اختلاف زیاد فشار بیشینه و کمینه آن در طول وارد شدن شتاب زلزله می‌باشد. در جدول (۹) نسبت فشار جانبی دینامیکی خاک در پشت بلوک فوقانی در دو حالت بیشینه و کمینه بر حسب زاویه گوز دیوار ارایه گردیده است.

جدول (۹) - نسبت مقدار بیشینه به کمینه فشار جانبی دینامیکی خاک در مدل‌های با زاویه گوز مختلف در بلوک فوقانی

$\sigma_{xx \max}/\sigma_{xx \min}$	θ
19.1	31
13.4	45
16.2	56
21.8	63
23.9	73

مقادیر مندرج در جدول فوق تفاوت زیاد میان فشار جانبی دینامیکی خاک بیشینه و کمینه در پشت بلوک فوقانی را نشان می‌دهد. این نسبت در زاویه ۴۵ درجه کمترین تفاوت و در زاویه ۷۳ درجه بیشترین تفاوت را داراست. نسبت فشار جانبی دینامیکی بیشینه به فشار کمینه در پشت بلوک فوقانی در کلیه مدل‌ها بیش از ۱۳ برابر می‌باشد که در مقایسه با این نسبت در پشت بلوک تحتانی (با مقدار حدودا ۱/۲ تا ۱/۳ برابر) بسیار بزرگ‌تر است. تفاوت این دو نسبت نشان می‌دهد شتاب وارده به سازه در بلوک‌های فوقانی در مقایسه با بلوک‌های تحتانی تاثیر شدیدتری از خود بر جای می‌گذارد.

د) نیروی جانبی دینامیکی خاک وارده بر کل دیوار در شکل (۱۰) نیروی کل جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار در واحد طول اسکله در پنج مدل با زاویه گوز مختلف ارایه گردیده است.



شکل (۱۰) - نیروی جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار در واحد طول اسکله در پنج مدل با زاویه گوز مختلف

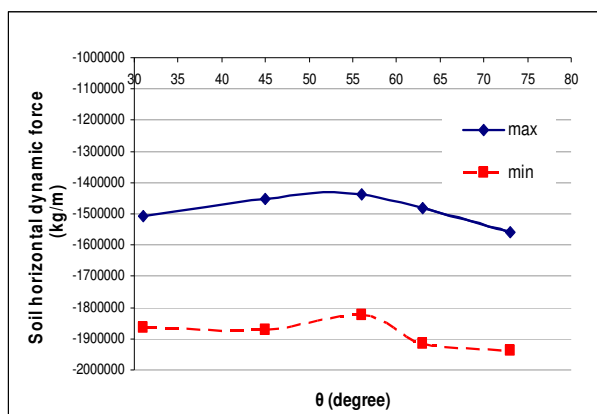
مطابق شکل فوق، از زمان $(t=0)$ تا حدود $(t=2.5)$ کمترین نیروی جانبی دینامیکی ایجاد شده در مدل‌ها متعلق به مدل با زاویه گوز ۳۱ درجه می‌باشد. لیکن این مقدار در مدل مذکور پس از زمان $(t=2.5)$ تا زمان انتهای وارد آمدن شتاب به مدل افزایش زیادی پیدا نموده و این مدل را در رده چهارم در میان پنج مدل قرار می‌دهد. در سایر مدل‌ها روند نوسانات نیروی جانبی دینامیکی خاک به صورتی همسان بوده و رده هر مدل در میان مدل‌ها تقریباً ثابت مانده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت به طور کلی با کاهش زاویه گوز بلوک‌ها، نیروی جانبی دینامیکی خاک نیز کاهش می‌یابد. لیکن روند کاهشی این نیرو پس از کمتر شدن زاویه گوز، دچار تغییر شده و سیر صعودی به خود می‌گیرد نسبت مقدار بیشینه به کمینه نیروی جانبی دینامیکی خاک در کل دیوار در مدل‌های با زاویه گوز مختلف در جدول (۱۰) آورده شده است.

جدول (۱۰) - نسبت مقدار بیشینه به کمینه نیروی جانبی دینامیکی خاک در کل دیوار در مدل‌های با زاویه گوز مختلف

$F_{xx \max}/F_{xx \min}$	θ
1.23	31
1.29	45
1.27	56
1.29	63
1.24	73

با مشاهده مقادیر مندرج در جدول فوق می‌توان چنین استنتاج نمود که در مدل‌های با زاویه گوز مختلف، تغییرات و نوسانات در مقدار نیروی جانبی دینامیکی خاک بسیار به یکدیگر نزدیک بوده و تغییرات نیروی جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار در کلیه مدل‌ها روند تقریباً یکسانی را دارا می‌باشند. با نظر به شکل (۱۰) نیز این موضوع قابل استنباط است.

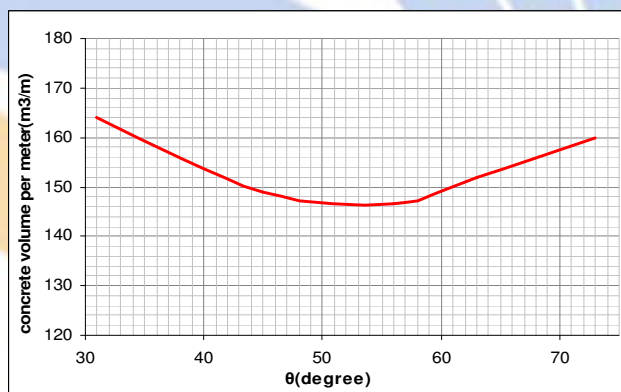
مقادیر بیشینه و کمینه نیروی جانبی دینامیکی خاک در پشت دیوار در واحد طول اسکله در مدل‌های با زاویه گوز مختلف حاصل از مدلسازی با استفاده از نرم‌افزار FLAC، در نمودار شکل (۱۱) با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند.



شکل (۱۱) - مقادیر بیشینه و کمینه نیروی جانبی دینامیکی خاک در پشت دیوار در مدل‌های با زاویه گوز مختلف

مطابق شکل فوق، حداکثر مقدار نیروی بیشینه در میان مدل‌ها به مدل با زاویه گوز ۷۳ درجه اختصاص دارد و حداقل این مقدار در مدل با زاویه گوز ۵۶ درجه دیده می‌شود. همچنین تفاوت چندانی میان این مقدار در مدل‌های با زاویه گوز ۴۵ و ۵۶ درجه وجود ندارد. لذا نتیجه می‌شود در طول وارد آمدن شتاب به مدل‌های با زاویه گوز ۳۱، ۴۵، ۵۶، ۶۳ و ۷۳ درجه، کمترین نیروی بیشینه جانبی دینامیکی در مدل‌های با زاویه گوز ۴۵ و ۵۶ درجه ایجاد گردیده است.

مورد دیگری که به انتخاب نهایی زاویه گوز مناسب کمک می‌نماید، نحوه چینش بلوک‌ها بر اساس زاویه گوز انتخابی می‌باشد. همانگونه که پیش از این نیز ذکر گردید به طور کلی با افزایش زاویه گوز بلوک‌ها، نیروی جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار نیز افزایش می‌یابد. لیکن هرچه زاویه گوز تندتر شود جهت تامین زاویه گوز مورد نظر، به بلوک‌های بزرگتری در قسمتهای فوقانی گوز نیاز خواهد بود. جهت بررسی بیشتر این موضوع و بررسی تاثیر توأم شکل هندسی دیوار و نیروی خاک پشت دیوار بر میزان بتن مورد نیاز، حجم بتن به کار رفته در مدل‌های با زاویه گوز مختلف در نمودار شکل (۵-۲۸) با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند.



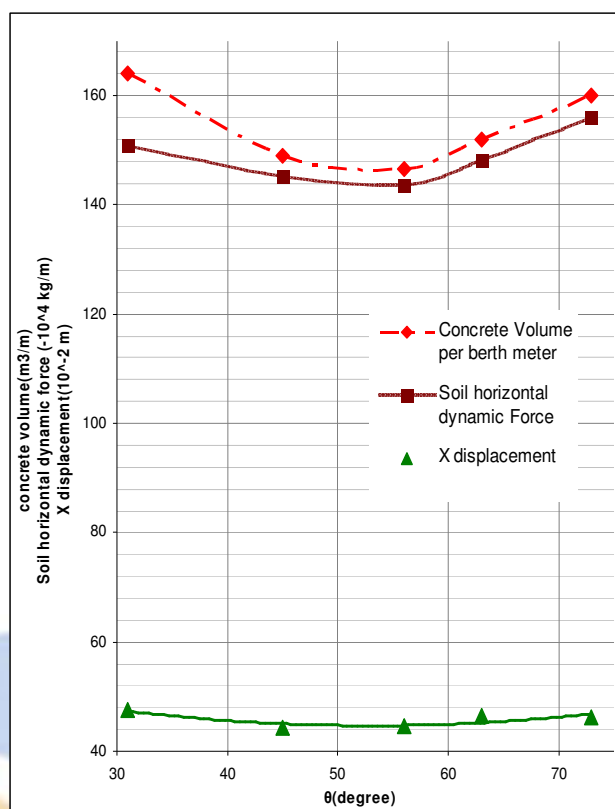
شکل (۱۲) - حجم بتن مورد نیاز در هر متر طول اسکله بلوکی بر حسب تغییر زاویه

همانگونه که در شکل فوق مشخص است اسکله‌های با زاویه گوز ۵۰ تا ۵۵ درجه کمترین حجم بتن واحد طول اسکله را نیاز دارند و افزایش و یا کاهش زاویه گوز نسبت به این مقادیر، افزایش حجم بتن واحد طول اسکله را در پی خواهد داشت. با نگاهی دوباره به شکل (۵-۲۶) که در آن نیروی جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار در مدل‌های مختلف با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند می‌توان نتیجه گرفت:

الف) دلیل اصلی افزایش حجم بتن در زوایای بیشتر از ۵۰ تا ۵۵ درجه ناشی از افزایش نیروی جانبی دینامیکی خاک با افزایش زاویه گوز می‌باشد.

ب) دلیل اصلی افزایش حجم بتن در زوایای کمتر از ۵۰ تا ۵۵ درجه ناشی از حاده شدن زاویه گوز و نیاز به بلوک‌های با ابعاد بزرگ جهت ایجاد شکل هندسی مورد نظر می‌باشد.

در شکل (۱۳) ترکیبی از نمودارهای حاصل از این بخش ارایه گردیده است. با بررسی این نمودار ترکیبی که در آن حجم بتن مورد نیاز در واحد طول اسکله، بیشینه نیروی جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار و تغییر مکان افقی نهایی بلوک فوقانی در مدل‌های مختلف بر حسب زاویه گوژ ارایه گردیده است. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود در موارد مورد بررسی، زاویه گوژ ۵۰ تا ۵۵ درجه از وضعیت مناسب‌تری در مقایسه با سایر زوایا برخوردار می‌باشد. از این رو، انتخاب زاویه گوژ ۵۰ تا ۵۵ درجه به عنوان زاویه گوژ مناسب جهت ساخت اسکله بلوکی گوژ پستی پیشنهاد می‌گردد.



شکل (۱۳) - نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی اسکله‌های بلوکی گوژ پستی بر حسب زاویه گوژ

جمع بندی

در این تحقیق، «نسبت ارتفاع گوژ به ارتفاع کل دیوار» و «زاویه گوژ» به عنوان دو متغیر تاثیرگذار در طراحی هندسی مقطع گوژ پستی اسکله‌های بلوکی مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور دستیابی به مقادیر مناسب این دو متغیر جهت لحاظ در طراحی هندسی اسکله بلوکی گوژ پستی، با تحلیل دینامیکی چندین دیوار مختلف با استفاده از نرم‌افزار FLAC و مطالعه پارامتری، «نسبت ارتفاع گوژ به ارتفاع کل دیوار» و «زاویه گوژ» مناسب پیشنهاد گردیده است.

۱- شتاب وارد به سازه در بلوک‌های فوقانی در مقایسه با بلوک‌های تحتانی تاثیر بسیار شدیدی از خود بر جای می‌گذارد و سبب ایجاد نوسانات شدید در مقدار فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک فوقانی می‌گردد. این موضوع به طور عمده ناشی از تشدید میزان شتاب وارد شده بر سازه در بلوک‌های فوقانی می‌باشد.

۲- مقدار زاویه گوژ و نسبت ارتفاع گوژ به ارتفاع دیوار در میزان فشار جانبی دینامیکی خاک پشت بلوک تحتانی تاثیر چندانی نخواهد داشت.
 ۳- با انتخاب «نسبت ارتفاع گوژ به ارتفاع کل دیوار» برابر با ۰/۵، نیروی جانبی دینامیکی خاک پشت دیوار کمتری در مقایسه با سایر نسبت‌های محتمل ایجاد می‌گردد. لذا نسبت $h/H=0.5$ به عنوان مقدار مناسب «نسبت ارتفاع گوژ به ارتفاع کل دیوار» در طراحی اسکله‌های بلوکی گوژ پستی پیشنهاد می‌گردد.

۴- بررسی تاثیر توام شکل هندسی دیوار و فشار خاک پشت دیوار بر حجم بتن مورد نیاز نشان می‌دهد اسکله‌های با زاویه گوژ ۵۰ تا ۵۵ درجه کمترین حجم بتن در واحد طول را نیاز دارد و زاویه گوژ در صورت افزایش و یا کاهش نسبت به این مقادیر، افزایش حجم بتن واحد

Archive of SID

طول اسکله را در پی خواهد داشت. از این رو، انتخاب زاویه گوز ۵۰ تا ۵۵ درجه به عنوان زاویه گوز مناسب جهت ساخت اسکله بلوکی گوزپشتی پیشنهاد می‌گردد.

یادآور می‌شود در این تحقیق، مشخصات خاک بستر، مشابه خاک منطقه عسلویه که خاکی مناسب از لحاظ ظرفیت باربری می‌باشد لحاظ گردیده است. همچنین ارتفاع کلیه مدل‌ها برابر با ۱۶ متر اختیار شده است. اگرچه ساخت دیوارهای بلوکی در خاک‌های ضعیف‌تر و با ارتفاع‌های متفاوت با ارتفاع فوق متصور می‌باشد، لیکن این نوع خاک و این محدوده ارتفاعی به عنوان شرایط معمول و مناسب جهت ساخت اسکله بلوکی، جهت مطالعه پارامتری انتخاب گردیده است.

مراجع

1. Nadim, F. (1982), "A Numerical Model for Evaluation of Seismic Behavior of Gravity Retaining Walls" Sc.D. Thesis, Research Report R82-33, Department of Civil engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts..
2. Sung-Ryul Kim, Oh-Soon Kwon, Myoung-Mo Kim. (2004), "Evaluation of force components acting on gravity type quaywalls during earthquakes", Soil Dynamics and Earthquake Engineering vol.24 PP. 853–866.
3. Whitman, R. V., "Seismic Design Behavior of Gravity Walls" Proceedings, ASCE Specially Conference on Design and Performance of Earth Retaining structures, Geotechnical Specialty Publication 25. ASCE, New York, 1990 817-842.
4. EAU, 2004, Recommendations of the Committee for Waterfront Structures, Harbors and Waterway, Ernst & Sohn, Berlin.
5. PIANC, 2001, "Seismic Design Guidelines for Port Structures" International Navigation Association, Balkema Publications ISBN 90 265 18188.
6. OCIDI, 2002, Technical Standards and Commentaries for Port and Harbor Facilities in Japan, Japan, 600p.



ICOPMAS