

زمین شناسی ساختمانی، لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت سد خاکی ورزقان میانه

زهره فخرائی*، محسن پورکرمانی^۲، محسن مؤید^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم تحقیقات تهران

۲- استاد گروه زمین شناسی دانشگاه شهید بهشتی

۳- استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز

(*عهده دار مکاتبات - zohreh_fakhrayee@yahoo.com)

چکیده

ساختمان سد ورزقان در دامنه‌های جنوبی ارتفاعات بزقوش شامل تناوبی از سنگ های ولکانیک و ولکانو- کلاستیک ائوسن است که توسط دایک های میکرودیوریتی تا موزونیتی قطع شده‌اند. ارتفاعات بزقوش بین دوگسل شمالی و جنوبی بزقوش مسدود شده و این دو گسل باعث راندگی این ارتفاعات بر روی دشت های فشاری سراب و میانه شده‌اند و در مجموع یک ساختار بالازده را نشان می دهد. این منطقه در استان لرزه زمین ساختی ایران مرکزی قرار دارد و زمین لرزه‌های رخ داده در آن از نوع کم عمق بوده و ساز و کار چیره آن ها از نوع راستالغز فشاری است. لرزه خیزی در گستره مورد مطالعه در ارتباط با سامانه‌های گسلی تبریز، جنوب بزقوش، گرمی‌رود، استور، شمال بزقوش، سنگور و دوزدوزان می‌باشد. گسل جنوب بزقوش با روند تقریبی شرقی- غربی و سازوکار فشاری راستالغز چپگرد از نزدیکی روستای ورزقان و ساختمان سد می‌گذرد و فاصله‌ای حدود یک کیلومتر با آن دارد. شیب صفحه گسلی آن زیاد و رو به شمال است. در این مقاله بر اساس مطالعه چشمه های لرزه‌زا و بررسی پیشینه لرزه‌خیزی، پارامترهای لرزه‌خیزی منطقه با استفاده از روش کیکو- سلوول، در گستره ۲۵۰ کیلومتری تعیین شده و مورد بررسی قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: گسل جنوب بزقوش، کیکو- سلوول.

۱- مقدمه

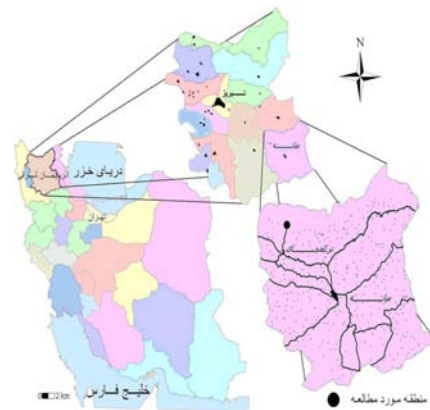
ساختمان سد مخزنی ورزقان در حدود یک کیلومتری شمال روستای ورزقان شهرستان میانه، استان آذربایجان شرقی و ۴۰ کیلومتری شهرستان میانه در دره ورزقان با راستای شمالی- جنوبی قرار دارد و دو ساختمان A و B برای احداث سد خاکی بر روی رودخانه ورزقان انتخاب شده‌اند. مطالعات زمین‌شناسی ساختمانی در احداث سدهای خاکی نقش مهمی دارد و در اغلب موارد آبگذری از سدهای خاکی در راستای دسته درزها و یا زون های خرد شده گسلی صورت می‌گیرد. از طرف دیگر، مطالعات لرزه زمین ساختی و لرزه‌خیزی نیز در طراحی سدهای خاکی نقش اساسی دارند (زیستاب، ۱۳۸۵).

برای انجام این مطالعات، نیاز به شناخت چشمه‌های لرزه‌زای منطقه است، در این راستا، به شعاع ۲۵۰ کیلومتری ساختمان گسل های مهم و لرزه‌زا شناسائی شده و با مطالعه سازوکار و پیشینه لرزه‌خیزی هر کدام از آن ها پارامترهای لرزه‌خیزی منطقه محاسبه و تعیین شده‌اند. گسل جنوب بزقوش نزدیکترین عارضه مهم ساختاری به ساختمان سد بوده و با شیب تند صفحه گسلی رو به شمال باعث راندگی واحدهای ولکانیک و ولکانو-کلاستیک ائوسن بر روی نهشته‌های پلیو- کواترنری دشت میانه شده است. این گسل دارای سازوکار فشاری راستالغز چپگرد می‌باشد. طول جغرافیایی

شرقی ۲۵' و ۲۴' و ۴۷° و عرض شمالی ۲" و ۴۱' و ۳۷° واقع شده است (نقشه زمین شناسی چهار گوش ترکمن چای، ۱۳۸۲) (شکل ۱).

۲- بحث

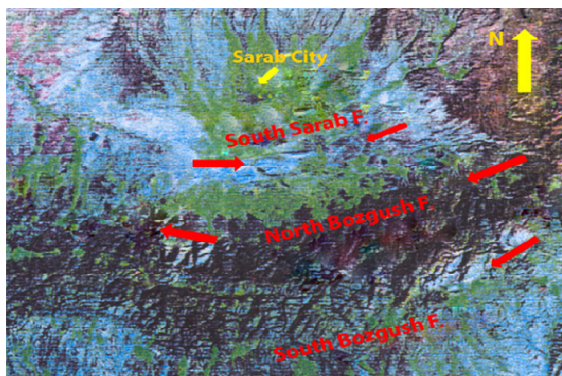
مطالعات صحرایی در این ساختگاه نشان می دهد، در این گستره تناوبی از سنگ های ولکانیک با ترکیب آندزیت، آندزیت بازالتی، آندزیت مگاپورفیر، بازالت و توف های وابسته رخنمون دارند که دارای سن ائوسن زیرین تا میان و توسط دایک های میکرودیوریتی تا مونزونیتی و مونزودیوریتی با روند شرق جنوب شرق و غرب شمال غرب قطع شده اند (شکل ۲).



شکل ۲: دایک تزریق شده به داخل سنگ های ولکانیک ائوسن در محدوده محور سد

شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

هر دو ساختگاه بر روی یال تاقدیسی با محور میل دار به سمت جنوب شرق قرار دارند. محور این تاقدیس دارای روند شمال غرب- جنوب شرق و ساختگاه های یاد شده بر روی یال جنوب غربی آن قرار می گیرند. گسل جنوب بزقوش با روند تقریبی شرقی- غربی به فاصله تقریبی یک کیلومتری ساختگاه های پیشنهادی قرار دارد و با ساز و کار فشاری راستالغز چپگرد باعث راندگی واحدهای ولکانیک و ولکانو-کلاستیک ائوسن بر روی نهشته های پلیو کواترنری در منطقه شده است (شکل ۳).



شکل ۴: بخشی از نگاره ماهواره ای Landsat 7 در این تصویر گسل های جنوب و شمال بزقوش، جنوب سراب و دوزدوزان نشان داده شده اند



شکل ۳: راندگی سنگ های ولکانیک و ولکانو-کلاستیک ائوسن بر روی نهشته های افقی پلیو کواترنری (دید به سمت غرب)

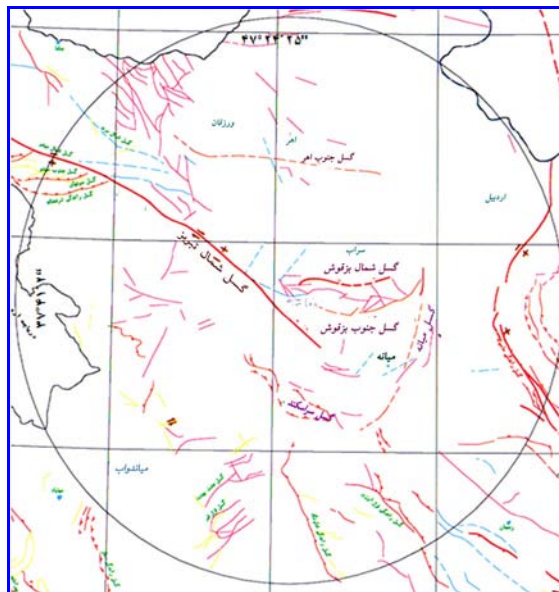
شیب صفحه گسلی زیاد و به سمت شمال بوده و به عقیده بربریان (۱۹۹۴) رویداد زمین لرزه ۲۲ مارس ۱۸۷۹ میلادی بزقوش با بزرگای $M_s = 6/7$ در پیوند با این گسل رخ داده است. ارتفاعات بزقوش با راستای تقریبی شرقی-غربی در جنوب شهرستان سراب و شمال شهرستان میانه قرار داشته و به واسطه عملکرد فشاری و معکوس دوگسل شمالی و جنوبی بر روی دشت های فشاری سراب در شمال و میانه در جنوب رانده شده اند (شکل ۴).

این راندگی ها به احتمال زیاد در پیوند با فاز های استرین (میو- پلیوسن) و پاسادنین بوده و دگر شکلی ای در این ارتباط در نهشته های افقی و چین نخورده پلیو - کواترنر در جنوب این ارتفاعات به وجود آمده است که شامل تشکیل چین های کشان گسلی و تشکیل ناودیس های نامتقارن در فرو دیواره گسل جنوبی بزقوش و خردشدگی و دگرسانی شدید در سنگ های ولکانیک و ولکانو - کلاستیک ائوسن می باشد. علاوه بر گسل های جنوبی و شمالی بزقوش، گسل های کوچک و متعددی با راستای تقریبی شرقی - غربی تا شرق - جنوب شرق و غرب - شمال غرب در این ارتفاعات وجود دارند که بررسی های صحرائی در محدوده مورد مطالعه نشان می دهد که این گسل ها نیز سازوکار معکوس و فشاری داشته و شیبی به سمت شمال دارند. در مقابل، در دامنه شمالی ارتفاعات بزقوش نظیر این گسل ها دارای شیبی به سمت جنوب بوده و راندگی هائی را از جنوب به سمت شمال بوجود آورده اند. در مجموع عملکرد این دو دسته از گسل ها باعث ایجاد ساختار بالا زده در این ارتفاعات شده و قدیمی ترین واحدها (واحدهای رسوبی پالئوزوئیک زیرین) در بلندترین ارتفاعات این رشته قرار داشته (قله بزقوش) و به سمت اطراف سن واحدهای چینه ای جوان تر می شود.

گسل جنوب بزقوش در ادامه به سمت شرق، به گسل معکوس و فشاری بناروان متصل شده و در منتهی الیه ارتفاعات بزقوش، با گسل فشاری راستالغز چپگرد گرمی رود (شکر زاد، ۱۳۷۶) تلاقی می کند. گسل گرمی رود با راستای تقریبی شمالی - جنوبی تا شمال - شمال شرق و جنوب - جنوب غرب باعث راندگی دگرگونی های پرکامبرین بر روی واحدهای ولکانیک و ولکانو - کلاستیک میوسن شده است (ریاضی خیابانی، ۱۳۸۴). در نقشه زمین شناسی سراب، گسل جنوبی بزقوش به صورت یک گسل احتمالی رسم شده است ولی پیمایش های عمود بر راستای این گسل در چندین مسیر شمالی - جنوبی به مشخص شدن دقیق محل گسل، سازوکار راندگی آن و مهم تر از همه عملکرد راستالغز چپگرد آن منجر شد. اغلب آبراهه های شمالی - جنوبی دامنه جنوبی بزقوش بعد از قطع گسل مذکور به سمت شرق منحرف شده و دوباره در راستای شمالی - جنوبی جریان می یابند. جهت بررسی های لرزه خیزی منطقه، مبادرت به شناسائی گسل های فعال محدوده مورد مطالعه به شعاع ۲۵۰ کیلومتری ساختگاه سد و در این راستا پیشینه لرزه خیزی آنها نیز جمع آوری گردید. این گسل ها شامل تبریز، جنوب بزقوش، گرمی رود، استور، شمال بزقوش یا جنوب سراب، سراسکند، دوزدوزان و سنگور می باشند (شکل ۵).

زمین لرزه دستگاهی بسیار بزرگی تا کنون در گستره ای به شعاع ۱۰۰ کیلومتری ساختگاه به استثنای زمین لرزه ۲۸ فوریه ۱۹۹۷ اردبیل رخ نداده است. این مسئله می تواند در ارتباط با عدم سر رسید دوره بازگشت چنین رویدادهائی در منطقه باشد. با توجه به جدول ۱، بیشینه بزرگای پذیرفتنی برای زمین لرزه محتمل در محل برمبنای زمین لرزه ۸ ژانویه ۱۷۸۰ میلادی تبریز، $M_s = 7/4$ تعیین شده است. در مورد گسل جنوب بزقوش (نزدیک ترین چشمه لرزه زا به ساختگاه) بیشینه بزرگای رخ داده $M_s = 6/7$ تعیین شده است.

مدارک کافی بر اثبات لرزه خیزی زیرپوسته ای و از نوع کم عمق وجود ندارد ولی با استناد به داده های موجود در یافته های مگی و همکاران (۲۰۰۰) و جکسون (۲۰۰۱) اکثر زمین لرزه ها در ژرفائی کمتر از ۲۰ کیلومتر روی داده اند.



شکل ۵: نقشه گسل های منطقه مورد مطالعه

جکسون (۲۰۰۱) معتقد است که زمین لرزه‌های فلات ایران در پوسته بالائی رخ می دهند. با توجه به داده‌های قابل اعتماد زمین لرزه‌های ۲۸ فوریه ۱۹۹۷ و ۲۰ ژوئن ۱۹۹۰ اردبیل، به ترتیب ۱۰ کیلومتر و ۱۳ تا ۱۴ کیلومتر، لایه لرزه‌زا (Seismogenic Layer) را می‌توان در ژرفای ۱۰ تا ۱۴ کیلومتر و ژرفای ۸ تا ۱۰ کیلومتر را می‌توان به عنوان لایه انتقالی بالایی (Upper Transition layer) در نظر گرفت.

جدول ۱: پیشینه بزرگای پذیرفتنی برای هرکدام از چشمه های لرزه زا

ردیف	نام گسل	سازوکار	فاصله (km)	درازا (km)	پیشینه بزرگا		
					A	B	C
۱	بستان آباد	راستالغز	۲۲	۵۳	۷/۱۳	۷/۰۹	۷/۰۶
۲	شبلی	راستالغز	۴۷	۵۲	۷/۱۳	۷/۰۸	۷/۰۵
۳	استور	راستالغز	۵۱	۳۰	۶/۴۵	۶/۳۰	۶/۴۹
۴	سنگور	راستالغز	۸۱	۶۵	۶/۸۷	۶/۷۸	۶/۸۵
۵	گرمی رود	راستالغز	۴۱	۱۰۰	۷/۱۰	۷/۰۵	۷/۰۴
۶	جنوب بزقوش	معکوس	۱	۷۰	۶/۹۱	۶/۸۳	۶/۸۸
۷	شمال بزقوش	معکوس	۱۲	۶۵	۶/۸۲	۶/۷۸	۶/۸۴
۸	جنوب سراب	معکوس	۱۹	۲۵	۶/۳۵	۶/۱۹	۶/۳۳
۹	دوزدوزان	معکوس	۱۳	۵۰	۶/۷۲	۶/۶۲	۶/۷۰
۱۰	ساری قمیش	معکوس	۴۷	۷۰	۶/۹۱	۶/۸۳	۶/۸۹
۱۱	میانه	خطواره	۴۵	۷۵	۶/۹۴	۶/۸۷	۶/۹۲
۱۲	مشکین شهر	خطواره	۷۰	۸۵	۷/۰۱	۶/۹۵	۶/۹۶
۱۳	گرو چای	خطواره	۵۶	۵۰	۶/۷۲	۶/۶۲	۶/۷۲
۱۴	اردبیل	خطواره	۶۶	۷۰	۶/۹۱	۶/۸۳	۶/۸۹
۱۵	بخشایش	خطواره	۵۴	۴۲	۶/۶۴	۶/۵۲	۶/۶۵

A: رابطه نوروزی (1985) B: رابطه امبراسیز (1982) C: رابطه امبراسیز و جکسون (1998)

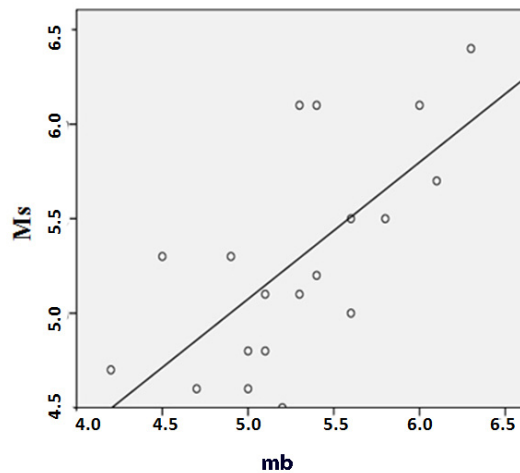
سازوکار گسلش جوان، ایجاد دگرریختی‌های نوزمین ساختی و چگونگی شکل‌گیری آن‌ها و جنبش نیرومند زمین همراه با رویداد زمین لرزه‌ها، همگی به میزان قابل توجهی تابع میدان تنش حاکم بر پوسته در ناحیه مورد نظر می‌باشند. در محدوده ساختگاه سد ورزقان روند غالب گسل های فعال و لرزه‌زا در گستره مورد مطالعه شمالی - جنوبی

و شرقی - غربی و شمال غرب - جنوب شرق و تا حدودی شمال شرق - جنوب غرب می باشد. سازوکار آن ها از نوع راستالغز چپگرد و راستگرد با مؤلفه کوچکی از حرکت شیب لغز و شیب لغز معکوس با جابه جایی راستگرد و یا چپگرد می باشد. بنابراین راستای چیره تنش اصلی حداکثر در گستره مورد مطالعه به تقریب شمالی - جنوبی تا شمال - شمال غربی و جنوب - جنوب شرقی برآورد می گردد. با در دست داشتن فهرست زمین لرزه های محدوده مورد مطالعه در گستره ۲۵۰ کیلومتری و با حذف داده های نامناسب رابطه زیر حاصل شده است:

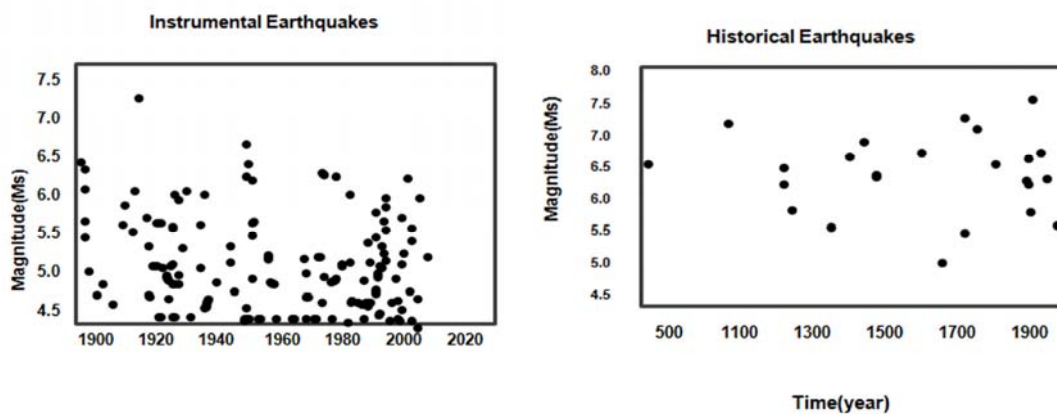
$$M_s = 0.92985 m_b + 0.456$$

ضریب همبستگی این رابطه $r=0.8$ و خطای استاندارد $SE=0.30$ و برابری بزرگا در مقدار $mb=6.1$ می باشد. در شکل ۶ معادله این خط به همراه روابط مربوط برای گستره شعاعی ۲۵۰ کیلومتری ساختگاه نشان داده شده است.

در شکل ۷ پراکندگی زمین لرزه های تاریخی و دستگاهی نسبت به بزرگا و زمان در گستره شعاعی ۲۵۰ کیلومتری ساختگاه سد ورزقان ارائه شده است.



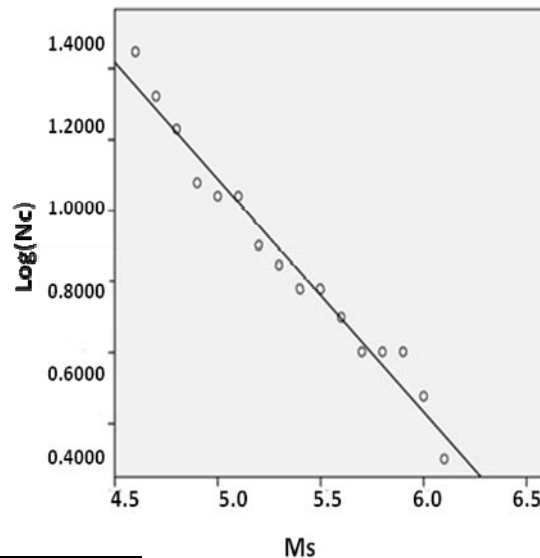
شکل ۶: رابطه M_s و m_b در منطقه مطالعاتی ورزقان



تصویر ۷: پراکندگی زمین لرزه ها (تاریخی و دستگاهی) نسبت به بزرگا و زمان در گستره مورد مطالعه

مقادیر پارامترها و ضرایب ثابت رابطه گوتنبرگ - ریشتر در گستره ۲۵۰ کیلومتری ساختگاه سد ورزقان با روش کمترین مربعات (پورکرمانی و آرین، ۱۳۷۶) در جدول ۲ درج شده اند.

نتایج داده Ms		Nc	Log(Nc)	نتایج (گوتنبرگ- ریشتر)
From (= <)	NO.			Log(Nc)
۴/۶	۷	۲۸	۱/۴۴۷۲	۱/۳۵۱
۴/۷	۴	۲۱	۱/۳۲۲۲	۱/۲۸۶
۴/۸	۵	۱۷	۱/۲۳۰۴	۱/۲۲۰
۴/۹	۱	۱۲	۱/۰۷۹۲	۱/۱۵۵
۵	۰	۱۱	۱/۰۴۱۴	۱/۰۸۹
۵/۱	۳	۱۱	۱/۰۴۱۴	۱/۰۲۳
۵/۲	۱	۸	۰/۹۰۳۱	۰/۹۵۸
۵/۳	۱	۷	۰/۸۴۵۱	۰/۸۹۲
۵/۴	۰	۶	۰/۷۷۸۲	۰/۸۲۷
۵/۵	۱	۶	۰/۷۷۸۲	۰/۷۶۱
۵/۶	۱	۵	۰/۶۹۹	۰/۶۹۵
۵/۷	۰	۴	۰/۶۰۲۱	۰/۶۳۰
۵/۸	۰	۴	۰/۶۰۲۱	۰/۵۶۴
۵/۹	۱	۴	۰/۶۰۲۱	۰/۴۹۸
۶	۱	۳	۰/۴۷۷۱	۰/۴۲۳
۶/۱	۲	۲	۰/۳۰۱	۰/۳۶۷



a	۴/۳۶۹۴۷
b	-۰/۶۵۶۱
r	۰/۹۸۴۷

جدول ۲: مقادیر پارامترها و ضرایب ثابت رابطه گوتنبرگ - ریشتر در گستره ۲۵۰ کیلومتری ساختگاه سد ورزقان با روش کمترین مربعات و نمودار مربوطه

همان طور که اشاره شد برای تعیین پارامترهای لرزه خیزی، ضرایب β و λ (آهنگ لرزه خیزی) و تعیین حداکثر بزرگای پذیرفتنی (M_{max})، تعیین دوره بازگشت، احتمال رویداد و عدم رویداد آن از روش پیشرفته کیکو - سلوول استفاده شده است. محاسبات نشان می دهد که در گستره ۲۵۰ کیلومتری ساختگاه این مقادیر شامل:

$$\text{Beta} = 1/187 \pm 0/15 (b=5/79 \pm 0/06)$$

آهنگ رویداد سالیانه برای بزرگای سطحی

$$\text{Landa} = 3/16 \pm 0/69$$

حداکثر بزرگای قابل انتظار از نظر آماری

$$M_{max} = 7/73 \pm 0/51$$

در روش احتمالی مدل چشمه های لرزه زا توسط یک برنامه نرم افزاری فشرده تحت عنوان (Seismic Hazard SHAZAP, Analysis Program)، هر چشمه لرزه زا به صورت یک خط، یک پهنه لرزه زا که توان لرزه زائی آن بر اساس روابط تجربی یا دیگر روش های آماری محاسبه می گردد، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج حاصل به صورت بیشینه مقادیر پارامترهای جنبش نیرومند زمین (Powerful Ground Activity)(PGA) محاسبه شده اند. نتایج حاصل از این روش در جداول ۳ و ۴ برای سد ورزقان میانه درج شده اند.

بر پایه این مطالعات و با در نظر گرفتن احتمال فزونی (یا دوره بازگشت معادل با آن) برای طرح لرزه ای در طراحی ام دی ال (MDL: Maximum Design Level) و دی بی ال (DBL: Design Basis Level) بیشینه مقادیر مؤلفه های افقی و قائم در سطح ۸۴ درصد برای ساختگاه سد ورزقان به صورت زیر حاصل شده است.

جدول ۳: بیشینه مقادیر شتاب قائم در سطح ۵۰٪ و ۸۴٪ برای دوره بازگشت ۲۵-۱۰۰۰ سال به همراه احتمال فزونی آن ها

میانگین PVGA(g)		A&D2003 PVGA(g)		C&B2003 PVGA(g)		دوره بازگشت (سال)	احتمال
۵۰٪	۸۴٪	۵۰٪	۸۴٪	۵۰٪	۸۴٪	۲۵	۴/۰۰E-۰۲
۰/۰۶۰	۰/۰۷۲	۰/۰۵۷	۰/۰۶۹	۰/۰۶۳	۰/۰۷۵	۵۰	۲/۰۰E-۰۲
۰/۰۸۰	۰/۱۰۳	۰/۰۷۴	۰/۱۰۲	۰/۰۸۵	۰/۱۰۳	۷۵	۱/۳۳E-۰۲
۰/۰۹۱	۰/۱۲۴	۰/۰۸۵	۰/۱۲۵	۰/۰۹۷	۰/۱۲۲	۱۰۰	۱/۰۰E-۰۲
۰/۱۰۲	۰/۱۴۰	۰/۰۹۳	۰/۱۴۲	۰/۱۱۱	۰/۱۳۷	۱۵۰	۶/۶۷E-۰۳
۰/۱۱۶	۰/۱۶۴	۰/۱۰۹	۰/۱۶۸	۰/۱۲۳	۰/۱۵۹	۲۰۰	۵/۰۰E-۰۳
۰/۱۲۶	۰/۱۸۳	۰/۱۱۷	۰/۱۸۹	۰/۱۳۴	۰/۱۷۶	۳۰۰	۳/۳۳E-۰۳
۰/۱۴۳	۰/۲۱۱	۰/۱۳۳	۰/۲۲	۰/۱۵۳	۰/۲۰۱	۵۰۰	۲/۰۰E-۰۳
۰/۱۶۲	۰/۲۵۰	۰/۱۵۵	۰/۲۶۴	۰/۱۶۹	۰/۲۳۶	۷۰۰	۱/۴۳E-۰۳
۰/۱۷۸	۰/۲۷۸	۰/۱۷	۰/۲۹۵	۰/۱۸۶	۰/۲۶	۱۰۰۰	۱/۰۰E-۰۳
۰/۱۹۵	۰/۳۰۹	۰/۱۸	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۲۸۷	۱۵۰۰	۶/۶۷E-۰۴
۰/۲۰۹	۰/۳۴۷	۰/۱۹۹	۰/۳۷۳	۰/۲۱۹	۰/۳۲	۲۰۰۰	۵/۰۰E-۰۴
۰/۲۲۲	۰/۳۷۵	۰/۲۱۴	۰/۴۰۵	۰/۲۲۹	۰/۳۴۴	۳۰۰۰	۳/۳۲E-۰۴
۰/۲۳۷	۰/۴۱۶	۰/۲۲۶	۰/۴۵۳	۰/۲۴۸	۰/۳۷۹	۵۰۰۰	۲/۰۰E-۰۳
۰/۲۵۸	۰/۴۷۲	۰/۲۴۸	۰/۵۱۷	۰/۲۶۸	۰/۴۲۶	۷۰۰۰	۱/۴۳E-۰۴
۰/۲۷۳	۰/۵۱۰	۰/۲۵۳	۰/۵۶۱	۰/۲۹۳	۰/۴۵۸	۱۰۰۰۰	۱/۰۰E-۰۴

جدول ۴: بیشینه مقادیر شتاب افقی در سطح ۵۰٪ و ۸۴٪ برای دوره بازگشت های ۲۵ - ۱۰۰۰۰ سال به همراه احتمال فزونی آن ها

میانگین PVGA(g)		B&J 1997 PVGA(g)		A&B 2003 PVGA(g)		C&B 2003 PVGA(g)		دوره بازگشت (سال)	احتمال
۵۰٪	۸۴٪	۵۰٪	۸۴٪	۵۰٪	۸۴٪	۵۰٪	۸۴٪		
۰/۱۰۳	۰/۱۲۶	۰/۱۰۵	۰/۱۴	۰/۱۰۸	۰/۱۲۸	۰/۰۹۸	۰/۱۱۶	۲۵	۴/۰۰E-۰۲
۰/۱۳۲	۰/۱۶۷	۰/۱۳۲	۰/۱۸۳	۰/۱۳۷	۰/۱۷۵	۰/۱۲۶	۰/۱۵۱	۵۰	۲/۰۰E-۰۲
۰/۱۴۷	۰/۱۹۵	۰/۱۴۶	۰/۲۱۱	۰/۱۵۴	۰/۲۰۶	۰/۱۴	۰/۱۷۵	۷۵	۱/۳۳E-۰۲
۰/۱۶۱	۰/۲۱۵	۰/۱۶۱	۰/۲۳۲	۰/۱۶۷	۰/۲۲۹	۰/۱۵۴	۰/۱۹۲	۱۰۰	۱/۰۰E-۰۲
۰/۱۷۸	۰/۲۴۵	۰/۱۷۴	۰/۲۶۴	۰/۱۸۶	۰/۲۶۳	۰/۱۷۲	۰/۲۱۸	۱۵۰	۶/۶۷E-۰۳
۰/۱۹۲	۰/۲۶۸	۰/۱۸۶	۰/۲۸۸	۰/۲۰۲	۰/۲۸۸	۰/۱۸۵	۰/۲۳۷	۲۰۰	۵/۰۰E-۰۳
۰/۲۰۹	۰/۳۰۲	۰/۱۹۹	۰/۳۲۴	۰/۲۱۹	۰/۳۲۶	۰/۲۰۳	۰/۲۶۶	۳۰۰	۳/۳۳E-۰۳
۰/۲۳۷	۰/۳۴۷	۰/۲۲۷	۰/۳۷۴	۰/۲۴۹	۰/۳۷۷	۰/۲۳۱	۰/۳۰۴	۵۰۰	۲/۰۰E-۰۳
۰/۲۵۴	۰/۳۷۹	۰/۲۴۶	۰/۴۰۸	۰/۲۷	۰/۴۱۳	۰/۲۴۱	۰/۳۳۱	۷۰۰	۱/۴۳E-۰۳
۰/۲۷۴	۰/۴۱۴	۰/۲۷	۰/۴۴۶	۰/۲۹	۰/۴۵۳	۰/۲۶	۰/۳۶	۱۰۰۰	۱/۰۰E-۰۳
۰/۲۹۳	۰/۴۵۶	۰/۲۷۹	۰/۴۹۲	۰/۳۰۹	۰/۴۹۹	۰/۲۸۳	۰/۳۹۵	۱۵۰۰	۶/۶۷E-۰۴
۰/۳۰۷	۰/۴۸۷	۰/۳۰۴	۰/۵۲۶	۰/۳۲۶	۰/۵۳۴	۰/۲۹	۰/۴۲۱	۲۰۰۰	۵/۰۰E-۰۴
۰/۳۲۹	۰/۵۳۱	۰/۳۱۶	۰/۵۷۴	۰/۳۴۶	۰/۵۸۳	۰/۳۱۸	۰/۴۵۸	۳۰۰۰	۳/۳۲E-۰۴
۰/۳۵۶	۰/۵۸۹	۰/۳۴۸	۰/۶۳۷	۰/۳۷۸	۰/۶۴۷	۰/۳۳۸	۰/۵۰۷	۵۰۰۰	۲/۰۰E-۰۳
۰/۳۷۱	۰/۶۲۷	۰/۳۶۳	۰/۶۷۹	۰/۳۸۳	۰/۶۸۹	۰/۳۶۳	۰/۵۴	۷۰۰۰	۱/۴۳E-۰۴
۰/۳۷۶	۰/۶۶۸	۰/۳۶۸	۰/۷۲۳	۰/۳۸۸	۰/۷۳۳	۰/۳۶۸	۰/۵۷۶	۱۰۰۰۰	۱/۰۰E-۰۴

۳- نتیجه گیری

محدوده ساختگاه سد ورزقان میانه در دامنه جنوبی ارتفاعات بزقوش که دارای ساختار بالا زده می باشد، قرار داشته و فاصله بسیار نزدیکی با گسل فعال جنوب بزقوش دارد. رخنمون های سنگی شامل سنگ های ولکانیک و

ولکانو- کلاستیک ائوسن می باشند که توسط دایک های ساب ولکانیک میکرودیوریتی تا میکرومونزونیتی قطع شده اند. منطقه از نظر ریسک لرزه خیزی دارای پتانسیل بالایی است و وجود گسل های مهم و فعالی نظیر گسل های تبریز، جنوب بزقوش، شمال بزقوش، گرمی رود، استور، سراکند، دوزدوزان و سنگور در اطراف ساختگاه بر لزوم مطالعات لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت در این ساختگاه افزوده است. زمین لرزه های رخ داده در ارتباط با این گسل ها از نوع کم عمق بوده (اعماق ۱۰ تا ۱۴ کیلومتر) و سازوکار چیره آن ها از نوع راستالغز فشاری است. پارامترهای لرزه ای در گستره ۲۵۰ کیلومتری ساختگاه با روش کیکو- سلول:

$$M_{\max} = 7/73 \pm 0/51 \quad \lambda = 3/16 \pm 0/69 \quad \beta = 1/87 \pm 0/15$$

تعیین شده اند و مقادیر شتاب برای سطوح لرزه ای: سطح مبنای طراحی (DBL)، سطح بالای طراحی (MDL) و سطح حداکثر پذیرفتنی (MCL) برای ۵۰۰ سال و ۲۰۰۰ سال به ترتیب جدول ۵ تعیین شده است:

جدول ۵: مقادیر شتاب برای سطوح لرزه ای

سطح لرزه ای در طراحی	دوره بازگشت (سال)	بیشینه ی مقادیر شتاب مؤلفه قائم	بیشینه ی مقادیر شتاب مؤلفه افقی (g)-۰.۸۴
DBL	۵۰۰	۰/۳۵	۰/۲۵
MDL	۲۰۰۰	۰/۴۹	۰/۳۸
MCL- 50%	-	۰/۵۳	۰/۵۷

۴- منابع

۱. پورکرمانی، م.، آرین، م.، ۱۳۷۶، سایزمو تکتونیک (لرزه زمین ساخت)، انتشارات شرکت مهندسی مشاور دز آب، ۲۷۰ صفحه
۲. ریاضی خیابانی، ف.، ۱۳۸۴، پتروگرافی و پترولوژی سنگ های آذرین و دگرگونی منطقه نی باغی (شمال شرق میانه)، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، صفحه ۹۶.
۳. شکرزاد، ن.، ۱۳۷۶، تکتونیک، سایزمو تکتونیک و زمین شناسی مهندسی سد گرمی چای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، صفحه ۳۴.
۴. مهندسین مشاور زیستاب، گزارش زمین شناسی عمومی منطقه ی ورزقان میانه، ۱۳۸۵، صفحه ۲۳.
۵. نقشه زمین شناسی چهار گوش ترکمن چای- قره چمن، ۱۳۸۲. (شیت ۵۴۶۵) به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور.
6. Berberian, M., 1994, Natural Hazards and the First Earthquake Catalogue of Iran, Historical Hazard in Iran Prior to 1990, A UNESCO/IIIES publication during UN/IDNDR: International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, 603 (in English) + 66(in Persian).
7. Berberian, M. and Yeast, R.S., 1999, Pattern of Historical Earthquake Rupture in the Iranian Plateau, Bull. Seismo. Soc. Am. 89, pp. 120-139.
8. Kijko, A. and Selevoll, M.A., 1992, Estimation of Earthquake Hazard Parameters from incomplete data files. Part II. Incorporation of magnitude heterogeneity. 213PP. Int. 93.
9. Jackson, J., 2001, Living with earthquakes: know your faults, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 5, Special Issue 1, pp. 5- 123.
10. Maggi, A., Jackson, J.A., Priestlry, K. and Baker, C., 2000a, A re- assessment of focal depth distributions in southern Iran, the Tien Shan and northern India: do earthquakes really occur in the continental mantle?, Geophysics. J. Int. 143, 629-661.