

## بررسی اثر ناهمواری تپه گیشا بر تشدید دامنه تحریکات زمین

حسین درخشان

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

بابک امیدوار

استادیار دانشکده محیط زیست - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

محمد رحیمیان

دانشیار دانشکده مهندسی عمران - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

اسداله نورزاد

استادیار دانشکده مهندسی عمران - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۸۲/۶/۲۹، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۴/۶/۷، تاریخ تصویب ۸۴/۷/۱۶)

### چکیده

در این مقاله رفتار لرزه ای تپه گیشا در انتشار امواج زلزله SH و SV با ورود از دو جهت متفاوت عمود بر هم و با زوایای برخورد مختلف بررسی شده و ضرایب تشدید دامنه امواج نسبت به حرکت آزاد که متأثر از وجود توپوگرافی سطحی می باشند به صورت تابعی از مختصات نقاط رسم شده است. از آنجا که تحلیل به روش اجزای مرزی و در دامنه زمانی صورت گرفته است، تاریخچه زمانی موج برخوردی که با استفاده از مطالعات آماری لرزه نگاشت های موجود به دست آمده است، مستقیماً بر روی سایت اعمال گردیده است. از این بررسی ها نتیجه گرفته شده است که دامنه تحریکات قائم و افقی در برخورد موج SV مؤثر در نقاطی از تپه که محل دقیق آن بستگی به زاویه ورود امواج دارد به ترتیب تا حد ۲/۸ و ۲/۶ برابر نسبت به دامنه تحریک آزاد زمین افزایش می یابد. محل وقوع تشدید ماکزیمم هنگامی که زاویه برخورد افزایش می یابد از حوالی نوک تپه به کناره ها و خارج از تپه تغییر می یابد که در این محل آزمون ورود موج نیز تأثیر دارد.

**واژه های کلیدی:** تپه گیشا، اثر توپوگرافی، انتشار امواج، تشدید دامنه، روش اجزای مرزی

### مقدمه

دارند انجام مطالعات اثر توپوگرافی بر تشدید امواج زلزله بسیار حایز اهمیت است. از آنجا که در روش اجزای مرزی شرط تشعشع امواج به بی نهایت به صورت کامل ارضا می گردد و نیز جزء بندی مساله فقط در مرز صورت می گیرد، این روش برای انجام مطالعات بر روی نیم فضا بسیار مناسب می باشد. روش اجزای مرزی در حوزه فرکانس تا کنون در بسیاری از مطالعات اثر توپوگرافی به کار گرفته شده است [۶] تا [۱۰]، لیکن مطالعات اندکی در حوزه زمان انجام شده است.

اندکی پس از وقوع زلزله های مخربی که در گذشته تجربه شد، مشاهده گردید که الگوی خسارت محسوسی در نقاط مختلف اطراف یک ناهمواری وجود دارد. وجود این الگو محققان علم مهندسی عمران و لرزه شناسی را به سمت و سوی کشف علت آن سوق داد. نکته این بود که وجود ناهمواری سطحی باعث تشدید دامنه تحریکات در برخی از نقاط زمین می شود. از جمله زلزله های مخربی که اشاره شد، می توان زلزله های ۱۹۰۹ فرانسه در لمسبک، ۱۹۷۶ و ۱۹۸۰ ایتالیا در Friuli و ایرپینیا، ۱۹۸۵ مکزیک در میچوکان، ۱۹۸۵ شیلی، ۱۹۹۴ Northridge، ۱۹۹۵ ژاپن در Kobe و ۱۹۹۵ یونان در Eigion (۱ تا [۵]) و [۱۱] تا [۱۳]) را نام برد. کشور ما در منطقه ای زلزله خیز واقع شده است و از آنجا که تعداد زیادی از شهرهای کشورمان همجوار با ناهمواری ها قرار

### تئوری مساله

شکل (۱) یک توپوگرافی با شکل دلخواه را نمایش می دهد که تحت اثر امواج ورودی با آزمون  $U_h$  و زاویه

موج ورودی است. فاصله  $d$  به صورت تابعی از مختصات نقاط حوزه با رابطه (۳) قابل نوشتن است:

$$d = a_1(x - x_1) + a_2(y - y_1) + a_3(z - z_1) + nc\Delta t \quad (3)$$

در رابطه (۳) فرض شده است که موج پس از صرف  $n$  گام زمانی به نزدیک ترین نقطه سایت (نقطه  $A$  به مختصات  $x_1$  و  $y_1$  و  $z_1$ ) خواهد رسید.  $\Delta t$  طول گام زمانی است.  $x$  تا  $z$  مختصات نقاط سایت و  $a_1$  تا  $a_3$  مولفه های بردار یکه جبهه موج می باشند. با جایگذاری مقدار  $d$  از معادله (۳) در (۲)؛ معادله کلی (۴) برای حرکت نقاط سایت حاصل می گردد:

$$f[\tau] = f\left[t - n\Delta t - \frac{a_1(x - x_1) + a_2(y - y_1) + a_3(z - z_1)}{c}\right] \quad (4)$$

با استفاده از روابط تئوری ارتجاعی و معادله (۴) می توان بردار ترکشن  $t^i$  را محاسبه نمود.

شکل (۲) نمودار مراحل کار برای پیدا نمودن شرایط مرزی حاکم بر سطح توپوگرافی را ارائه می دهد. با دنبال نمودن مراحل کار مطابق با نمودار شکل (۲) می توان مقادیر ترکشن  $t^i$  را که لازم است به صورت قرینه بر روی توپوگرافی اعمال گردد و همچنین مقادیر جابجایی ورودی  $u^i$  را محاسبه نمود.

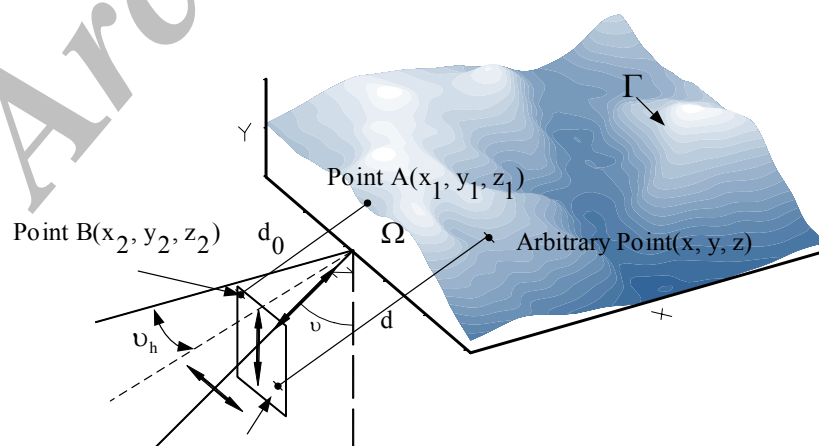
برخورد  $U$  قرار گرفته است. تابع موج اختیاری  $f[t]$  ورودی به سایت که در محیط بی نهایت حرکت می کند، میدان جابجایی  $u^i$  را در کل حوزه ایجاد می نماید. این میدان پس از رسیدن موج به سطح توپوگرافی به دلیل شرایط مرزی موجود که همان شرط ترکشن صفر می باشد و پدیده انعکاس و تفرق در ناهمواری، مقداری تشدید می یابد. برای محاسبه میدان کامل امواج برخوردی و تفرق یافته کفایت که شرط مرزی موجود به صورت کامل ارضاء گردد. بدین منظور ترکشن موجود روی سطح را به دو قسمت ترکشن حاصل از موج ورودی و یک ترکشن که برای جبران آن به صورت عکس بر روی توپوگرافی اعمال می کنیم نمایش می دهیم:

$$t^i = t^i + t^s \quad (1)$$

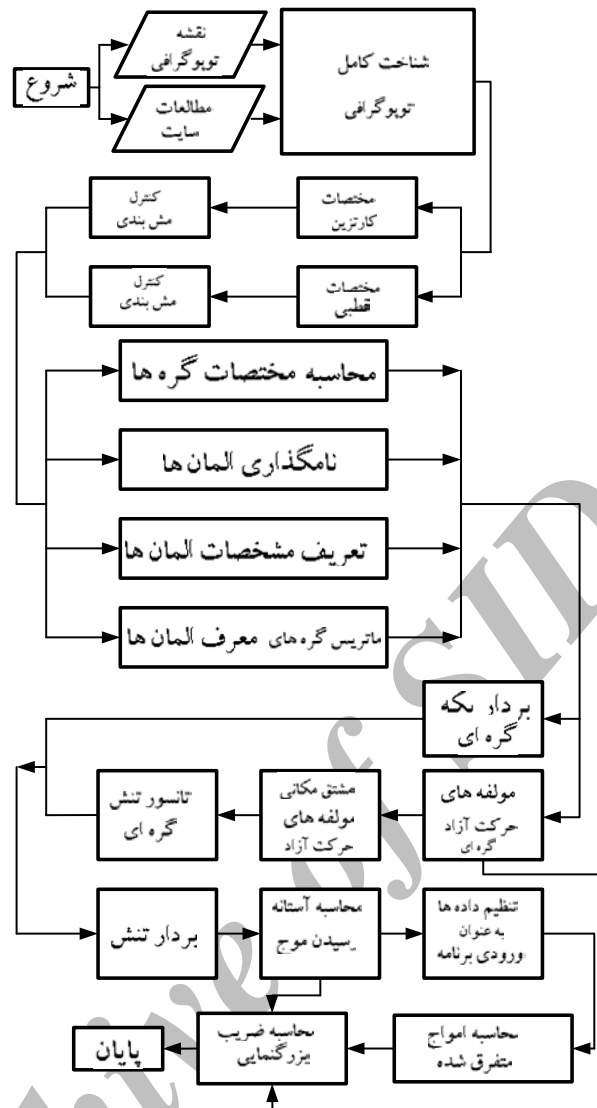
به بخش دوم سمت راست معادله (۱)، ترکشن حاصل از امواج متفرق شده می گوئیم. اما برای محاسبه  $t^i$ ، لازم است که تابع موج ورودی را بر حسب مختصات مکانی امواج داشته باشیم، برای این منظور تابع موج ورودی را به فرم زیر می نویسیم:

$$f[\tau] = f\left[t - \frac{d}{c}\right] \quad (2)$$

رابطه (۲) برای هر نقطه از سایت به صورت مجزا نوشته می شود و در آن زمان ارتعاش از لحظه رسیدن موج به نقطه است.  $d$  فاصله نقطه از جبهه موج و  $c$  سرعت



شکل ۱: توپوگرافی با شکل دلخواه تحت اثر موج ورودی.



شکل ۲: نمودار مراحل کار لازم برای محاسبه شرایط مرزی حاکم بر سطح توپوگرافی.

نقطه و برای هر گام زمانی، میدان کامل جابجایی از جمع میدان ورودی و میدان حاصل از تفرق محاسبه می گردد:

$$u^t = u^i + u^s \quad (7)$$

### ارزیابی روش با منابع موجود در حوزه فرکانس

در این مطالعه، به منظور ارزیابی روش نیاز به استفاده از منابع محدود موجود در حوزه فرکانس بوده است. دره نیم کره ای با شعاع  $a$  و مشخصات  $\alpha$  و  $\beta$  به ترتیب سرعت  $v = \frac{1}{3}$  و  $\beta = \rho = 1.0$

اعمال شرط مرزی ترکشن صفر با استفاده از معادله (۱) به معادله زیر می انجامد:

$$t^s = -t^i \quad \text{on } \Gamma \quad (8)$$

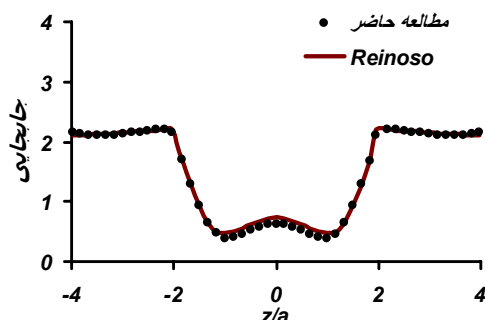
این شرط مرزی برای حل معادله نایبه به روش اجزای مرزی به کار گرفته می شود. بنابراین معادله نایبه در مورد این مساله به صورت زیر قابل نوشتن است:

$$\mu u_{i,jj}^s + (\lambda + \mu) u_{j,ij}^s - \rho \frac{\partial^2 u_i^s}{\partial t^2} = 0$$

$$t_i^s = -t_i^i \quad \text{on } \Gamma \quad (9)$$

با بدست آمدن بردار جابجایی ناشی از تفرق امواج در هر

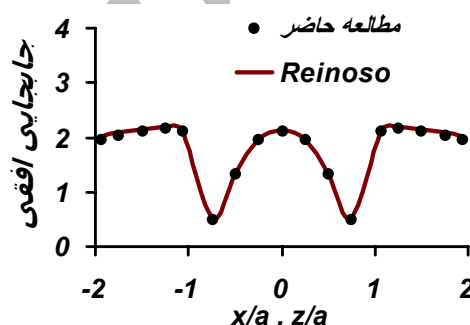
در حدود ۱۷ درصد بوده و از این رو این تپه که محل ساخت برج میلاد نیز می باشد برای انجام این مطالعه یک مساله ایده آل می باشد. به منظور مطالعه رفتار این تپه منطقه ای به وسعت ۱۴۰۰ در ۱۲۰۰ متر با استفاده از المان های مرزی ۸ گرهی دو وجهی (سرنديپیتی) به ۵۶ المان و ۱۹۹ گره مرزی جزءبندی گردید و مساله برای تابش امواج SV و SH در جهات و زوایای مختلف بررسی گردید.



شکل ۴: دامنه جابجایی های افقی نقاط دره بیضوی در برخورد موج قائم SV.

شکل (۵) ناهمواری های تپه و دو مقطع میانی از آن و شکل (۶) خطوط هم تراز را نمایش می دهد. برای ایجاد رکورد مصنوعی سازگار با سایت از روش تعیینی استفاده شده است. پارامترهای لرزه خیزی مورد نیاز با استفاده از روش کیکو [۱۴] و [۱۵] بدست آمده است و رویدادهای زمین لرزه به سه بازه زمانی تقسیم شده است که به ترتیب دربرگیرنده زمین لرزه های تاریخی، زمین لرزه های ۱۹۰۰ تا ۱۹۶۳ (سال نصب شبکه جهانی لرزه نگاری) و سال ۱۹۶۴ تا کنون میباشد. خطای بزرگای زمین لرزه های تاریخی از ۰/۳ تا ۰/۵ و زمین لرزه های ۱۹۰۰ تا ۱۹۶۳ و ۱۹۶۴ تا کنون به ترتیب ۰/۲ و ۰/۱۵ فرض شده است. دوره بازگشت ۲۰۰ سال در نظر گرفته شده است و ویژگی های لرزه خیزی به صورت جداگانه برای گستره های شعاعی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلومتری بدست آمده است [۱۶]. با انجام محاسبات لازم تاریخچه زمانی شکل (۷) به منظور تحریک تپه در جهات مختلف در نظر گرفته شد. در انتخاب مشخصات مکانیکی محیط نیز از مطالعات ژئوتکنیک موجود [۱۶] استفاده گردیده است؛ با صرف نظر کردن از یک لایه سطحی با ضخامت کم (۵ متر) در این ناهمواری سرعت امواج طولی و عرضی مورد استفاده همان سرعت های امواج در لایه غالب بوده و به

امواج طولی و برشی می باشند. در مرجع [۱۰] تحت برخورد موج SH قائم در نظر گرفته شده است. همانند این مرجع ما فرکانس بدون بعد  $\Omega=0.75$  را برای انجام محاسبات در حوزه زمان در نظر گرفتیم. فرکانس بی بعد استفاده شده برابر با نسبت طولانی ترین بعد دره و طول موج امواج برشی در محیط است. از آنجا که محاسبات ما در حوزه زمان صورت می گیرد از تبدیل فوریه برای پیدا نمودن تاریخچه زمانی معادل استفاده نمودیم. منحنی خط پیوسته در شکل (۳) جواب های Reinoso [۱۰] و دایره های توپر نتایج مطالعات حاضر می باشد. x و z فاصله از مرکز دره در دو جهت محور مختصات می باشند.



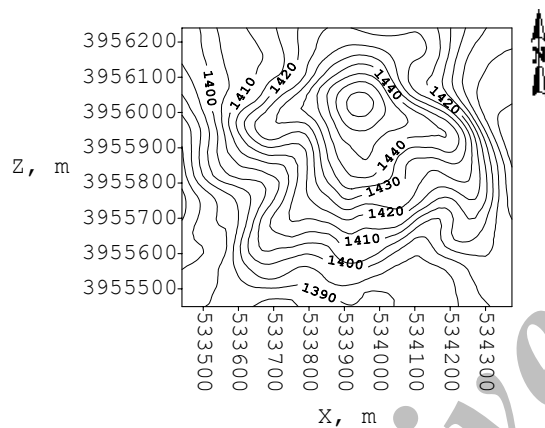
شکل ۳: دامنه جابجایی های افقی نقاط دره نیم کره در برخورد موج قائم SH.

همچنین به منظور بررسی روش و برنامه، دره های بیضی شکل نیز مورد مطالعه قرار گرفت. در مرجع [۱۰] چند نمونه از دره های بیضی شکل تحت اثر امواج P و SH و SV قرار گرفته اند. در این مرجع دره مورد مطالعه دارای ابعاد ۱ و ۲ در دو جهت بزرگ و کوچک و عمق ۱ می باشد و نیز  $\beta = \rho = 1.0$  و  $\alpha = 2$  در نظر گرفته شده است. شکل (۴) نتایج مطالعات حاضر را برای موج قائم SV با فرکانس  $\Omega=0.75$  نمایش می دهد که مقایسه آن با نتایج Reinoso در مرجع [۱۰] بسیار رضایت بخش است. a طول کوچک بالاترین مقطع دره و z فاصله از مرکز و در جهت طول کوچک می باشد.

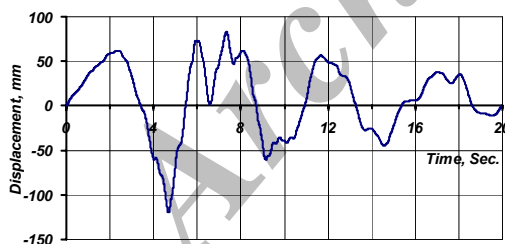
## تپه گیشا

ناهمواری تپه گیشا تشکیل شده است از ناحیه ای به ابعاد تقریبی ۱۰۰۰ در ۷۰۰ متر که در سمت شمالی شهر تهران و در قسمت غربی تقاطع بزرگراه های شهید چمران و همت واقع شده است. شیب دامنه های موجود

شکل (۹) همین مساله را در امتداد مقطع دوم نمایش می دهد. تشدید دامنه برای موج SH بین دو و سه متغیر است. بیشترین تشدید برای برخورد قائم در وسط مقطع که مرتفع ترین نقاط تپه قرار دارند رخ داده است ولی برای برخوردهای مورب بیشترین تشدید در کناره ها مشاهده شده است. شکل های (۱۰) و (۱۱) به ترتیب تشدید دامنه را برای مولفه های افقی و قائم در حالت برخورد موج SV با زوایای مختلف در امتداد مقطع اول نمایش می دهند. شکل های (۱۲) و (۱۳) همین مساله را برای مقطع دوم نمایش می دهند. در این شکل ها مشاهده می گردد که اثرات تغییر زاویه برخورد برای زاویه ۳۰ درجه بیشتر از زاویه ۶۰ درجه نمود پیدا می کند.



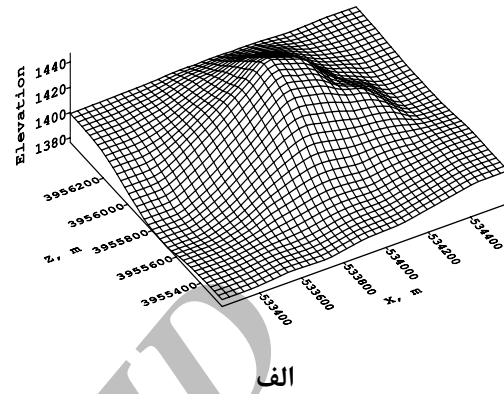
شکل ۶: ناهمواری تپه گیشا؛ نقشه خطوط هم تراز.



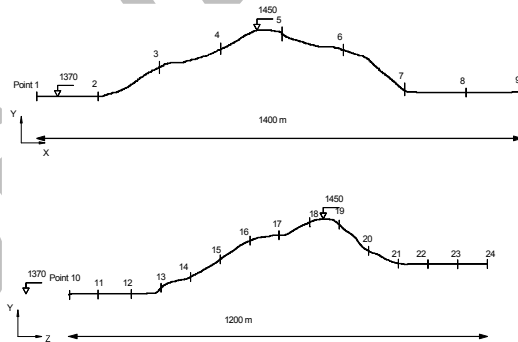
شکل ۷: مولفه جابجایی افقی در موج ورودی به تپه.

نمودارهای مربوط به شکل های (۱۰) و (۱۱) نمایانگر این نکته هستند که تشدید دامنه در مقطعی که موج ورودی دیرتر به آن می رسد، در حالت برخورد موج به صورت مورب، بیشتر است. نمودارهای شکل های (۱۲) و (۱۳) فاقد چنین خصوصیتی هستند زیرا موج در امتداد مقطع اول (شکل ۵-ب) حرکت می نماید

ترتیب برابر با ۲۳۶۳ و ۹۶۵ متر بر ثانیه می باشد [۱۶]. ضریب پواسون مطابق اطلاعات مندرج در مرجع [۱۶] معادل ۰/۴ در نظر گرفته شده است.



الف

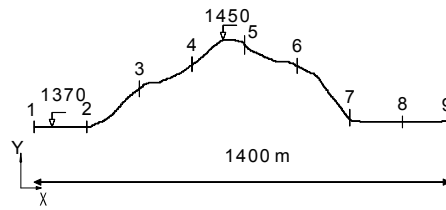
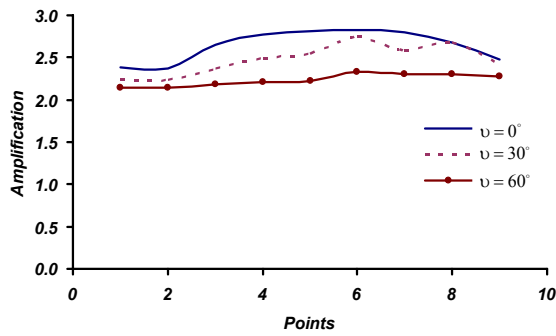


ب

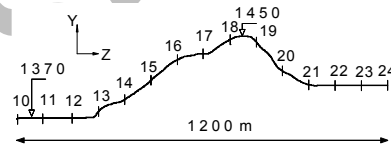
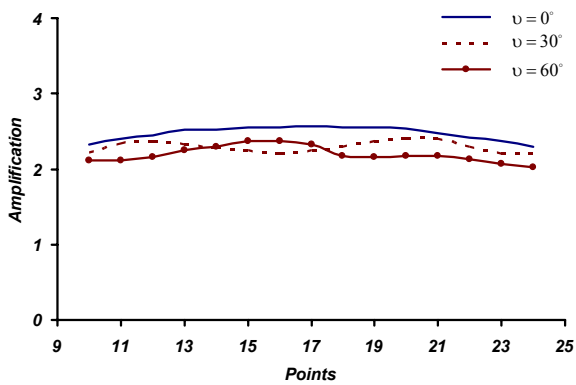
شکل ۵: ناهمواری تپه گیشا؛ الف- توپوگرافی، ب-مقاطع عرضی.

## موج برخوردی SH با بردار یکه درون صفحه XY

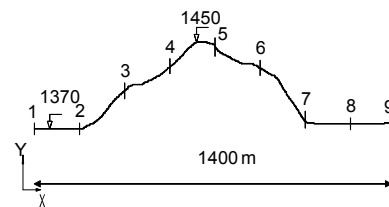
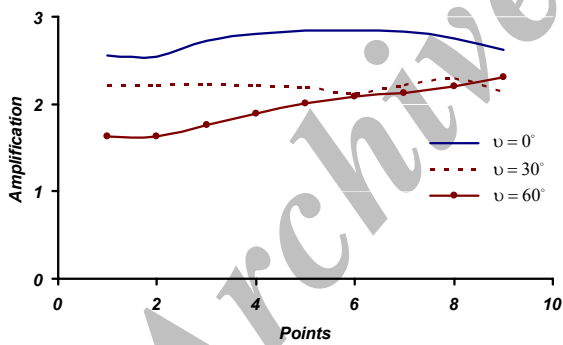
با فرض زاویه  $\nu_{ih} = 0$  و استفاده از مشخصات تپه و موج ورودی نتایج برای تحلیل موج SH را می توان انجام داد. نتایج تحلیل برای سه زاویه برخورد  $\nu = 0$  (برخورد قائم موج SH)،  $\nu = 30$  و  $\nu = 60$  در شکلهای (۸) تا (۱۳) آمده است. در این شکل ها با در نظر گرفتن دو مقطع عمود بر هم از ناهمواری (شکل ۵-ب) نمودار تغییرات تشدید دامنه امواج در طول مقطع نمایش داده شده است. شکل (۸) نشان می دهد که تشدید دامنه در این ناهمواری با افزایش زاویه برخورد موج SH به طور کلی کاهش می یابد و منحنی ها در سمتی که موج به تپه وارد می شود مقادیر تشدید بیشتری را نمایش می دهند.



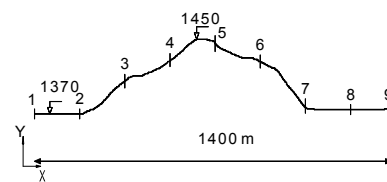
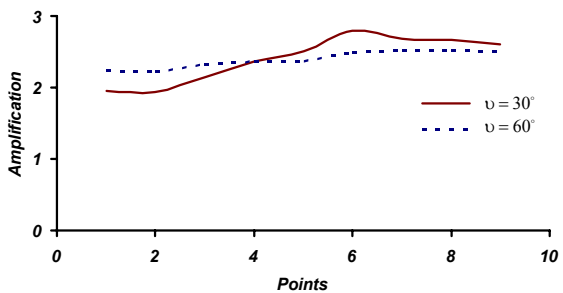
شکل ۸: تشدید مولفه افقی موج SH در نقاط ۱ تا ۹ برای زوایای برخورد مختلف و آزیموت  $U_h = 0$ .



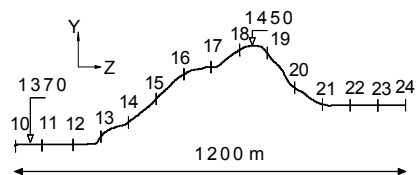
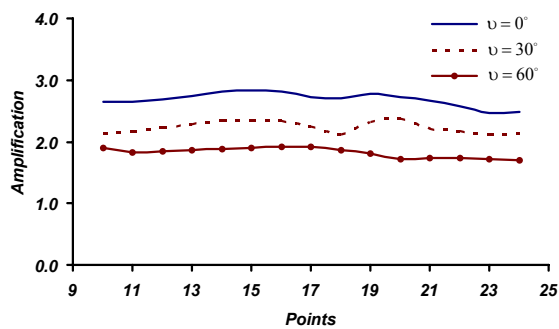
شکل ۹: تشدید مولفه افقی موج SH در نقاط ۱۰ تا ۲۴ برای زوایای برخورد مختلف و آزیموت  $U_h = 0$ .



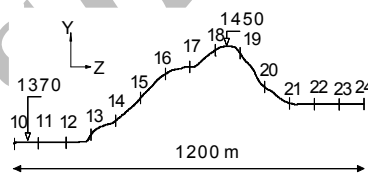
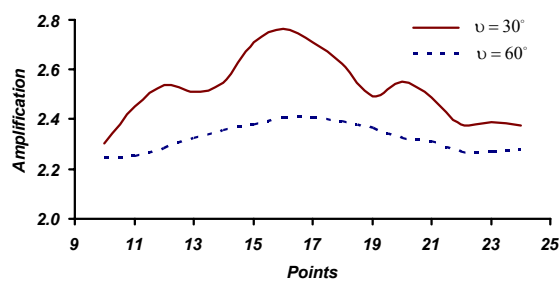
شکل ۱۰: تشدید مولفه افقی موج SV در نقاط ۱ تا ۹ برای زوایای برخورد مختلف و آزیموت  $U_h = 0$ .



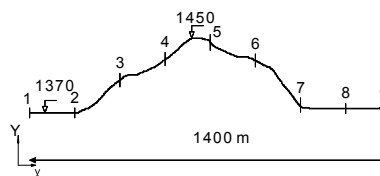
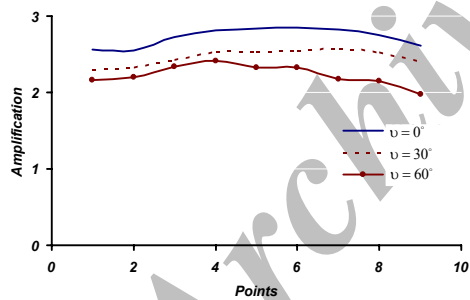
شکل ۱۱: تشدید مولفه قائم موج SV در نقاط ۱ تا ۹ برای زوایای برخورد مختلف و آزیموت  $U_h = 0$ .



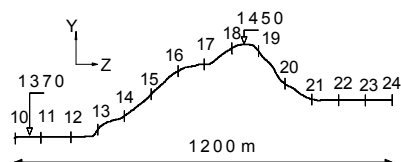
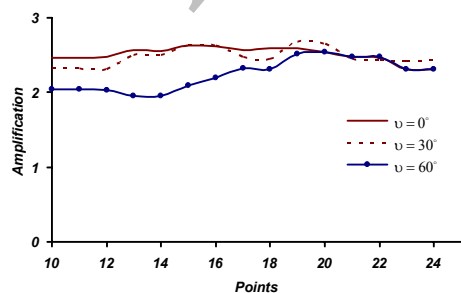
شکل ۱۲: تشدید مولفه افقی موج SV در نقاط ۱۰ تا ۲۴ برای زوایای برخورد مختلف و آزیموت  $V_h = 0$ .



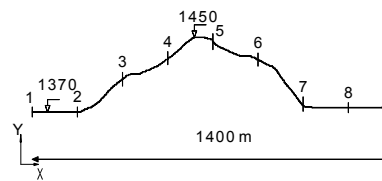
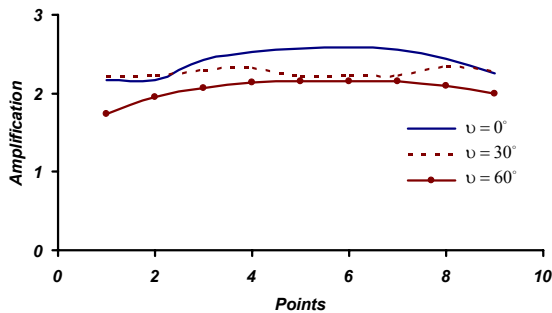
شکل ۱۳: تشدید مولفه قائم موج SV در نقاط ۱۰ تا ۲۴ برای زوایای برخورد مختلف با آزیموت  $V_h = 0$ .



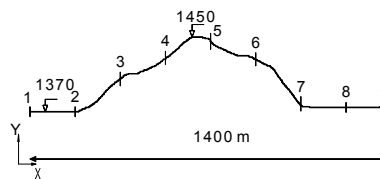
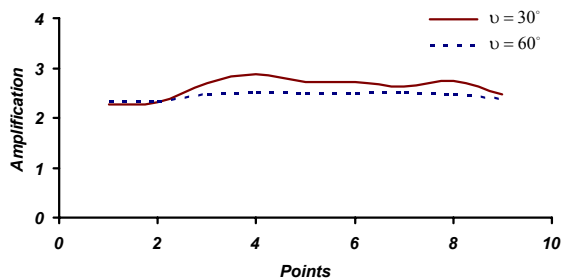
شکل ۱۴: تشدید مولفه افقی موج SH در نقاط ۱ تا ۹ برای زوایای برخورد مختلف با آزیموت  $V_h = 90$ .



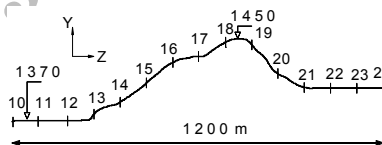
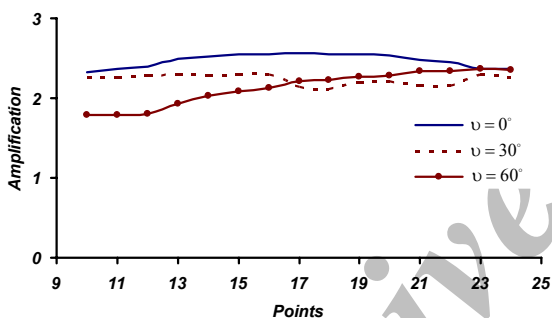
شکل ۱۵: تشدید مولفه افقی موج SH در نقاط ۱۰ تا ۲۴ برای زوایای برخورد مختلف با آزیموت  $V_h = 90$ .



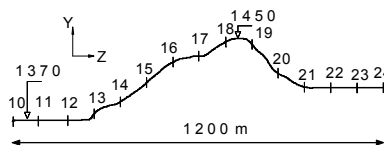
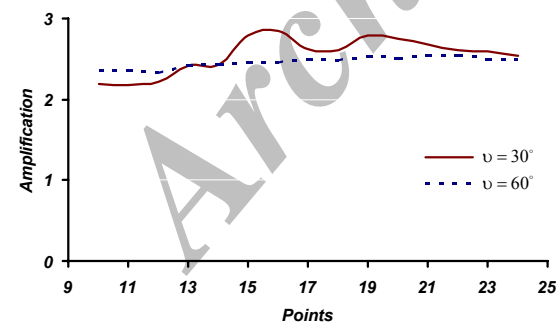
شکل ۱۶: تشدید مولفه افقی موج SV در نقاط ۱ تا ۹ برای زوایای برخورد مختلف و آزیموت  $U_h = 90$ .



شکل ۱۷: تشدید مولفه قائم موج SV در نقاط ۱ تا ۹ برای زوایای برخورد مختلف با آزیموت  $U_h = 90$ .



شکل ۱۸: تشدید مولفه افقی موج SV در نقاط ۱۰ تا ۲۴ برای زوایای برخورد مختلف و آزیموت  $U_h = 90$ .



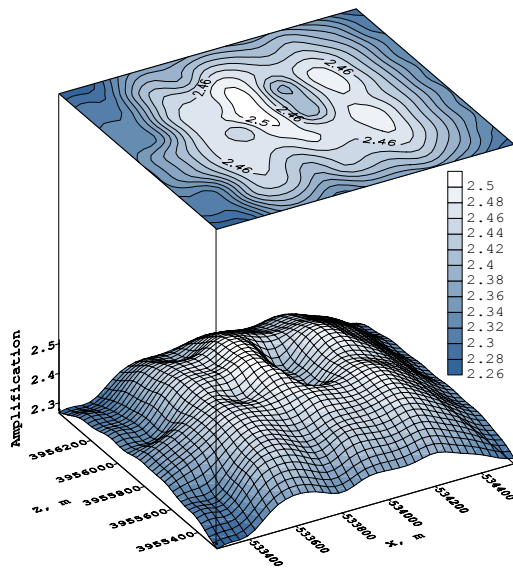
شکل ۱۹: تشدید مولفه قائم موج SV در نقاط ۱۰ تا ۲۴ برای زوایای برخورد مختلف و آزیموت  $U_h = 90$ .

آزیموت  $90^\circ$  درجه ( $U_h = 90$ ) رفتار تپه در برخورد با زوایای مختلف  $U$  مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل در شکل های (۱۴) تا (۱۹) آمده است. شکل های (۱۴) و (۱۵) نتایج را برای برخورد موج SH در امتداد دو مقطع عمود بر هم نمایش می دهند. در این شکل ها همانند

### موج برخوردی SH با بردار یکه درون صفحه YZ

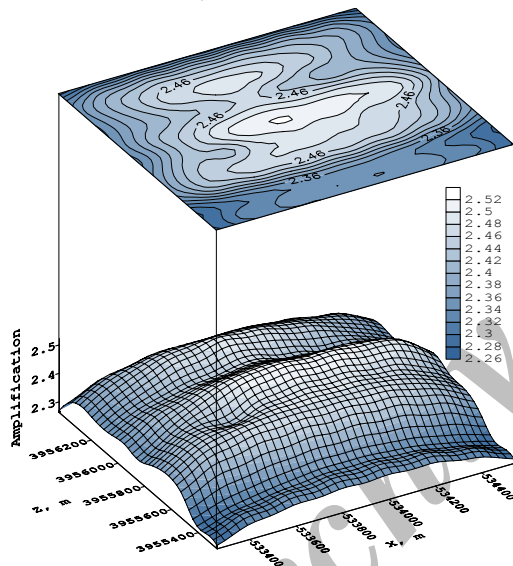
به منظور بررسی کامل برخورد امواج در مختصات کلی سه بعدی بررسی انتشار موج با بردار یکه در صفحات متفاوت الزامی است. بدین منظور با در نظر گرفتن زاویه





شکل ۲۲: تشدید مولفه جابجایی w در برخورد موج SH با

$$v = 30^\circ \text{ و } v_h = 0^\circ$$

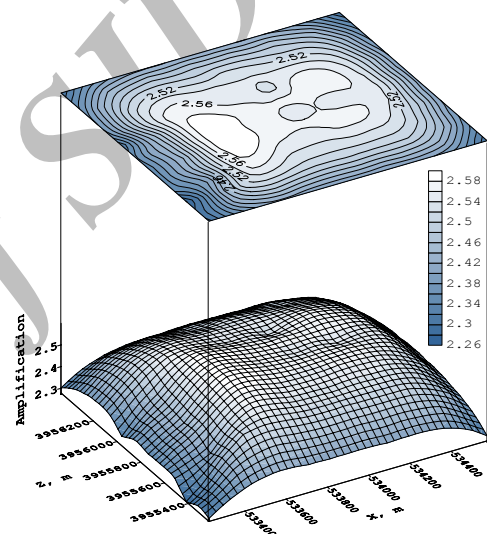


شکل ۲۳: تشدید مولفه جابجایی u در برخورد موج SH با

$$v = 30^\circ \text{ و } v_h = 90^\circ$$

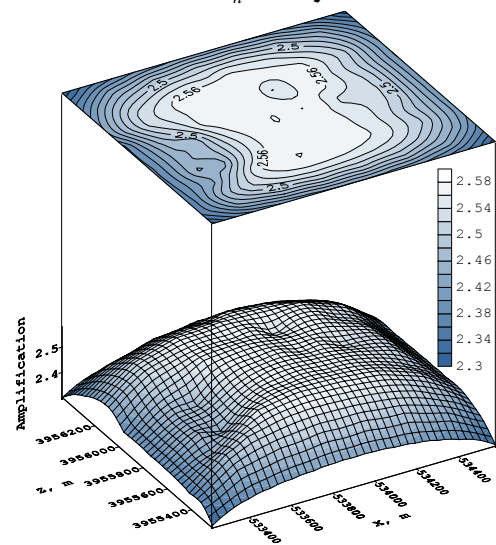
شکل های (۲۰) تا (۳۴) مقادیر تشدید رخ داده در برخورد امواج SH و SV با آزیموت ورود  $v_h = 0$  و  $v_h = 90$  و زوایای برخورد مختلف به صورت تابعی از مختصات نقاط نمایش می دهند. شکل های (۲۰) و (۲۱) به صورت قائم از نوک تپه به سمت دامنه ها کاهش می یابد و این تغییرات یکنواخت می باشد. شکل های (۲۲) تا (۲۴) نشان می دهند که با وجود پیچیده بودن الگوی بزرگنمایی در برخورد موج SH به صورت مورب،

شکل های (۸) و (۹)، مشاهده می گردد که در مورد موج SH با افزایش زاویه برخورد از میزان تشدید دامنه کاسته می گردد. همانند برخورد در جهت محور X ها، برای برخورد در این جهت نیز نقاطی از ناهمواری که موج دیرتر به آنها می رسد تحریک بزرگتری را تجربه می کنند. شکل های (۱۶) و (۱۷) تشدید مولفه های افقی و قائم را در حالت برخورد موج SV نمایش می دهند. از این شکل ها بر می آید که اثرات زاویه برخورد در مورد زاویه ۳۰ درجه بیشتر است. شکل های (۱۸) و (۱۹) مشابه شکل های (۱۶) و (۱۷) هستند جز اینکه برای نقاط ۱۰ تا ۲۴ رسم شده اند.



شکل ۲۴: تشدید مولفه جابجایی w برای موج SH قائم

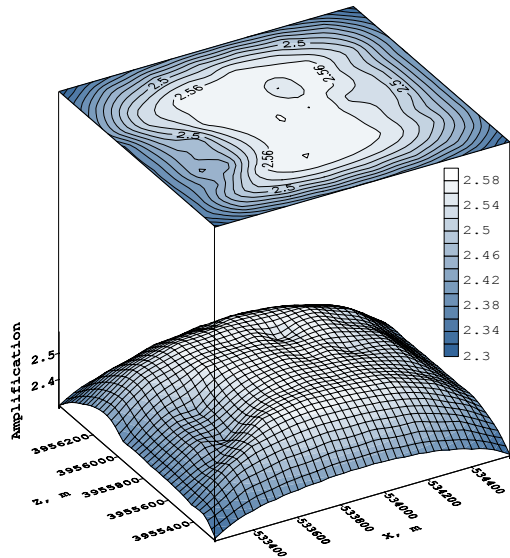
$$\text{و } v_h = 0^\circ$$



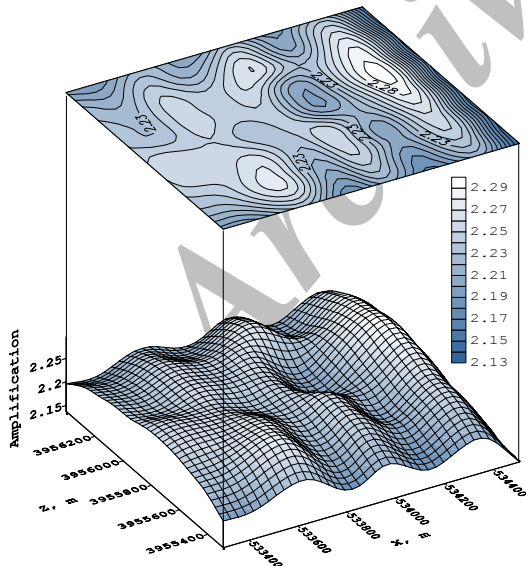
شکل ۲۵: تشدید مولفه جابجایی u برای موج SH قائم و

$$v_h = 90^\circ$$

SV هنگامی که با زاویه ۳۰ درجه به تپه برخورد می کند برای دو جهت حرکت عمود بر هم نمایش می دهند. شکل های (۲۹) و (۳۰) تشدید مولفه افقی موج SV هنگامی که با زاویه ۶۰ درجه به تپه برخورد می کند نمایش می دهند. در شکل اول که برای برخورد موج در جهت محور X ها ترسیم شده است اثر افزایشی تپه بر روی تشدید دامنه مشاهده می گردد که در شکل (۳۰) این نکته دیده نمی شود.



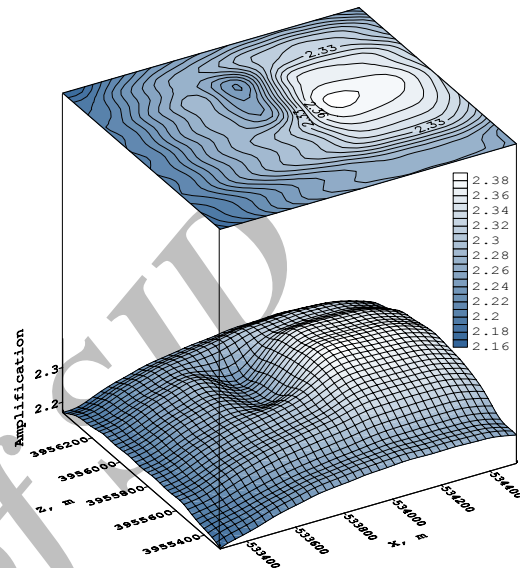
شکل ۲۶: تشدید مولفه جابجایی u در برخورد موج SV با  $V_h = 0^\circ$  و  $V = 0^\circ$



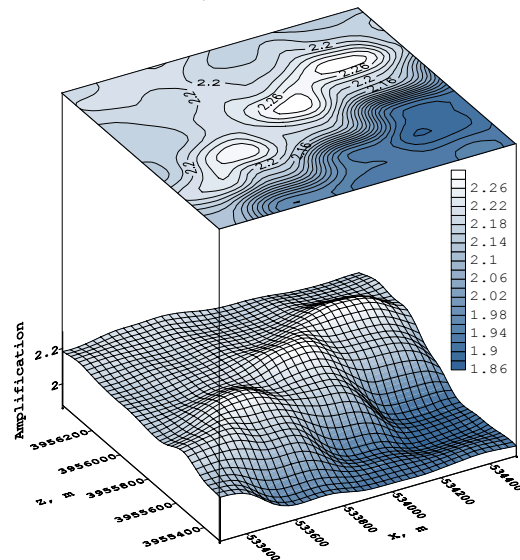
شکل ۲۷: تشدید مولفه جابجایی u در برخورد موج SV با  $V_h = 0^\circ$  و  $V = 30^\circ$

شکل های (۳۱) و (۳۲) به وضوح اثر افزایشی تپه را بر تشدید دامنه تحریکات قائم موج SV برای زاویه برخورد ۳۰ درجه نمایش می دهند.

تشدید مولفه های افقی در حوالی نوک تپه برای بردار یکه موج در صفحه XY، ( $V_h = 0$ )، کاهش می یابد حال آنکه این مقدار برای حرکت موج در صفحه ZY افزایش می یابد و این به وضوح نمایانگر اثر سه بعدی توپوگرافی بر تشدید امواج زلزله است. در شکل (۲۵) اثر افزایش زاویه برخورد به ۶۰ درجه به خوبی نمایان است.

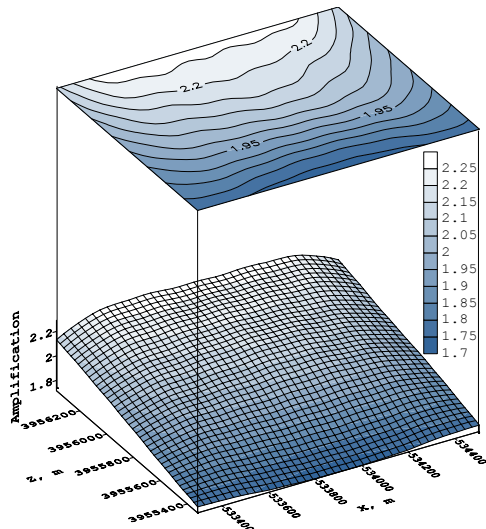


شکل ۲۴: تشدید مولفه جابجایی w در برخورد موج SH با  $V_h = 0^\circ$  و  $V = 60^\circ$

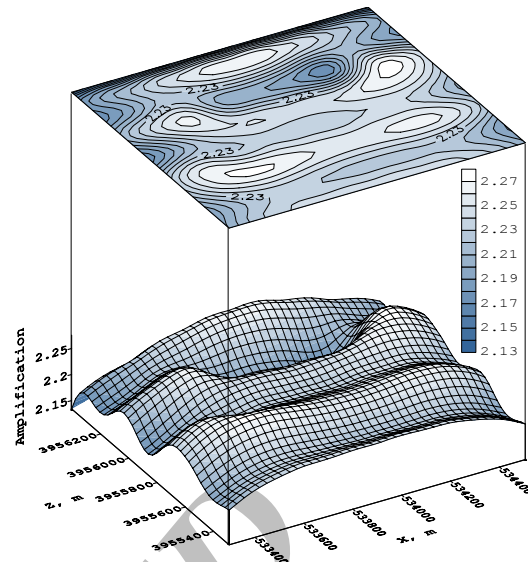


شکل ۲۵: تشدید مولفه جابجایی u در برخورد موج SH با  $V_h = 90^\circ$  و  $V = 60^\circ$

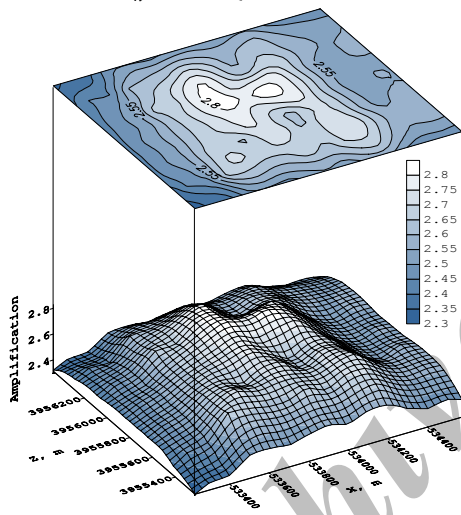
شکل (۲۶) نمایش می دهد که همانند برخورد موج SH، در برخورد موج SV به صورت قائم نیز تشدید دامنه به صورت یکنواخت از نوک تپه به سمت دامنه ها کاهش می یابد. شکل های (۲۷) و (۲۸) تشدید مولفه افقی موج



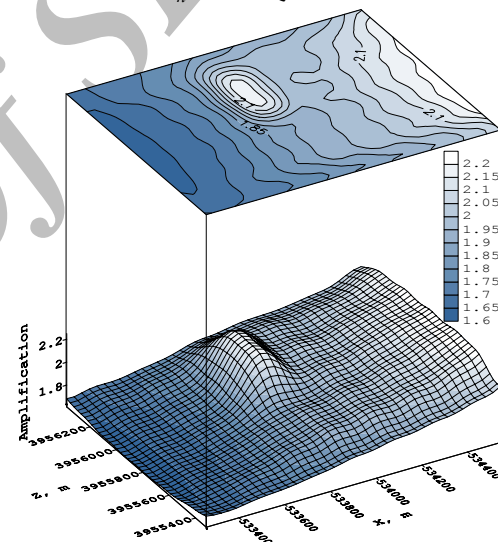
شکل ۳۰: تشدید مولفه جابجایی w در برخورد موج SV با  $V_h = 90^\circ$  و  $V = 60^\circ$



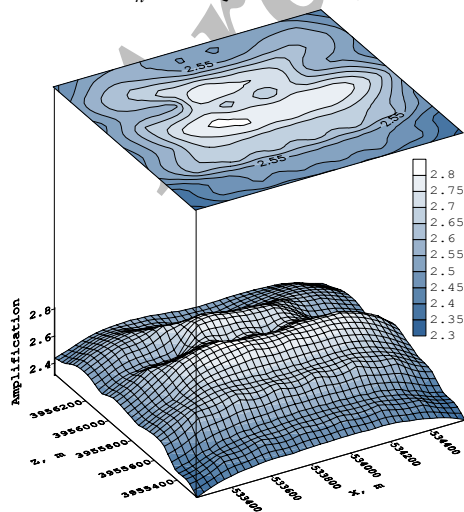
شکل ۲۸: تشدید مولفه جابجایی w در برخورد موج SV با  $V_h = 90^\circ$  و  $V = 30^\circ$



شکل ۳۱: تشدید مولفه جابجایی v در برای برخورد موج SV با  $V_h = 0^\circ$  و  $V = 30^\circ$



شکل ۲۹: تشدید مولفه جابجایی u در برخورد موج SV با  $V_h = 0^\circ$  و  $V = 60^\circ$



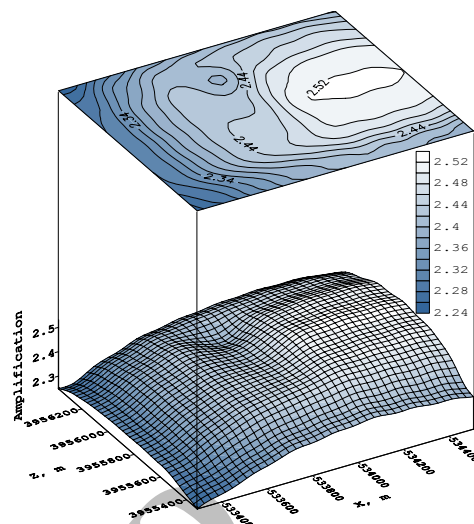
شکل ۳۲: تشدید مولفه جابجایی v در برخورد موج SV با  $V_h = 90^\circ$  و  $V = 30^\circ$

در این شکل ها مشاهده می گردد که میزان تشدید در فاصله کمی از نوک تپه به مقدار حداکثر خود می رسد و در نوک تپه الزاماً همانند برخورد قائم امواج حداکثر نیست. شکل های (۳۳) و (۳۴) نشان می دهند که الگوی بزرگنمایی برای برخورد موج با زاویه ۶۰ درجه به آن پیچیدگی که در خصوص برخورد با زاویه ۳۰ درجه مشاهده می شود نیست. از مقایسه شکل های (۲۹) و (۳۳) می توان دریافت که اثر تپه گیشا بر تشدید دامنه امواج SV با زاویه برخورد ۶۰ درجه برای مولفه های افقی بیشتر از مولفه های قائم است.

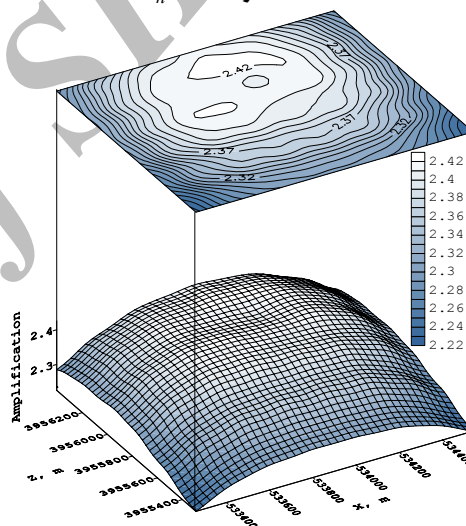
معرفی گردید. نتایج مربوط به بررسی اثرات ناهمواری سه بعدی تپه گیشا بر روی دامنه تحریکات زمین برای امواج SH و SV در دو جهت عمود بر هم و زوایای مختلف برخورد که به وسیله یک برنامه روش اجزای مرزی انجام شده است، به صورت ضرایب تشدید و تغییرات آن در امتداد دو مقطع از ناهمواری ارایه و نتایج حاصل تحلیل شد. شکل های سه بعدی نیز تهیه شد که نمایانگر ضریب تشدید به شکل تابعی از مختصات ناهمواری می باشند. نتایج نشان می دهند که ضریب تشدید در برخوردهای قائم در نقاطی در حوالی نوک تپه بیشینه و در حدود ۲/۶ است و از آن پس به سمت لبه ها از آن کاسته می شود. در برخوردهای مورب اثر برخورد ۳۰ درجه بیش از ۶۰ درجه بود. در این برخوردها یک پدیده اثر معکوس تفرق در نواحی قبل و بعد از ناهمواری مشاهده شد که سبب گردید که در این برخوردها نقاطی از حوزه که موج زودتر به آنها می رسد تحریک کمتری را تجربه کنند و نقاط دورتر دارای ضریب تشدید بیشتری (تا حد ۲/۸) باشند. در نهایت نتیجه شد که آزمون، زاویه برخورد و نوع موج نقش اساسی در نحوه تشدید دامنه امواج زلزله خواهند داشت.

### تشکر و قدردانی

این پروژه تحت عنوان یک طرح پژوهشی مصوب کمیته فرعی تخصصی کاهش اثرات سوانح و بلایای طبیعی توسط آن کمیته محترم حمایت گردیده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می گردد. همچنین شرکت یادمان سازه اطلاعات مربوط به سایت و رکورد زلزله های موجود را در اختیار ما قرار دادند که بدین وسیله تشکر و قدردانی می گردد.



شکل ۳۳: تشدید مولفه جابجایی  $v$  در برخورد موج SV با  $U_h = 0^\circ$  و  $U = 60^\circ$



شکل ۳۴: تشدید مولفه جابجایی  $v$  در برخورد موج SV با  $U_h = 90^\circ$  و  $U = 60^\circ$

### جمع بندی

در این مطالعه یک روش ساده و کاربردی برای تحلیل ناهمواری های با شکل دلخواه تحت یک بارگذاری تاریخیچه زمانی همراه با ارایه نمودار روش انجام کار

### مراجع

- 1 - Angat, A. (1909). "Le tremblement de terre de provence (11 juin 1909), annales du bureau central meteorologique de france." *Memories*, PP. 37-93(in french).
- 2 - Brambati, A., Faccioli, E., Carulli, E. B., Culchi, F., Onofri, R., Stefanni, S. and Ulcigrai, F. (1980). *Studio de microzonizzazione sismica dell'area di tarcento (friuli)*, edito da regiona autonoma friuli venezia giulia.

- 3 - Singh, S. K., Lermo, J., Dominguez, T., Ordaz, M., Espinosa, J. M., Mena, E. and Quass, R. (1988). "The Mexico earthquake of September 19, 1985 A study of seismic waves in the valley of Mexico with respect to a hill zone site." *Earthquake Spectra*, Vol. 4, PP. 653-673.
- 4 - Finn, W. D. L., Ventura, C. E. and Schuster, N. D. (1995). "Ground motions during the 1994 Northridge earthquake." *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 22, No. 2, PP. 300-315.
- 5 - Athanasopoulos, G. A., Pelkis, P. C. and Leonidou, E. A. (1999). "Effect of surface topography on seismic ground response in the Egeion (Greece) 15 June 1995 earthquake." *Soil Dyn. And Earthquake Eng.*, Vol. 18, PP. 135-149.
- 6 - Sanchez-sesma, F. J. (1985). "Diffraction of elastic SH waves by wedges." *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 75, PP. 1435-1446.
- 7 - Lee, V. W. and Cao, H. (Sep. 1989). "Diffraction of SV Waves by Circular Cylindrical Canyons of Various Depths." *A.S.C.E., Eng. Mechanics Div.*, Vol. 115, No.9, PP. 2035-2056.
- 8 - Reinoso, E., Wrobel, L. and Power, H. (1997). "Two-dimensional scattering of P, SV and Raleigh waves. Preliminary results for the valley of Mexico." *Earth. Eng. Struc. Dyn*, Vol. 26, PP. 595-616.
- 9 - Semblat, J. F., Duval, A. M. and Dangla, P. (2000). "Numerical analysis of seismic wave amplification in Nice (France) and comparison with experiments." *Journal of Soil Dynamics and Earthquake Eng.*, Vol. 19, PP. 347-362.
- 10 - Reinoso, E. (2002). *Scattering of Seismic Waves: Applications to Mexico City Valley*. WIT press: London.
- 11 - Hiroshi, k. (1996). "The cause of the damage belt in Kobe: the basin-edge effect, constructive interference of the direct s-wave with the basin-induced diffracted Raleigh waves." *Seism. Res. Lett.*, Vol. 67, No. 5, PP. 25-30.
- 12 - Celebi, M. and Hanks, T. (April 1986). "Unique site response condition of two major earthquakes of 1985: Chile and Mexico." *Proceedings of the International Symposium of Engineering Geology Problems in Seismic Areas*, Vol. IV, Bari, Italy.
- 13 - Siro, L. (1982). "Southern Italy November 23, 1980 earthquake." *Proceeding of the 7<sup>th</sup> European Conference on Earthquake Engineering, Athens, Greece, September 20-25*.
- 14 - Kijko, A. and Sellevoll, M. A. (1992). "Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files. Part II Incorporation of magnitude heterogeneity." *B.S.S.A*, Vol. 82, No. 1, PP. 120-134.
- 15 - Kijko, A. and Sellevoll, M. A. (1989). "Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files .Part I .Utilization of extreme and complete catalogs with different threshold magnitudes." *B.S.S.A*, Vol. 79, No. 3, PP. 645-654.

۱۶ - گزارش لرزه خیزی ساختگاه برج یادمان، شرکت مهندسين مشاور یادمان سازه، (۱۳۷۶).