

مقایسه میزان سرعت موج برشی (VS) و میزان تخریب در ساختگاه شهر بم در زمینلرزه ۵ دی ماه ۱۳۸۲

نوشین نراقی عراقی^۱، دکتر سعید هاشمی طباطبایی^۲ و دکتر علی بیت اللهی^۳

چکیده

هر چه لایه های سطحی نرم تر باشند بزرگنمایی امواج زلزله در آن بیشتر بوده و این تخریب حاصله را بیشتر می نماید، از طرفی دیگر برای برآورد میزان نرمی یا سختی لایه ها از دیدگاه ژئوفیزیکی معیار مناسبی به نام سرعت موج برشی وجود دارد. در این پژوهش سرعت موج برشی در لایه اول توسط ۸۰ پروفیل لرزه ای شکست مرزی در منطقه بم محاسبه می شود سپس این منطقه بر اساس سرعت موج برشی پهنه بندی می گردد. نقشه خرابی زلزله ۵ دی ماه ۱۳۸۲ شهر بم که بلافاصله پس از زلزله تهیه شده است و دارای سه محدوده از نظر خرابی می باشد با سرعت موج برشی در لایه ها مقایسه است. طبق انتظار در نقاط کم سرعت میزان تخریب بیشتر باید باشد و بالعکس در حالیکه در بعضی نقاط این اتفاق نمی افتد که ممکن است به دلیل نوع ساخت و ساز، فاصله از گسل، عمق سنگ کف و عوامل دیگر باشد.

کلید واژه ها: موج برشی، لایه سطحی، لرزه شکست مرزی، تخریب، بم.

Comparison between Shear Wave Velocity in Bam Area and Destroyed Area in 26th Dec 2003 Earthquake

Nooshin Naraghi- Araghi, Dr. Saeed Hashemi Tabatabai and Dr. Ali Beitollahi

Abstract

In soft soil surface layer the intensity of seismic waves are more and it causes more destruction. On the other hand in geophysical aspect, for estimation of softness or hardness of layers there is a suitable scale that named shear wave velocity.

In this research, shear wave velocity in the first layer is calculated by 80 refraction seismic profiles in Bam. This area is zoned by shear wave velocity. Destroyed map of the 26th of Dec 2003 earthquake that has been immediately prepared is compared with the shear wave velocity in the first layer and significant results achieved. as we know in low velocity zones destruction must be more and vice versa, but somewhere that is not happen, as we guess it is for kind of construction, distance to fault, depth of bed rock and etc.

Keywords: Shear wave, Surface layer, Refraction, Destruction, Bam.

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال Nooshin_na@yahoo.com

^۲ عضو هیئت علمی سازمان تحقیقات مسکن Htabatabaei@bhrc.ac.ir

^۳ عضو هیئت علمی سازمان تحقیقات مسکن ali.beitollahi@gmail.com

مقدمه:

لرزه سنجی برای اولین بار در سال ۱۹۲۰ بکار گرفته شد. در ابتدا با توسعه روشهای متداول زلزله شناسی این کار صورت گرفت. در ژئوفیزیک کاربردی روش های بازتابی عموماً جهت اکتشافات عمیق از جمله اکتشافات منابع هیدروکربوری مورد استفاده قرار می گیرد ولی در مطالعات مهندسی روش انکساری بیشترین کاربرد را دارد. روش انکساری عبارت است از ایجاد امواج لرزه ای و اندازه گیری زمان لازم برای رسیدن امواج از چشمه ها به یک سری ژئوفون که معمولاً در امتداد یک خط مستقیم به سوی چشمه ها چیده می شوند. با معلوم بودن زمان سیر موج تا ژئوفون های مختلف و سرعت امواج، مسیر امواج لرزه ای را می توان شناسایی کرد. وقتی سرعت لحظه ای با عمق افزایش می یابد، انرژی از طریق شکست مرزی سطح زمین بر می گردد و اندازه گیری های زمان سیر بر حسب فاصله را به نموداری از سرعت نسبت به عمق تبدیل کرد (چاوی، ۲۰۰۲).

زمین شناسی منطقه

موقعیت جغرافیای بخش مرکزی شهرستان بم در ۴۲° ۵۷' تا ۵۹° ۰۵' طول شرقی و ۲۸° ۳۲' تا ۲۹° ۳۸' عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع شهر از سطح دریا ۱۷۶۰ متر است. این شهرستان در جنوب شرقی ایران و در شرق استان کرمان واقع شده است.

چهار گوش بم در برگیرنده مجموعه ای از سنگهای تریاس پسین تا زمان کنونی است که با پیچیدگی چینه شناسی و ساختاری همراه است. ادامه جنوب گسل نایبند با داشتن روند عمومی شمالی- جنوبی از بخش خاوری ناحیه می گذرد. مقایسه سنگهای هم زمان در پیرامون گسل نایبند نشانگر آن است که این گسل حداقل از زمان تریاس تا زمان نئوژن در تحولات زمین شناسی ناحیه نقش داشته و تغییرات چینه شناسی و زمین ساختی عمده ای را سبب شده است. کهن ترین سنگهای ناحیه از نوع رسوبات آواری به سن تریاس پسین دوران ژوراسیک

است که با سازندهای نایبند- شمشک، بادامو و هجدک هم ارز بوده اند. بیشتر نهشته های کرتاسه از نوع سنگهای کربناتی است که گستره پهناوری را زیر پوشش دارد. هم ارزی سنگهای کرتاسه موجود در هر دو سوی گسل نایبندگویای شرایط رسوبی متفاوت در زمان کرتاسه است. در جنوب غربی، مجموعه ای از سنگهای اولترا بازیگ و بازیگ وجود دارد که با آمیزه ای رنگین در خور سنجش بوده و کربنات های همراه آنها به سن کرتاسه پایانی است. در کوه سه کنج بخش کمی از رسوبها از نوع انباشته های توریدیتی فلیشی، نشانگر پالئوسن است. در غرب گسل نایبند وابستگی کنگلومرای کرمان با سنگهای منسوب به زمان ائوسن بیشتر از نوع مجموعه های ولکانیکی کمربند ارومیه دختر است. ردیفهای پیاپی و قائم این سنگها با تفاوت های رخساره ای قابل توجهی همراه است که همین امر سبب گردیده تا سنگهای خاور گسله نایبند سنگهای ائوسن همچنان متشکل از سنگهای ولکانیکی و پلوتونیکی است که بلندبهای شمال باختری بم را پدید آورده است. سنجش و هم ارزی این ولکانیکها با مجموعه های یاد شده دشوار است. سنگهای الیگوسن پائینی بیشتر از نوع مارن، کنگلومرا و ماسه سنگ است که با سازند قرمز پائینی هم ارز می باشد. رسوبهای الیگوسن بالایی بیشتر از سنگ آهکهایی به رنگ روشن درشت شده که برابر سازند قم می باشد. سازند قرمز بالائی به سن میوسن و متشکل از لای سنگ با لایه های ستبر سنگ است که بطور ناحیه ای با ولکانیک های آندزیتی پوشیده شده است. دومین فعالیت ماگمایی زمان میوسن منجر به جایگیری توده های نفوذی از نوع گرانیت، گرانودیوریت و مونزونیت شده است. سنگهای پلیوسن متشکل از ماسه سنگ، کنگلومرا با درجه سیمان شدگی ضعیف و همراه با افقهای توفیتی است. افزون بر سنگهای رسوبی، بخشی از سنگهای پلیوسن ناحیه از نوع توده های نفوذی با ژرفای کم است. در ناحیه لوت رسوبهای پلیوسن بیشتر سیلت و مارنهای سخت نشده و افقی بنام سازند لوت است. نهشته های کواترنری که نواحی پست ناحیه را زیر پوشش دارند بیشتر شامل

صورتیکه در اکثر نقاط شمال شرقی بلافاصله بعد از لایه سطحی، سنگ بستر با سرعت بالا دیده میشود. در پایان برای کل محدوده برداشت نقشه هم سرعت برای لایه ها رسم گردیده است.

نقشه پربندی توزیع سرعت انتشار امواج برشی برای لایه اول

توزیع پربندی مقدار سرعت امواج برشی برای لایه اول حاصل از اندازه گیری در راستای ۸۰ پروفیل لرزه شکست مرزی را نشان می دهد. در این نقشه توزیع سرعت موج برشی مقدار سرعت موج برشی از ۱۸۰ متر بر ثانیه تا ۴۸۰ متر بر ثانیه متغیر است. همانطور که در شکل دیده می شود قسمت عمده منطقه کم سرعت در نواحی شمالی و قسمت کوچکی هم در مرکز به صورت پراکنده قرار دارد، که با رنگ آبی مشخص شده است. ناحیه سرعت متوسط که با رنگ کرم و قهوه ای روشن مشخص شده، سرعتی بین ۲۳۰ متر بر ثانیه تا ۳۳۰ متر بر ثانیه دارد، این ناحیه در نواحی مرکزی، شمال غربی، شمال شرقی و جنوب شرقی پراکنده است و مناطق پر سرعت نیز در جنوب غربی و قسمت کوچکی هم در شرق و جنوب شرقی قرار دارد. به طور کلی توزیع پراکندگی در جنوب غربی بیشتر از شمال و مرکز می باشد.

نقشه پربندی توزیع سرعت انتشار امواج برشی برای لایه دوم

توزیع پربندی مقدار سرعت امواج برشی برای لایه دوم حاصل از اندازه گیری در راستای ۸۰ پروفیل لرزه شکست مرزی را نشان می دهد. در این نقشه تراکمی مقدار سرعت موج برشی از ۴۹۵ متر بر ثانیه تا ۱۶۷۰ متر بر ثانیه متغیر است. همانطور که ملاحظه می شود، مناطق کم سرعت به صورت پیوسته در مرکز و به صورت پراکنده در جنوب شرقی مشاهده می شود که در نقشه با رنگ آبی مشخص شده است. نواحی با سرعت متوسط با رنگ کرم و قهوه ای روشن مشخص شده که سرعت بین

رسوب های آبرفتی، پهنه های ماسه ای و کفه های نمکی است (امینی ۲۰۰۴).

ارزیابی و تفسیر داده های صحرائی

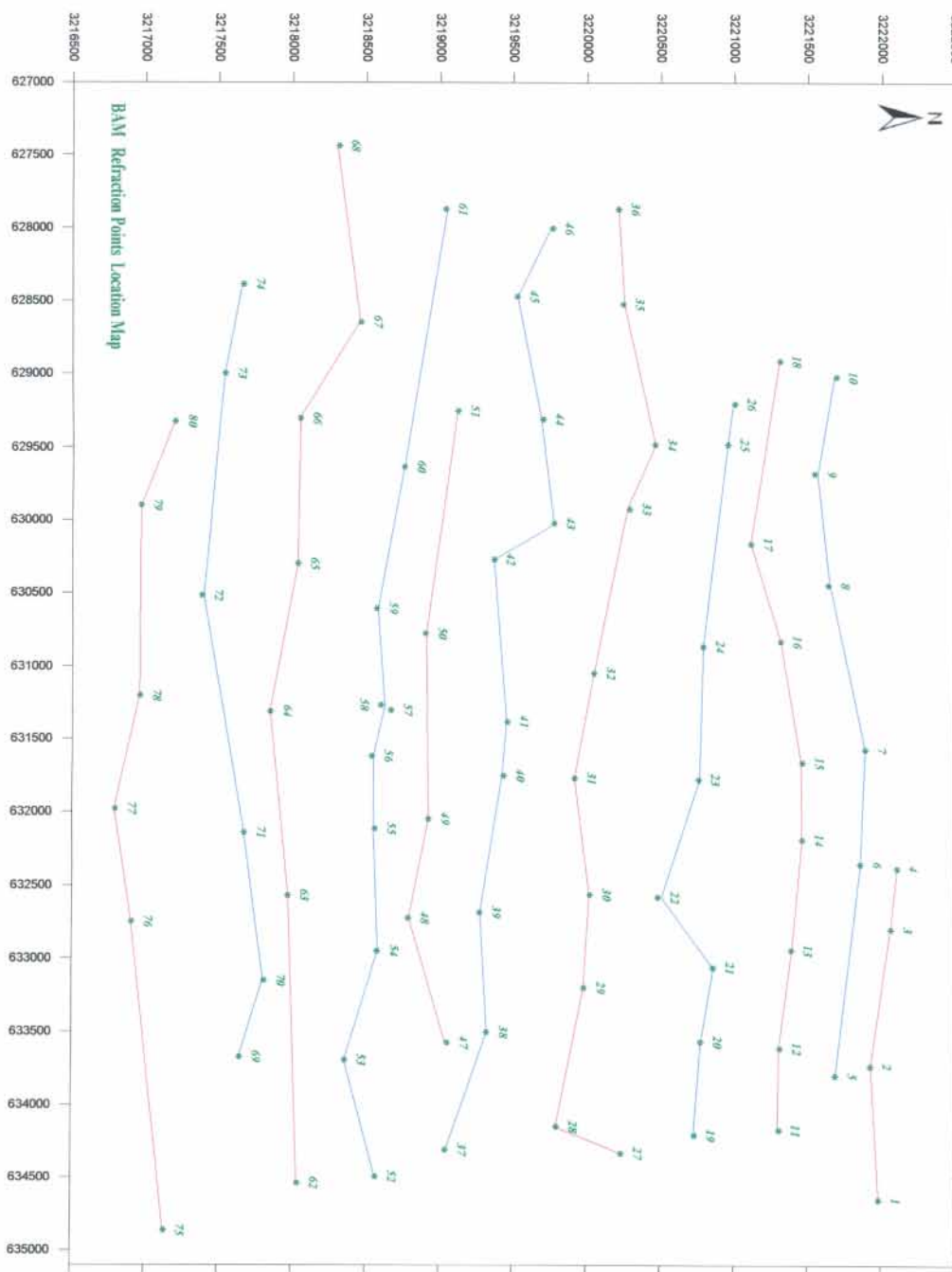
عملیات لرزه نگاری انکساری شهرستان بم که به منظور بررسی سرعت امواج طولی و عرضی، تعیین ضریب پواسون و ضرایب دینامیکی برای لایه های تشکیل دهنده سطحی و کم عمق زمین در محدوده شهر بم آغاز گردید.

دستگاه مورد استفاده لرزه نگاشت ABEM مدل MK6 ساخت کشور سوئد بود. که قادر به برداشت اطلاعات با دقت نمونه برداری ۲۵ میکروثانیه بصورت رقمی دارای توانایی اعمال انواع فیلترها و حذف نویزهایی چون نویز زمین غلطش، نویز کابل های برق و نویزهای فرکانس بالا همچون باد و غیره می باشد. محدوده برداشت اطلاعات در بین طول جغرافیایی ۶۲۷۰۰۰ تا ۶۳۵۰۰۰ متر و عرضهای جغرافیایی ۳۲۱۷۰۰۰ تا ۳۲۲۲۵۰۰ متر واقع بوده که ۴۴ کیلومتر مربع را در برگرفته است. در این محدوده کلا ۱۶۰ پروفیل برداشت گردید

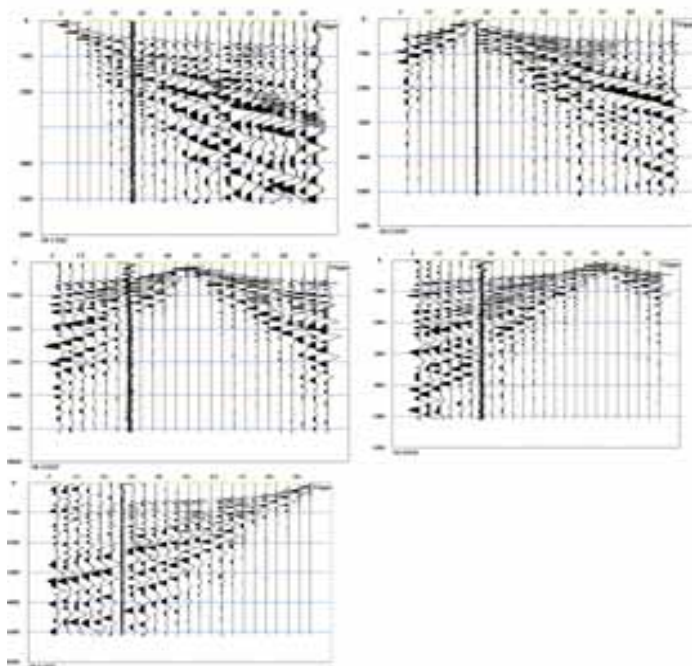
که از این تعداد ۸۰ پروفیل مربوط به امواج طولی و ۸۰ پروفیل دیگر برای امواج برشی می باشد. برای هر برداشت در مقاطع P بطور نرمال پنج شوت صورت گرفته و در مقاطع S، شش شوت برای امواج برشی که دو بدو دارای پلاریته معکوس می باشند انجام گردید. (سازمان تحقیقات مسکن، ۲۰۰۴). نحوه قرارگیری پروفیل ها در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین تریس های لرزه ای ثبت شده در دستگاه با فرمت SEG 2 که توسط نرم افزار Seisimager خوانده شده است در یک پروفیل به برای موج S و P در شکل ۳ و شکل ۴ دیده میشود. نتایج نشان می دهد که لایه های سست و نیمه مقاوم از شمال شرق به سمت جنوب غرب ضخیم تر شده، بطوریکه در قسمتهای جنوب غربی حتی با برداشتهای شوت راه دور لایه سنگی دریافت نگردیده است. همچنین در این محدوده لایه ها بطور واضح به دو قسمت سطحی هوازده و نیمه مقاوم یا میانی، میتوان دسته بندی نمود در

به طور کلی توزیع پراکندگی سرعت موج برشی در لایه دوم در شمال شرقی، شمال و شرق بیشتر از نواحی غربی و مرکزی و جنوبی می باشد.

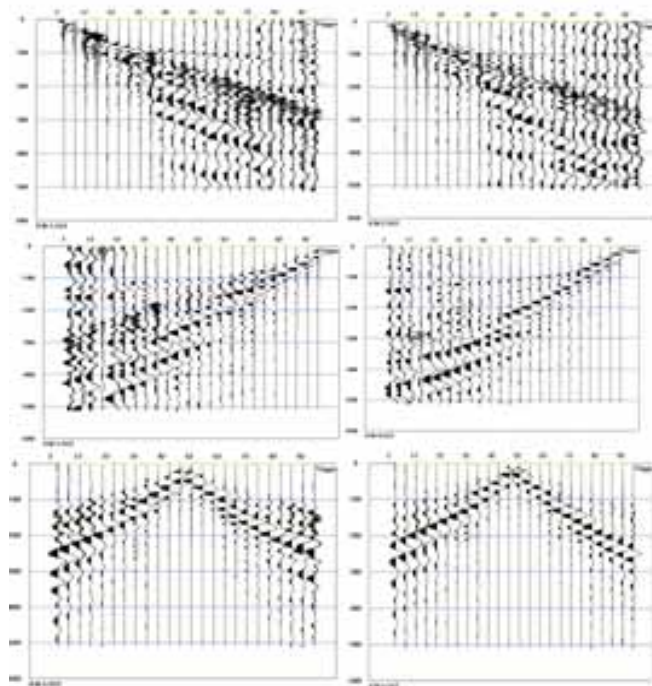
۷۰۰ متر بر ثانیه تا حدود ۱۰۰۰ متر بر ثانیه می باشد، این مناطق بیشتر در نواحی شرقی، جنوب شرقی و شمال شرقی دیده می شوند. مناطق با سرعت بالا نیز در شمال شرقی و شرق دیده می شود.



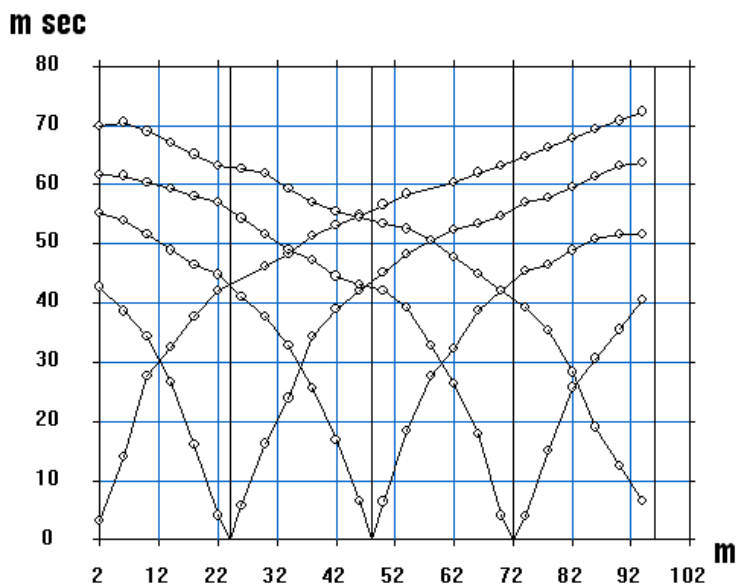
شکل ۱- نحوه قرار گیری پروفیل های لرزه شکست مرزی در بم (گزارش سازمان تحقیقات ساختمان و مسکن)



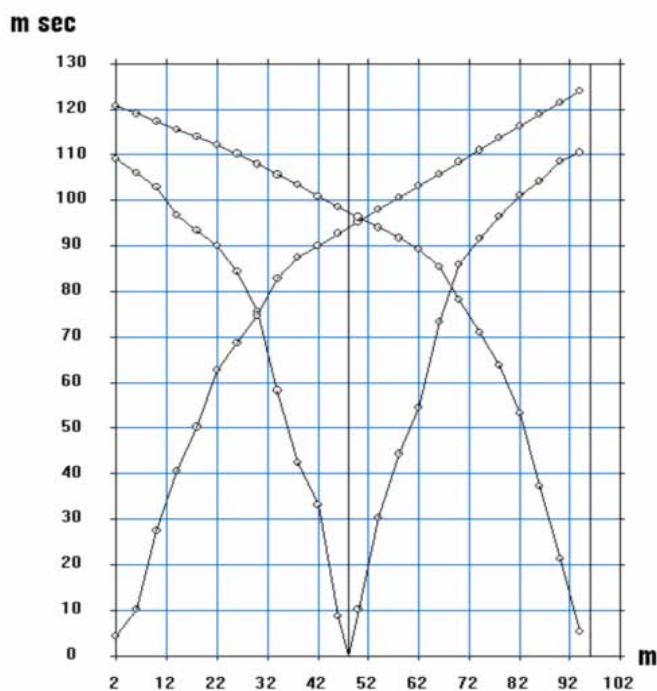
شکل ۲- نمونه ای از تریس های لرزه ای مربوط به موج P



شکل ۳- نمونه ای از تریس های لرزه ای مربوط به موج S



شکل ۴- نمودار travel time امواج تراکمی در مقطع ۳۶



شکل ۵- نمودار travel time امواج برشی در مقطع ۳۶

میانگین وزنی لایه ها از فرمول زیر استفاده شده است:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i V_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

در این نقشه مقدار سرعت موج برشی میانگین سه

نقشه پربندی توزیع سرعت انتشار امواج برشی

برای میانگین سه لایه

توزیع پربندی مقدار سرعت امواج برشی میانگین سه لایه حاصل از اندازه گیری در راستای ۸۰ پروفیل لرزه شکست مرزی را نشان می دهد. برای به دست آوردن

تخریب (تخریب ۸۰٪ تا ۱۰۰٪) که مطابق شکل در دو قسمت عمده دیده میشود که این محدوده در شمال و جنوب شرق قرار دارد که به سمت مرکز کشیده شده است و در نقشه با رنگ بنفش مشخص شده است.

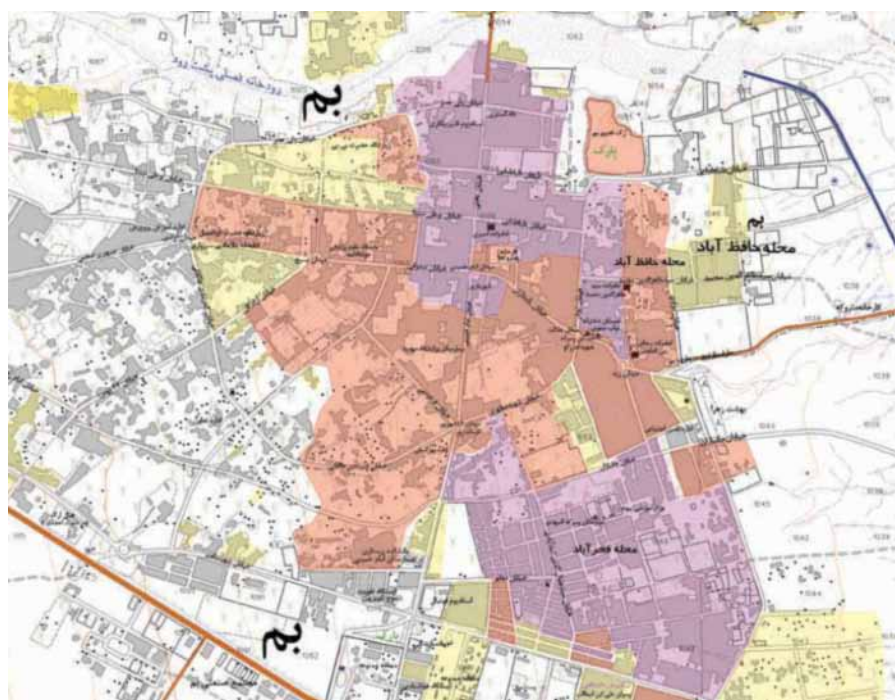
۲- منطقه تخریب زیاد (۵۰٪ تا ۸۰٪ تخریب) که در این منطقه میزان تخریب ساختمان ها به حدی است که باز سازی آنها تقریباً غیر ممکن می باشد و در منطقه غرب، شرق و جنوب غربی قرار دارد و که در نقشه با رنگ نارنجی نمایش داده شده است.

۳- منطقه خرابی که در آن ساختمان ها تا حدودی قابل باز سازی هستند، این محدوده به صورت قسمت های کوچکی در شمال غرب، جنوب شرق و شرق قرار دارد. (۳۰٪ تا ۵۰٪ تخریب).

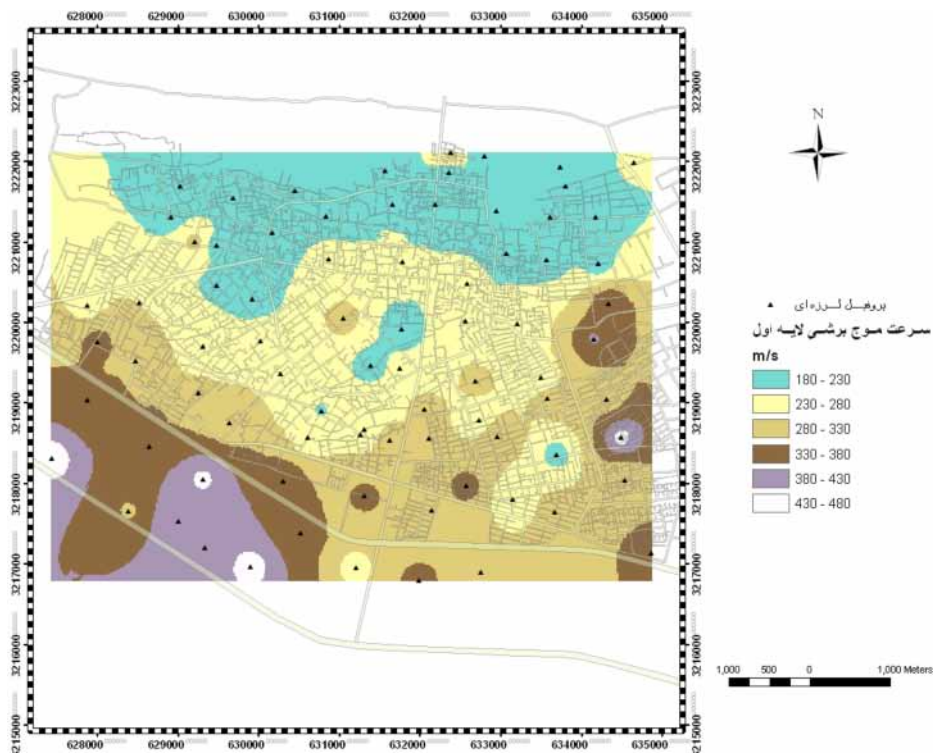
لایه از ۵۵۰ متر برثانیه تا ۱۳۰۰ متر بر ثانیه متغیر است. همانطور که ملاحظه می شود، مناطق کم سرعت که در نقشه با رنگ آبی مشخص شده است در نواحی جنوب و مرکز قرار دارد که از جنوب به سمت مرکز و شرق کشیده شده است. نواحی با سرعت متوسط با رنگ کرم و قهوه ای روشن مشخص شده که سرعت بین ۷۱۰ متر بر ثانیه تا حدود ۲۰۰۰ متر بر ثانیه می باشد، این مناطق بیشتر در نواحی جنوبی غربی و مرکزی دیده می شوند. مناطق با سرعت بالا نیز در شمال شرقی، شمال، جنوب شرقی و شرق دیده می شود.

به طور کلی توزیع پراکندگی سرعت موج تراکمی در میانگین لایه ها در شمال شرقی و شمال بیشتر از نواحی غربی، جنوبی و مرکزی می باشد.

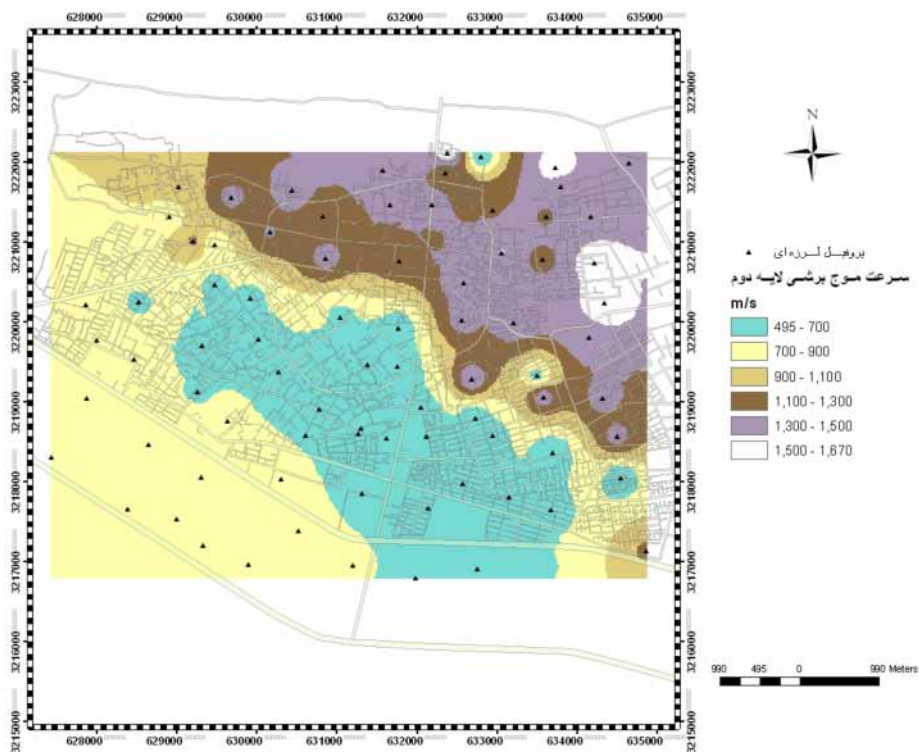
بلا فاصله پس از زمین لرزه بم نقشه های هوایی از میزان تخریب این شهر تهیه شد. که در این نقشه از نظر میزان خرابی سه منطقه دیده میشود، منطقه بیشترین



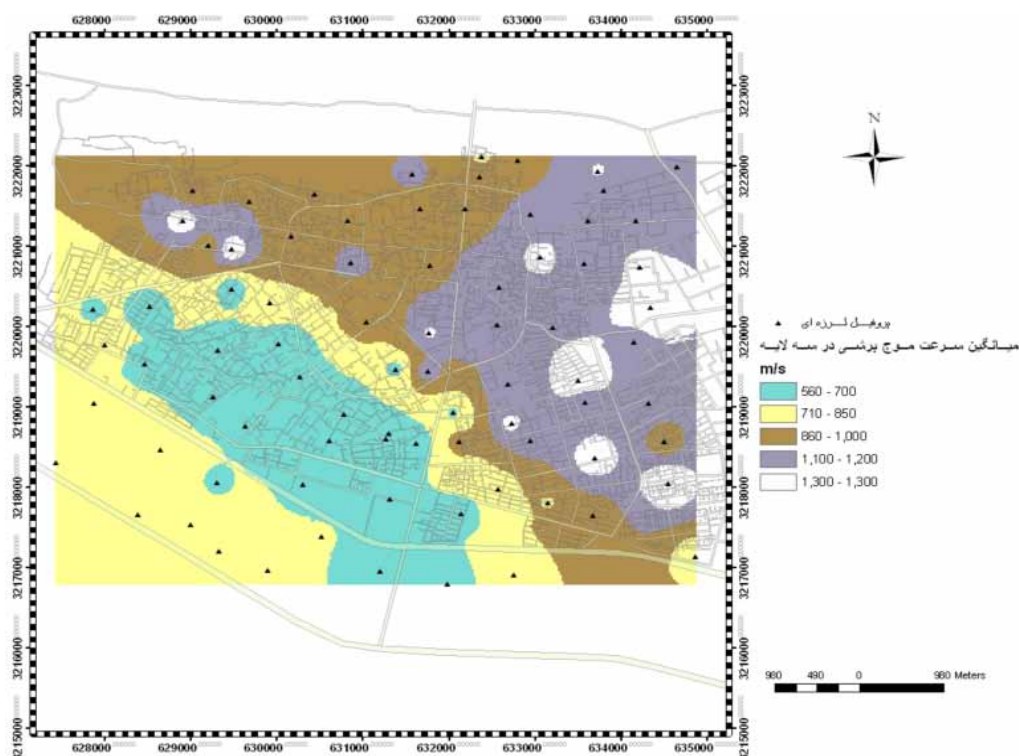
شکل ۶- نقشه میزان تخریب زلزله بم پنجم دی ماه ۱۳۸۲ در صد تخریب بر اساس عکس های هوایی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور



شکل ۷- سرعت موج برشی در لایه اول



شکل ۸- سرعت موج برشی در لایه دوم



شکل ۹- سرعت موج برشی در میانگین سه لایه

دارد و مقدار کمی از این محدوده در ناحیه پر سرعت و سرعت متوسط واقع شده است.

تخریب ۲۰ تا ۵۰ درصد نیز در قسمت های شمال در ناحیه پر سرعت است ولی در قسمت های جنوبی در ناحیه کم سرعت قرار دارد.

در مورد تطبیق میزان خرابی سرعت موج برشی میانگین در لایه ها دیده میشود بیشترین میزان تخریب در ناحیه پر سرعت و ناحیه با سرعت متوسط واقع شده است.

تخریب ۵۰ تا ۸۰ درصد در قسمت جنوب غربی در ناحیه کم سرعت و بقیه قسمت ها در ناحیه با سرعت متوسط واقع شده است. تخریب ۲۰ تا ۵۰ درصد نیز در ناحیه پر سرعت و سرعت متوسط قرار دارد.

در جاهایی که همخوانی بین سرعت موج برشی و میزان تخریب دیده نمیشود ممکن است به علت نوع ساخت و ساز، میزان فاصله از گسل، محل قرارگیری سنگ بسترو عوامل دیگری ممکن است باشد.

نتیجه گیری

بیشترین میزان تخریب با تکیه بر سرعت موج برشی در لایه اول به این صورت می باشد که بیشترین میزان تخریب در قسمت شمال در ناحیه کم سرعت قرار دارد و قسمتی از آن هم در ناحیه با سرعت متوسط می باشد.

در قسمت جنوبی بیشترین میزان تخریب در ناحیه کم سرعت و ناحیه با سرعت متوسط قرار دارد. تخریب بین ۵۰ تا ۸۰ درصد با توجه به سرعت موج برشی لایه اول در ناحیه کم سرعت و سرعت متوسط قرار دارد.

تخریب ۲۰ تا ۵۰ درصد هم در ناحیه سرعت متوسط و کمی هم در منطقه کم سرعت پراکنده است.

بیشترین میزان خرابی با تکیه بر سرعت موج برشی در لایه دوم به این صورت می باشد که در قسمت جنوبی بیشترین میزان تخریب تقریباً کاملاً در ناحیه کم سرعت واقع شده است ولی در قسمت شمال بیشترین تخریب در ناحیه با سرعت متوسط و کم سرعت است، تخریب ۵۰ تا ۸۰ درصد نیز به مقدار زیادی در ناحیه کم سرعت قرار

- Building & Housing Research Center , 2003 Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings. Standard No. 2800, 2nd Edition, Doc. BHRC – PN S 253
- Chaubey.A.K,2002,Seismic Reflection and Refraction Methods National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa-403004.2002.

منابع

- طالقانی، الف، ۱۳۸۳، بررسی زلزله بم و رفتارهای موجود در سازه های بم، یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران، دانشگاه هرمزگان
- Building and housing research center (BHRC), 2004, 'Quick preliminary report on bam earthquake -2' 2004
- Building and housing research center, reports of bam earthquake, 2003