



## بررسی اثرات ژئوتکنیکی و ژئولوژیکی ساختگاه بر پاسخ لرزه‌ای دره‌های آبرفتی لایه‌بندی شده

دانا امینی‌بانه<sup>۱</sup>، بهروز گتمیری<sup>۲</sup>

۲،۱- دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه تهران

danaam69@gmail.com

### خلاصه

با توجه به اهمیت توپوگرافی و مشخصات ژئولوژیکی مصالح ساختگاه در پاسخ لرزه‌ای سایت در حین زلزله، لایه بندی مصالح آبرفتی و به نوعی شرایط لایه‌ها از لحاظ ژئوتکنیکی و ژئولوژیکی (لایه های نرم و سخت) می‌تواند عاملی تاثیرگذار در بزرگنمایی حرکات لرزه‌ای در سطح آبرفت باشد. هدف از این مقاله، بررسی اثرات دو بعدی توپوگرافی دره‌های منحنی در بزرگنمایی پاسخ لرزه‌ای این دره‌ها، با توجه به شرایط لایه‌بندی رسوبات آبرفتی و میزان پرشدگی این دره‌ها است. مطالعات پارامتریک با استفاده از نرم افزار هیبرید، صورت گرفته است. نتایج حاصله گویای آن است که در یک دره با نسبت پرشدگی ثابت، در کل هرچه نسبت امیدانس بین دو لایه افزایش یابد، پاسخ طیفی افزایش می‌یابد. اما در پرشدگی‌های کم این رفتار معکوس است. از این رو نمودارهای کاربردی جهت استفاده‌های مهندسی ارائه شده‌اند بطوریکه با ترکیب آنها با پارامترهای هندسی دره‌های مذکور می‌توانند به منظور طبقه‌بندی پاسخ لرزه‌ای دره‌های آبرفتی در تکمیل مطالعات ژئوتکنیک لرزه‌ای بکار روند.

**کلمات کلیدی:** اثرات ساختگاه، پاسخ لرزه‌ای، دره‌های لایه بندی شده، روش عددی هیبرید، اثرات لایه بندی.

### ۱. مقدمه

تجربیات بدست آمده از خرابی‌های زلزله‌های گذشته نشان دهنده اهمیت توپوگرافی و خصوصیات ژئوتکنیکی و ژئولوژیکی محلی در پاسخ لرزه‌ای ساختگاه و تاثیر آن بر شدت و وسعت خرابی ساختمانها در حین زلزله می‌باشد. این تغییر ماهیت حرکات لرزه‌ای به سبب خواص ژئوتکنیکی و ژئولوژیکی، اثرات ساختگاه نامیده می‌شود. اثرات ساختگاه اساساً در قله تپه‌ها یا در دره‌های آبرفتی مشاهده می‌شوند. در بسیاری از آیین نامه‌های ساختمانی موجود اثرات یک بعدی محل ساختگاه در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر اثرات مربوط به توپوگرافی و ترکیب آن با اثرات مربوط به وجود آبرفت و نحوه‌ی لایه‌بندی آنها در نظر گرفته نشده است. مطالعات زیادی برای لحاظ کردن اثرات ساختگاه با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی، تحلیلی و عددی (اجزای مرزی، اجزای محدود و اختلاف محدود) انجام شده است. با توجه به محدودیت‌های مسئله هر یک از روش‌های فوق می‌تواند مزایا و معایبی داشته باشد.

هدف از ارائه این مقاله ارزیابی میزان بزرگنمایی پاسخ لرزه‌ای دره‌های آبرفتی با بهره‌گیری از روشی است که دارای مزایا و فاقد معایب روش‌های قبلی باشد. این روش که توسط گتمیری و همکارانش توسعه یافته است و برنامه عددی Hybrid نامیده می‌شود [۱-۴]، با بکار بردن دو روش اجزاء محدود در فضای نزدیک و اجزاء مرزی در فضای دور، به منظور مطالعه پراکندگی دو بعدی امواج می‌پردازد. با توجه به اینکه هدف اصلی این کار بررسی تاثیر میزان نرم یا سخت بودن لایه‌های آبرفتی نسبت به هم در کنار اثرات مربوط به پرشدگی بر پاسخ لرزه‌ای دره‌های مذکور است،

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک دانشکده مهندسی عمران

<sup>۲</sup> استاد دانشکده مهندسی عمران

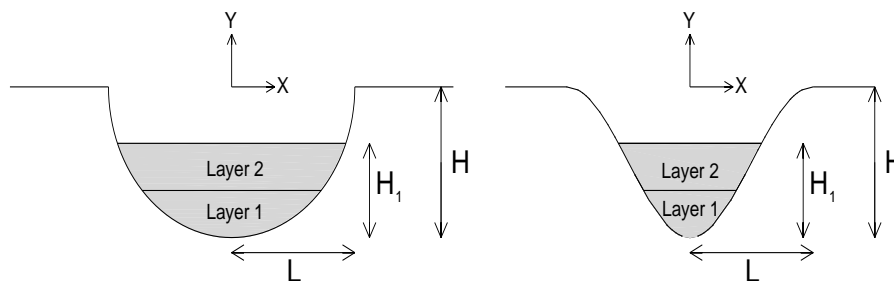


لذا رسوبات در دو لایه با امیدانس‌های مختلف در نظر گرفته شده‌اند بطوریکه نسبت میزان امیدانس لایه بالا به لایه زیرین مقادیر متفاوت فرض شده است و میزان بزرگنمایی ذکر شده با تغییر این نسبت مورد بررسی قرار خواهد گرفت. لازم به ذکر است که امواج لرزه‌ای با زاویه قائم و از نوع SV تاییده می‌شوند. با توجه به مطالعات قبلی [۶۵] مرکز دره (روی عمق ماکزیمم آبرفت) بیشترین میزان بزرگنمایی را به خود اختصاص داده است، لذا برای تحلیل‌ها رفتار این نقطه بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس نمودارهایی ارائه خواهند شد که می‌توانند با محاسبه بزرگنمایی دره‌های مذکور با توجه به میزان سختی لایه‌های آبرفتی و میزان پرشدگی دره‌ها، در تکمیل مطالعات ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای بکار گرفته شوند.

## ۲. مشخصات ساختگاه

### ۱.۲. پارامترهای هندسی ساختگاه

به منظور دستیابی به اثرات قابل توجه رسوبات در پاسخ لرزه‌ای ساختگاه در این مطالعه دره‌های نیم‌بیضی و نیم‌سینوسی مورد مطالعه قرار گرفته است. دره‌ها با عمق (H) و نصف دهانه‌ی باز آنها (L) معرفی می‌شوند. نسبت عمق دره‌ها، H/L، برابر ۰/۶، و میزان نسبت پرشدگی آنها H<sub>1</sub>/H، ۱/۳، ۲/۳، ۱ در نظر گرفته شده است. در شکل (۱) هندسه دره و پارامترهای نامبرده شده نشان داده شده است. L در تمامی مدل‌ها برابر ۱۰۰ متر در نظر گرفته شده است. H، عمق دره و H<sub>1</sub> عمق رسوبات (هر دو لایه) می‌باشد.



شکل ۱- هندسه دره‌های مورد مطالعه

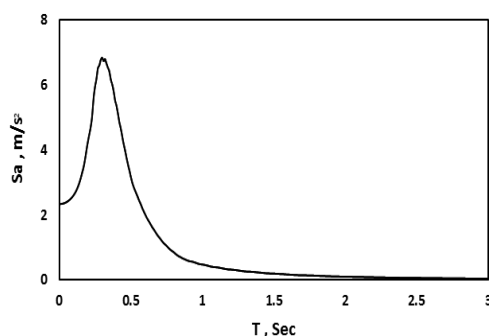
### ۲.۲. مشخصات موج مهاجم

توجه اصلی در این مقاله به پیچیدگی پاسخ لرزه‌ای ساختگاه به سبب اثرات ترکیبی توپوگرافی و رسوبات است از این رو موج مهاجم ساده‌ی SV از نوع ریکر با زاویه تابش قائم استفاده شده است. با توجه به صفحه‌ای بودن این موج و راستای انتشار آن، جابجایی‌های ایجاد شده در راستای افقی است. معادله موج بصورت زیر بیان می‌گردد:

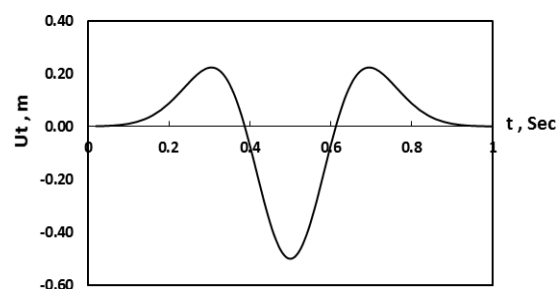
$$u(t) = A_0(a^2 - 0.5) \exp(-a^2) \quad (1)$$

$$a = \pi \frac{t - T_S}{T_P}$$

که در آن  $A_0$  دامنه جابجایی، برابر ۱ و  $T_S$  و  $T_P$  برابر ۰/۵ در نظر گرفته شده است. فرکانس غالب موج ۲ Hz است. دامنه حرکت تابع زمان موج و طیف شبه شتاب موج تحریک به ترتیب در شکل (۲) و شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- طیف شبه شتاب موج تحریک



شکل ۲- تحریک لرزه‌ای اعمال شده در فضای زمان



### ۳.۲. پارامترهای مکانیکی مصالح آبرفتی

پارامترهای مکانیکی تاثیر گذار در مطالعه اثرات ساختگاه به شرح جدول (۱) می باشند:

جدول ۱- پارامترهای موثر بر پاسخ ساختگاه

مدول بالک	K , Mpa
مدول برشی	G , Mpa
نسبت پواسون	v
مدول الاستیسیته	E , Mpa
جرم حجمی	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>
سرعت موج	C , m/s
نسبت امپدانس بین آبرفت و سنگ بستر	$\beta$
جرم حجمی مصالح آبرفتی	$\rho_s$ , kg/m <sup>3</sup>
سرعت موج برشی در مصالح آبرفتی	$C_s$ , m/s
جرم حجمی مصالح سنگ بستر	$\rho_r$ , kg/m <sup>3</sup>
سرعت موج برشی در سنگ بستر	$C_r$ , m/s

همانگونه که ذکر شد، مصالح آبرفتی در دو لایه‌ی مختلف در نظر گرفته شده‌اند. به منظور اینکه اثرات لایه‌بندی را بر پاسخ لرزه‌ای ارزیابی نمود، نسبت میزان امپدانس لایه‌ی آبرفت بالایی به لایه‌ی آبرفت زیرین ( $\beta_2/\beta_1$ )، ۲، ۳ و ۴ در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که نسبت امپدانس هر لایه نسبت به سنگ بستر به صورت رابطه (۲) تعریف می‌گردد.

$$\beta = \frac{\rho_s C_s}{\rho_r C_r} \quad (2)$$

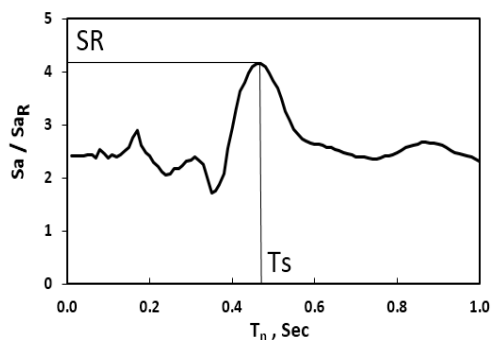
پارامترهای مکانیکی هر دو لایه آبرفتی و سنگ بستر در جدول (۲) ذکر شده‌اند:

جدول ۲- مشخصات مکانیکی لایه‌های آبرفتی

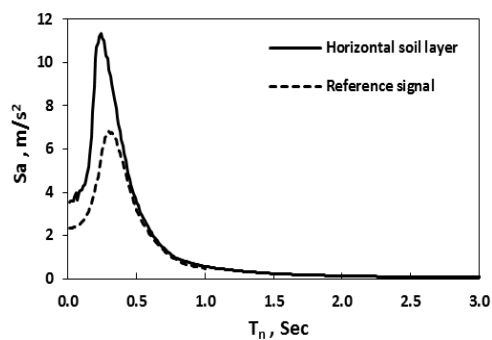
مصالح	آبرفت لایه ۱				آبرفت لایه ۲				سنگ بستر			
	E , Mpa	v	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	C , m/s	E , Mpa	v	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	C , m/s	E , Mpa	v	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	C , m/s
$\beta_2/\beta_1=2$	861	0.3	1630	450	215	0.3	1630	225	6720	0.4	2450	1000
$\beta_2/\beta_1=3$	1938	0.3	1630	676	215	0.3	1630	225	6720	0.4	2450	1000
$\beta_2/\beta_1=4$	3447	0.3	1630	901	215	0.3	1630	225	6720	0.4	2450	1000

### ۳. مفهوم نسبت طیفی (Spectral Ratio, SR)

طیف پاسخ شتاب، تخمینی از ماکزیمم شتاب در پای سازه نسبت به پیروید طبیعی oscillator ( $T_n$ ) را بدست می‌دهد. در هر دره، طیف پاسخ برای نقاط مختلف دره‌ها و موج ورودی (مرجع) محاسبه می‌شود (شکل ۴). نسبت طیفی (SR) به صورت ماکزیمم نسبت طیف پاسخ شتاب  $S_a$  به طیف پاسخ مرجع  $S_{aR}$  به ازای  $T_n$  های بین ۰/۱ ثانیه و ۱ ثانیه تعریف می‌شود. همچنین پیروید اساسی ساختگاه ( $T_s$ ) مقداری از  $T_n$  خواهد بود که متناظر با ماکزیمم نسبت  $S_a/S_{aR}$  است (شکل ۵).



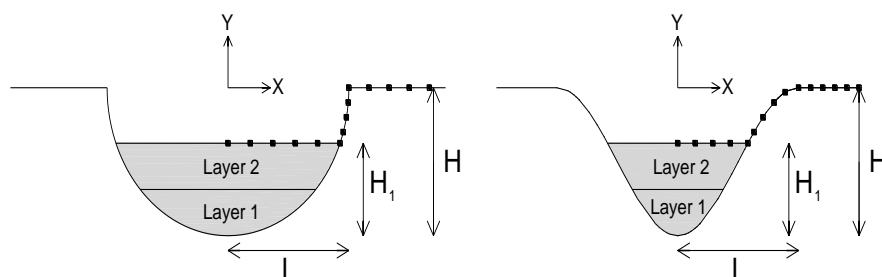
شکل ۵- پارامترهای  $T_s$  و SR



شکل ۶- طیف پاسخ شتاب

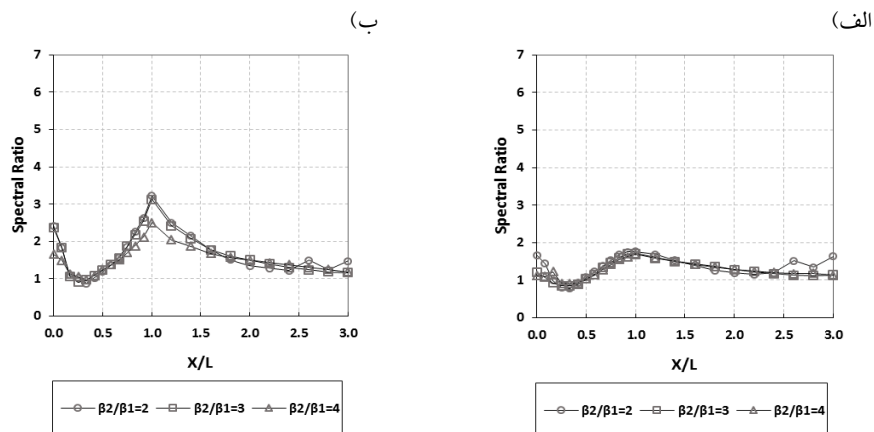
#### ۴. اثرات لایه‌بندی بر بزرگنمایی پاسخ لرزه‌ای ساختگاه

به منظور مطالعه اثر لایه‌بندی، برخی نقاط هندسی در سطح دره‌ها انتخاب شده‌اند. سپس طیف پاسخ شتاب برای هر نقطه و برای یک نقطه مرجع در خارج دره (جایی که اثر توپوگرافی و رسوبات ناچیز هستند، که در این مطالعه ۳ برابر  $L$  از مرکز دره در نظر گرفته شده است) محاسبه شده‌اند. موقعیت نقاط انتخاب شده در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به تقارن هندسه دره و زاویه موج لرزه‌ای یک طرف دره مد نظر قرار داده شده است.

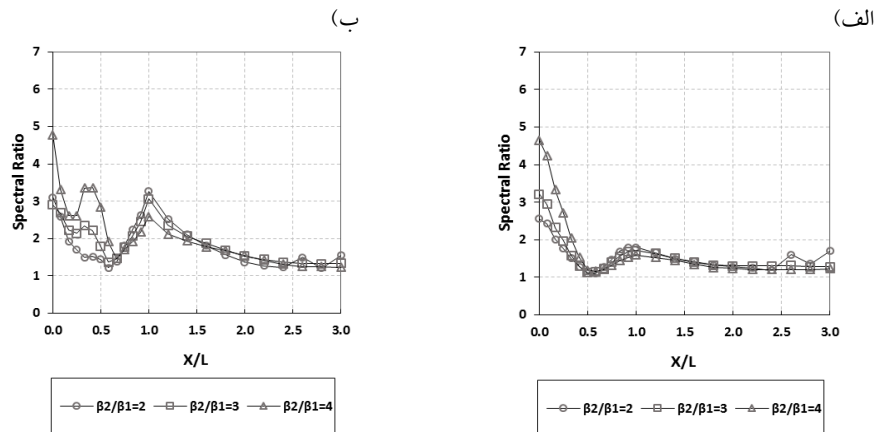


شکل ۶- موقعیت نقاط مشاهده (ثابت حرکت لرزه‌ای)

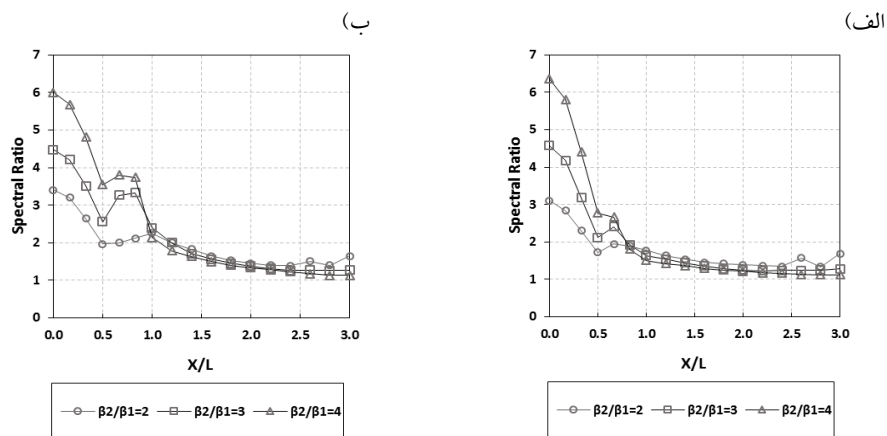
همانگونه که گفته شد، از تقسیم نمودن طیف بدست آمده در هر نقطه بر طیف بدست آمده برای فاصله  $3L$  نسبت طیفی هر نقطه بدست می‌آید. در واقع نتایج به صورت نسبت طیفی ارائه شده و نمودار نسبت طیفی در حالات مختلف برحسب فاصله از مرکز دره در نظر گرفته می‌شوند. نمودارهای نسبت طیفی بر حسب یک نسبت بی بعد  $X/L$  برای دره‌های مختلف با نسب پرتشدگی‌های مختلف در شکل‌های ۷-۹ ارائه شده‌اند.



شکل ۷- تغییرات نسبت طیفی بر حسب فاصله از مرکز دره برای دره‌های نیمه پر (الف) دره‌ی نیم‌سینوسی (ب) دره‌ی نیم‌بیضی

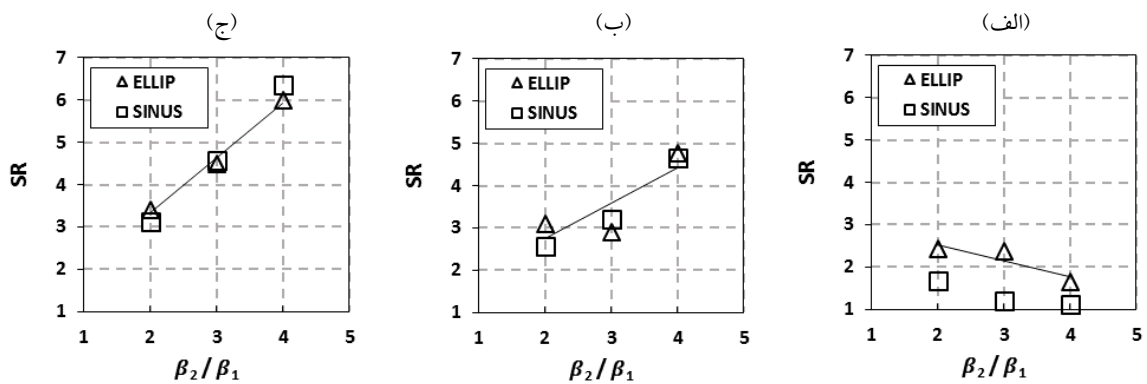


شکل ۸- تغییرات نسبت طیفی بر حسب فاصله از مرکز دره برای دره‌های نیمه پر (الف دره‌ی نیم‌سینوسی ب) دره‌ی نیم‌بیضوی



شکل ۹- تغییرات فاصله‌ای نسبت طیفی برای دره‌های کاملاً پر (الف دره‌ی نیم‌سینوسی ب) دره‌ی نیم‌بیضوی

به منظور مقایسه رفتار دره‌ها در یک نسبت عمق ثابت در انتقال از دره‌های نیمه‌پر به دره کاملاً پر نمودار تغییرات نسبت طیفی بر حسب  $\beta_2/\beta_1$  برای پرشدگی‌های مختلف را می‌توان در نظر گرفت که در شکل ۱۰ رسم شده است.



شکل ۱۰- تغییرات نسبت طیفی بر حسب نسبت سختی لایه‌ها ( $\beta_2/\beta_1$ ) برای دره‌های با پرشدگی

(الف)  $H_1/H=1/3$  (ب)  $H_1/H=2/3$  (ج)  $H_1/H=1$  (کاملاً پر)



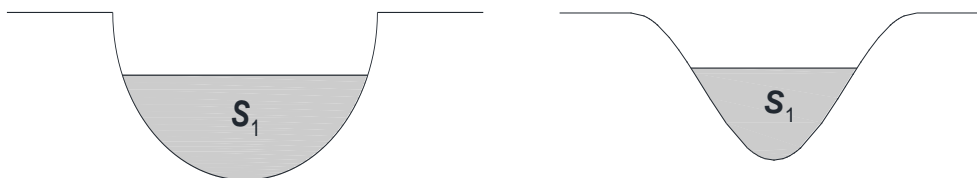
با تحلیل نتایج حاصله از نمودارهای ۷-۱۰ می‌توان اثر لایه‌بندی را در کنار نسبت پرشدگی در پاسخ دره‌های آبرفتی منحنی شکل به وضوح مشاهده کرد. در این نمودارها چون نسبت عمق دره ثابت است، می‌توان گفت که در یک توپوگرافی ثابت، اثرات مربوط به حضور رسوبات لحاظ شده‌اند. آنچه که از این نمودارها بر می‌آید به شرح زیر است:

- با مشاهده نتایج بدست آمده در نسبت پرشدگی و نسبت سختی‌های مختلف، می‌توان به این نتیجه رسید که حضور مصالح آبرفتی نرم روی سنگ بستر و اثرات ناشی از آن در کنار عمق زیاد آبرفت دو پارامتر مهم و اساسی در بررسی اثرات ساختگاه<sup>۱</sup> تلقی می‌شوند که باید همراه با لحاظ نمودن اثرات توپوگرافی در تکمیل مطالعات لرزه‌ای مربوط به ساختگاه مورد توجه قرار گیرند.
- از آنجا که در تمامی دره‌ها وجود دو ماکزیمم نسبی یکی در لبه دره و دیگری در مرکز دره مشهود است، بزرگنمایی در لبه را می‌توان به اثر توپوگرافی و بزرگنمایی در مرکز را می‌توان به اثر رسوبات نسبت داد.
- در دره‌های دارای لایه‌بندی، همانند دره‌های آبرفتی دارای نسبت عمق زیاد با مصالح یکسان (یک لایه آبرفت) [۶]، مرکز دره بحرانی‌تر از لبه‌ی آن است.
- در یک میزان پرشدگی کم ( $H_1/H=1/3$ ) با افزایش نرمی لایه فوقانی نسبت به لایه تحتانی (بزرگ شدن مقدار  $\beta_2/\beta_1$ )، یا به عبارت دیگر با بیشتر شدن تفاوت سختی‌های دو لایه، بزرگنمایی طیفی در مرکز دره کاهش می‌یابد. اما با بیشتر شدن میزان پرشدگی، این روند کاهشی به یک سیر صعودی تغییر می‌یابد. بطوریکه افزایش نسبت سختی لایه فوقانی نسبت به لایه تحتانی، با بزرگنمایی نسبت طیفی در مرکز دره خود را آشکار می‌نماید بطوریکه این میزان بزرگنمایی تا ۷ برابر می‌تواند افزایش یابد. در این حالت عمق آبرفت قابل توجه بوده و بر اثرات توپوگرافی غالب می‌شوند.
- همچنین در یک نسبت  $\beta_2/\beta_1$  ثابت، با افزایش نسبت پرشدگی، بزرگنمایی لرزه‌ای در لبه‌ی دره در مقایسه با مقدار آن در مرکز دره ناچیز بوده بطوریکه می‌توان گفت با افزایش نسبت میزان پرشدگی، نقطه‌ی بحرانی مطالعات لرزه‌ای از لبه‌ی دره به سمت مرکز آن انتقال می‌یابد و اثرات ژئوتکنیکی ساختگاه بر اثرات توپوگرافی غالب خواهند شد.

## ۵. تحلیل پارامتریک پاسخ لرزه‌ای ساختگاه

با توجه به نمودارهای ارائه شده و مطالب گفته شده، همانند دره‌های آبرفتی با یک لایه آبرفتی، ماکزیمم میزان بزرگنمایی در دره‌های با لایه‌های آبرفتی در مرکز دره،  $X/L=0$ ، دیده می‌شود که ناشی از عمق ماکزیمم رسوبات در این قسمت و اختلاف نسبت امیدانس (به نوعی سختی مصالح) بین لایه‌های آبرفت است. با تعیین نقطه‌ی بحرانی پاسخ لرزه‌ای تحت اثر وجود رسوبات، تمرکز اصلی بر روی پاسخ این نقطه خواهد بود و اثرات لایه‌بندی و پرشدگی دره‌ها بر روی پاسخ این نقطه مطالعه خواهد شد. با توجه به اینکه در هر نسبت پرشدگی ثابت، مقدار  $H_1/H$  برای دره‌های نیم-سینوسی و دره‌های نیم‌بیضی با هم برابر است، اما نتایج این دو شکل دره با هم متفاوت است. پس در هر نسبت عمق و نسبت پرشدگی ثابت، پارامتر دیگری باید در نظر گرفته شود تا بتوان آن را در کنار نسبت پرشدگی جهت بدست آوردن پاسخ لرزه‌ای بکار برد.

از آنجا که در هر شکل ثابت دره، با افزایش میزان پرشدگی یا به عبارت دیگر با افزایش سطح پرشده دره، میزان بزرگنمایی افزایش می‌یابد بنابراین پارامتر  $S_1$  که معرف مساحتی از دره است که با لایه‌های آبرفت پر شده است، می‌تواند در ترکیب با پارامترهای دیگر برای طبقه‌بندی دره‌های آبرفتی منحنی بر اساس نسبت سختی بین دو لایه‌ی آبرفت، مورد توجه قرار گیرد. این پارامتر در شکل (۱۴) نشان داده شده است.



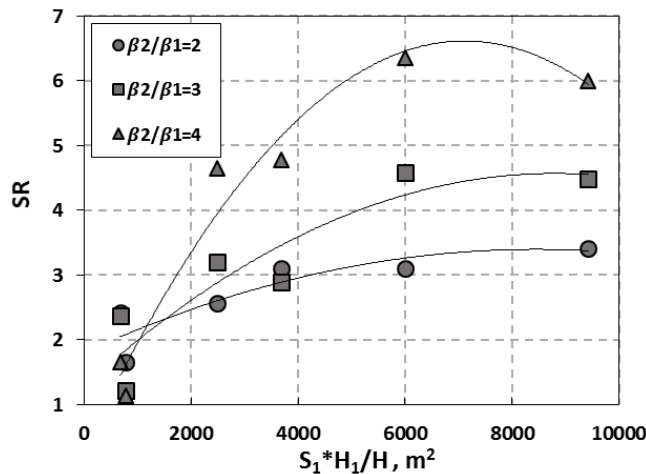
شکل ۱۴- معرفی پارامتر  $S_1$

همانگونه که ذکر شد پارامتر  $S_1$  می‌تواند در ترکیب با نسبت پرشدگی ( $H_1/H$ ) جهت بدست آوردن تخمینی از بزرگنمایی لرزه‌ای دره‌های منحنی

<sup>1</sup> Site Effects



شکل براساس نسبت سختی‌های مختلف بین لایه‌ها بکار رود. در نتیجه ارائه یک نمودار از SR بر حسب پارامتر  $S_1 \times \frac{H_1}{H}$  می‌تواند کاربردی باشد. این نمودار در شکل ۱۵ ارائه شده است.



شکل ۱۵- تغییرات نسبت طیفی بر حسب  $S_1 \times \frac{H_1}{H}$  براساس نسبت‌های مختلف  $\beta_2/\beta_1$

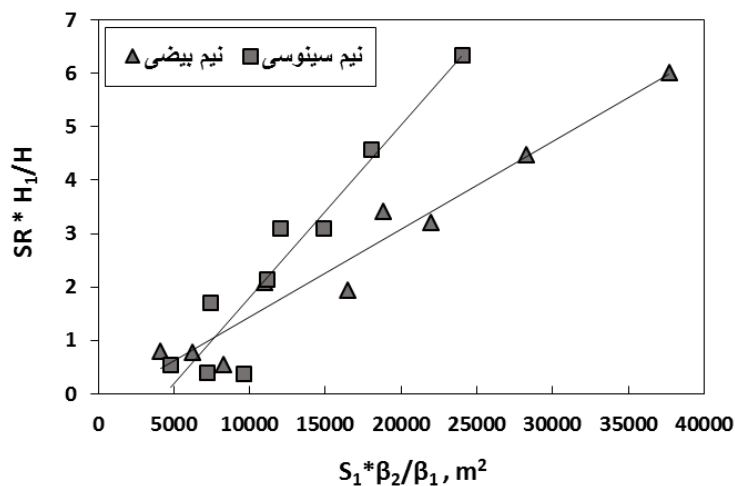
با مشاهده نمودار شکل ۱۵ می‌توان گفت که در یک مقدار ثابت  $S_1 \times \frac{H_1}{H}$ ، با افزایش نسبت  $\beta_2/\beta_1$  مقدار نسبت طیفی افزایش می‌یابد. هرچقدر که میزان  $\beta_2/\beta_1$  بیشتر افزایش یابد:

۱- نرخ تغییرات SR با شیب بیشتری صورت می‌گیرد.

۲- نمودار دارای یک نقطه ماکزیمم خواهد بود بطوریکه تا یک مقدار از  $S_1 \times \frac{H_1}{H}$  افزایش SR و از آن به پس کاهش SR مشاهده می‌شود.

۳- این مقدار ماکزیمم با افزایش  $\beta_2/\beta_1$  به ازای  $S_1 \times \frac{H_1}{H}$  کمتری رخ می‌دهد. به عبارت دیگر نقطه ماکزیمم با افزایش  $\beta_2/\beta_1$  به سمت عقب کشیده می‌شود.

همچنین به منظور مطالعه اثرات ترکیبی لایه‌بندی و پرشدگی باید تاثیر همزمان پارامترهای  $\beta_2/\beta_1$ ،  $H_1/H$  و  $S_1$  را در نظر داشت. با توجه به اینکه در یک  $H_1/H$  ثابت  $S_1$  برای شکل‌های مختلف متغیر است و همچنین با تغییر  $S_1$  و  $\beta_2/\beta_1$ ، نسبت طیفی (SR) تغییر می‌کند، لذا بهتر است که نموداری استخراج گردد که SR و  $H_1/H$  در یک محور و اثرات همزمان  $S_1$  و  $\beta_2/\beta_1$  در محور دیگر قرار گیرد. با رسم این نمودار در شکل ۱۶ می‌توان دره‌های مذکور را براساس شکل آنها طبقه‌بندی کرد.



شکل ۱۶- تغییرات  $SR \times \frac{H_1}{H}$  بر حسب  $S_1 \times \frac{\beta_2}{\beta_1}$  به منظور مطالعه اثرات ژئولوژیکی و ژئوتکنیکی ساختگاه



با مشاهده نمودار ارائه شده در شکل ۱۶ می توان گفت که حاصلضرب میزان بزرگنمایی طیفی در نسبت پرشدگی یک روند افزایشی خطی

بر حسب  $S_1 \times \beta_2/\beta_1$  دارد که شیب این تغییرات بر حسب شکل دره می تواند بیشتر باشد. لازم به ذکر است که با توجه به نتایج مربوط به دره های با یک لایه آبرفت [۶]، در این دره ها چون در یک نسبت ثابت  $H_1/H$ ، دره های نیم سینوسی دارای  $S_1$  کمتری نسبت به دره های نیم بیضی هستند، لذا مقادیر SR برای دره های نیم سینوسی کمتر از دره های نیم بیضی است. اما در دره های با بیش از یک لایه علاوه بر اثر  $S_1$  اثر نسبت سختی  $(\beta_2/\beta_1)$  نیز تاثیرگذار است بطوریکه در این دره ها، برخلاف حالت قبلی ذکر شده، در یک مقدار ثابت  $S_1 \times \beta_2/\beta_1$ ، دره های نیم سینوسی مقادیر بیشتری از SR را به خود اختصاص می دهند.

## ۶. نتیجه گیری

در این مطالعه اثرات ترکیبی لایه بندی و پرشدگی دره ها بر روی پاسخ لرزه ای دره های آبرفتی منحنی شکل مورد مطالعه قرار گرفته و رفتار دره ها تحت اثر افزایش نسبت پرشدگی با لحاظ کردن جنس لایه های آبرفت تحلیل شده است. نتایج حاصله به شرح زیر است:

همانند دره های آبرفتی دارای نسبت عمق زیاد با یک لایه آبرفت، مرکز دره بحرانی تر از لایه آن است. در یک میزان پرشدگی کم ( $H_1/H=1/3$ ) با افزایش نرمی لایه فوقانی نسبت به لایه تحتانی (بزرگ شدن مقدار  $\beta_2/\beta_1$ )، بزرگنمایی طیفی در مرکز دره کاهش می یابد. اما با بیشتر شدن میزان پرشدگی، این روند کاهشی به یک سیر صعودی تغییر می یابد. همچنین در یک نسبت  $\beta_2/\beta_1$  ثابت، با افزایش نسبت پرشدگی، بزرگنمایی لرزه ای در لایه دره در مقایسه با مقدار آن در مرکز دره ناچیز بوده بطوریکه می توان گفت با افزایش نسبت میزان پرشدگی، نقطه ی بحرانی مطالعات لرزه ای از لایه دره به سمت مرکز آن انتقال می یابد و اثرات ژئوتکنیکی ساختگاه بر اثرات توپوگرافی غالب خواهند شد.

جهت بدست آوردن تخمینی از بزرگنمایی لرزه ای دره های منحنی شکل بر اساس نسبت سختی های مختلف بین لایه ها یک نمودار از SR بر حسب پارامتر  $S_1 \times H_1/H$  ارائه شده است بطوریکه در یک مقدار ثابت  $S_1 \times H_1/H$ ، با افزایش نسبت  $\beta_2/\beta_1$  مقدار نسبت طیفی افزایش می یابد. هرچقدر که میزان  $\beta_2/\beta_1$  بیشتر افزایش یابد، نقطه ماکزیم نمودار با افزایش  $\beta_2/\beta_1$  به ازای  $S_1 \times H_1/H$  کمتری رخ می دهد. به عبارت دیگر نقطه ماکزیم با افزایش  $\beta_2/\beta_1$  به سمت عقب حرکت می کند. همچنین به منظور مطالعه اثرات ترکیبی لایه بندی و پرشدگی نمودار شکل ۱۶ ارائه شده بطوریکه با دانستن پارامتر  $S_1 \times \beta_2/\beta_1$  و نسبت پرشدگی دره، می توان SR را تخمین زد.

## ۷. مراجع

- Gatmiri, B. Kamalian, M. (2002), "The fundamental solution of dynamic poroelastic boundary integral equations in the time domain," International Journal of Geomechanics 2(4), pp 381-398.
- Gatmiri, B. Maghoul, P. Arson, C. (2009), "Site-specific spectral response of seismic movement due to geometrical and geotechnical characteristics of sites," International Journal Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 29, pp 51-70.
- Gatmiri B. Kamalian M. (2002), "Two-dimensional transient wave propagation in an elastic saturated porous media by a hybrid FE/BE method," Proceeding of the fifth European conference of numerical methods in geotechnical engineering, Paris, France, pp 947-956.
- Kamalian, M. Jafari, MK. Sohrabi-bidar, A. Razmkhah, A. Gatmiri, B. (2006), "Time domain two-dimensional site response analysis of non-homogeneous topographic structures by a hybrid FE/BE method," International Journal Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 26, pp 753-765.
- Gatmiri, B. Foroutan, T. (2012), "New criteria on the filling ratio and impedance ratio effects in seismic response evaluation of the partial filled alluvial valleys," International Journal Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 41, pp 89-101.

۶. گتمیری، ب. و امینی بانه، د. (۱۳۹۳)، " الگوی بزرگنمایی پاسخ طیفی ساختگاه در برابر حرکات لرزه ای با در نظر گرفتن اثر توپوگرافی و رسوبات"، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل، ایران، ۱۷-۱۸ اردیبهشت.