

زمین شناسی سے ختاری ایے ان

بررسی همخوانی توزیع کانونی زمین لرزه ها با ساختارهای پیش بوم و پس بوم مکران

سپيده پاژنگ'، ابراهيم غلامي

۱-دانشجوی دکتری زمین شناسی-تکتونیک، دانشگاه بیر جند <u>sepide.pajang@gmail.com</u> ۲-استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه بیرجند

\$\$\$\$\$

چکیدہ:

1790 15777

کمربندهای چین رانده یکی از قابل توجه ترین ساختارها در مناطق با تکتونیک فشارشی هستند که از نظر نحوه تغییرشکل دارای- تفاوت های خاصی در مقاطع بیرونی و درونی می باشند. هدف اصلی این مطالعه بررسی همخوانی توزیع کانونی زمین لرزه ها با ساختارهای پیش بوم و پس بوم مکران است. منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق ایران در موقعیت جغرافیایی ۲۹/۰۰ – ۲۹/۰۰ و ۲۰/۰۰ ۶۰ - ۲۰/۵ واقع شده است. بر پایه مطالعات پیشین انجام گرفته در منطقه، داده های زمین لرزه های دستگاهی ۲۹/۰۰ سال گذشته محدوده مطالعاتی، داده های رقومی ارتفاعی (DEM) و سازو کار کانونی زمین لرزه های موجود مشخص گردید زمین لرزه ها از دو منشا عمقی یکی مرتبط با پی سنگ (کمتر از ۴۰ کیلومتر) و دیگری از منشا موهو (تا ۹۰ کیلومتری) نشات می گیرند و بیشتر آنها منطبق بر شیب زون بنیف است. زمین لرزه های با بزرگی بیشتر از ۵٫۵ ریشتر متمرکز در قسمت های شمالی منطقه (پس بوم) است که با الگوی در گیری پی سنگ و راندگی های مرتبط با فرورانش مکران انتطباق دارد. زمین لرزه های عمیق در بخش غربی منطقه (3°50-70) متمرکز هستند، احتمال می رود به علت تغییرات شیب زون فرورانش باشد که از غرب به شرق متفاوت است. تشکیل چین های هم خوان با راندگی ها و عدم توسعه پس راندگی ها را می توان به سهولت حرکت در راندگی کف مرتبط جین های هم خوان با راندگی ها و عدم توسعه پس راندگی ها را می توان به سهولت حرکت در راندگی که مرتبط دانست.

كليدواژهها: پس بوم، پيش بوم، فرورانش مكران، زمين لرزه، راندگي



ین همانشش ما

دانشکاه بیرجند

\$\$\$\$\$

Evaluation the distribution of earthquakes consistent with hinterland and foreland structures of makran

\$\$\$\$\$

Sepideh Pajang, Ebrahim gholami

\$\$\$\$\$

Abstract:

Fold-thrust belts is one of the most remarkable structures in compressional tectonic that has differences deformation in internal and external area. The main objective of this study is to describe the topographic roughness on the hinterland and foreland basin and change of the focal mechanisms. Study area is located in south east of Iran with coordinates $57^{\circ}-62^{\circ}$ east longitude and $25^{\circ}-29^{\circ}$ north latitude. Based on previous studies, earthquake data the past 116 years, DEM data and focal mechanisms was determined that earthquakes come from 2 different sources, basement and moho, and most of them matches with Benioff zone. Earthquakes with a magnitude greater than 5.5 are concentrated in the northern part of the region (hinterland). Deep earthquakes are concentrated in the western part of the region ($57^{\circ}-59^{\circ}$ E), likely due to slope of subduction zone that is different from the West to the East. Forming folds consistent with the thrust and non-back thrust development can be attributed to the ease of movement in the floor thrust.

Keywords : hinterland, foreland, Makran subduction, earthquake, thrust

\$\$\$\$

مقدمه:

1790 ,51 71

در پهنه های فرورانش با فاصله گرفتن از ساحل به سمت خشکی، تغییراتی در نوع چین خوردگی ها، فاصله گسل های راندگی، تشکیل پس راندگی ها و سازوکار زمین لرزه ها به چشم میخورد. مکران نمونه ای از پهنه فرورانش فعال است که هنوز فرورانش در آن پایان نیافته و کوتاه شدگی ادامه دارد، عقیده براین است که فرورانش از پالئوسن شروع شده است (Platt et al., 1988) و منشور به هم افزوده از ائوسن شروع به تشکیل نموده است (Byrne et al., 1992). در این مطالعه سعی بر این است که از مجموع مشاهدات و مطالعات انجام گرفته برای توضیح توزیع کانونی زمین لرزه ها با



چهارمین همایش ملسی زمین سساخت و

۲۳ آذر ۱۳۹۵

فانشكاه بيرجند

کمربندهای چین رانده یکی از قابل توجه ترین ساختارها در مناطق با تکتونیک فشارشی هستند که از نظر نحوه تغییرشکل دارای- تفاوت های خاصی در مقاطع بیرونی و درونی میباشند;Butter, 1986; Sutter, 1986 و در قسمت (Sommaruga, 1999)مانند تمامی کمربندهای چین رانده بالغ که تاکنون بررسی شده اند، در گیری پی سنگی در قسمت خارجی کوهزاد انتظار نمیرود و لایه های تنها بر روی سطح جدایش تغییرشکل مییابند که بنام مدل ناز ک پوسته شناخته میشود پیش بوم (foreland) ناحیه ای به نسبت پایدار در جلوی یک کمربند کوهزایی است که سنگ های رشته کوه به سوی آن چین خورده و رانده می شوند. از طرفی در قسمت داخلی کوهزاد(پس بوم (Hinterland)) پی سنگ درگیر است و ساختارها عمیق تر هستند که بنام مدل ستبرپوسته شناخته میشود, است و ساختارها عمیق تر هستند که بنام مدل ستبرپوسته شناخته می فرد. (Gilloti and Kumpulainen, میشود یس بوم در کوهزاد فعال با توپوگرافی بلند همراه است و ناحیه بین پیش بوم و کمان ماگمایی (در صورتی که موجود باشد) را اشغال می نماید. حوضههای فورلند در سمت ناحیه بین پیش بوم و کمان ماگمایی (در صورتی که موجود باشد) را اشغال می نماید. حوضههای فورلند در سمت کراتونی نوارهای چین خورده گسلیده (Fold-Thrust Belt) و در نتیجه خمش لیتوسفر در زیر وزن آنها تشکیل میشوند (Dickinson, 1974).

\$\$\$\$

روش تحقيق:

به منظور بررسی تغییرات ساختاری از پیش بوم به سمت پس بوم پهنه فرورانش مکران، مطالعات پیشین انجام گرفته در منطقه جمع آوری و با داده های زمین لرزه های دستگاهی ۱۱۶ سال گذشته محدوده مطالعاتی، داده های رقومی ارتفاعی (DEM) ، سازوکار کانونی زمین لرزه های موجود تلفیق گردیده اند. منطقه مورد مطالعاتی، داده های رقومی ایران در موقعیت جغرافیایی ۲۹/۰۰ مرا و ۲۵/۰۰ - ۲۹/۰۰ واقع شده است. زون ساختاری – رسوبی مکران از تنگه هرمز در ایران تا خلیج سون میانی (دکن) در پاکستان گسترش دارد. زون مکران دارای ۱۰۰۰ کیلومتر طول و ۳۴۰ کیلومتر عرض می باشد. اختلاف ارتفاع توپوگرافی در مکران از ۳۰۰۰ متر زیر سطح آب های آزاد و در بستر دریای عمان تا اما می باشد. اختلاف ارتفاع توپوگرافی در مکران از ۳۰۰۰ متر زیر سطح آب های آزاد و در بستر دریای عمان تا بهار ایالت رسوبگذاری متفاوت است که شامل مکران شمالی، مکران داخلی، مکران بیرونی و مکران ساحلی است. بیشتر گسل های مهم در منطقه، تراست های با روند شرقی می باشند که در ایران در سرتاسر عرض مکران از جازموریان تا خلیج عمان گسترده شده اند (IPC) به در آن ۲۰۱۰ می باشند که در ایران در سرتاسر عرض مکران از جازموریان

\$\$\$\$



ہے زمین س دهار مین همایش ه

زمین شناسی سے ختاری ایے ران

دانشکاه پیرچند

از دیدگاه لرزه زمین ساختی، فعالیت های لرزه ای زیادی نظیر بسیاری از گوه های فزاینده دنیا در منطقه مکران انتظار می رود؛ ولی این منطقه، فعالیت لرزه ای کمی از خود نشان می دهد. توان لرزه خیزی مکران بسیار ضعیف است. که این امر ناشی از فرورانش کم شیب بوده و اینکه در مکران مجموعه برافزایشی در آب است و به دلیل نفوذ آب در منافذ سنگها، رفتار سنگها پلاستیک است نه شکننده (آقانباتی ، ۱۳۸۵). عدم رویداد زمین لرزه های بزرگ از بخش غربی مکران می تواند نشان دهنده غیر لرزه ای بودن این بخش یا قفل شدن آن و در نتیجه رخداد زمین لرزه هایی بزرگ با دوره بازگشت طولانی باشد (Mokhtari, 2008).

با استفاده از سازوکارهای کانونی زمین لرزه های کم عمق (عمق های کمتر از ۴۵ کیلومتر)، جهت محور تنش فشارشی نشان دهنده چرخش آشکاری از غرب به سمت شرق است، که در آن میدان تنش غرب مکران تحت تاثیر زون برخورد اوراسیا-عربستان است، در حالیکه میدان تنش برای شرق مکران تحت تاثیر زون برخورد اوراسیا-هندوستان است (Zarifi, 2006).



شکل ۱-نقشه گسل ها و توزیع سطحی رومرکز زمینلرزههای رخداده گستره طرح با بزرگی بیش از ۴ریشتر

۲۳ آذر ۱۳۹۵





دانشکاه پیرچند

۲۲ آذر ۱۳۹۵

با ترسیم و بررسی نقشه رومر کز زمین لرزه های رخداده با بزرگی بیشتر از ۴ ریشتر در منطقه معلوم گردید که بیشترین تمرکز زمین لرزه های رخداده مطابق با گسل های فعال منطقه است (شکل ۱). سرچشمه های لرزه ای در اغلب بخش های این محدوده از نوع خطی و پراکنده است. زمین لرزه های با بزرگی بیشتر از ۵٫۵ ریشتر متمرکز در قسمت های شمالی منطقه (پس بوم) است که با الگوی در گیری پی سنگ و راندگی های مرتبط با فرورانش مکران انتطباق دارد. فشارهای ناشی از فرورانش پوسته اقیانوسی عمان به زیر مکران است که با عملکرد گسل های راندگی شدت می یابد به گونه ای که چین های انتشار گسلی از ساختارهای اصلی در منطقه می باشند. تشکیل چنین چین هایی هم خوان با راندگی ها و عدم توسعه پس راندگی ها را می توان به سهولت حرکت در راندگی کف مرتبط دانست.



شکل ۲- الف) نمودار رابطه بین زمین لرزه دستگاهی بزرگتر از ۴ ریشتر (۲۰۱۶–۱۹۰۰) در مقابل عمق آنها. ب) عمق و سازوکار کانونی زمین لرزه های گستره مورد مطالعه

با بررسی زمین لرزه های رخداده بزرگتر از ۴ ریشتر در مقابل عمق آنها (شکل ۲ الف) در منطقه مورد مطالعه مشخص گردید، زمین لرزه ها از دو منشا عمقی نشات میگیرند. یکی مرتبط با پی سنگ که زلزله های کمتر از ۴۰ کیلومتر را شامل می شود. دیگری از منشا موهو (حد فاصل گوشته و پوسته)، که از اعماق بیشتر تا ۹۰ کیلومتری هستند. تمرکز زمین لرزه ها بیشتر در بخش ارتفاعات مکران (هینترلند) است. همان طور که از شکل (۲ الف) مشخص است زمین لرزه های عمیق در بخش غربی منطقه (=59% متمرکز هستند، احتمال می رود به علت تغییرات شیب زون





فانشكاه بيرجند

۲۳ آذر ۱۳۹۵

فرورانش باشد که از غرب به شرق متفاوت است. فرورانش در بخش غربی با زاویه شیب کم از حدود ۸ درجه آغاز شده و سپس با افزایش تدریجی به بیشنه مقدار خود در حدود ۵۵ درجه در صفحه فرورونده به درون سست کره در زیر دشت لوت میرود، می رسد (شادمنامن و همکاران ۱۳۹۰). خمیدگی صفحه فرورانش با شیب کمتر و در فاصله دورتری از ساحل شرقی مکران در مقایسه با ساحل غربی آن رخ می دهد (شادمنامن و همکاران ۱۳۹۰). شکل (۲ ب) نشان می دهد سازوکار زمین لرزه های در اعماق کمتر از ۴۵ کیلومتر بیشتر از نوع فشاری و در اعماق بیشتر به نرمال تبدیل می شوند که با تئوری زمین لرزه های زون بنیف مطابقت دارد.

چین و راندگی ها

همان طور که در بالا اشاره شد مکران دارای چهار ایالت رسوبگذاری متفاوت است که شامل مکران شمالی، مکران درونی، مکران بیرونی و مکران ساحلی است. مکران ساحلی در جنوب مکران بیرونی واقع شده است و معرف حوضه رسوبی بالای گوه با سکانس رسوبی کم عمق از مارن های شیب قاره تا ته نشست های فلات قاره و ساحلی می باشد (Burg et al., 2008). در مکران چین خوردگی واحدهای سنگی الیگوسن پسین – میوسن میانی که عمدتا فلیش های ماسه ای هستند در زمان میو –پلیوسن چین خورده اند (Delaunay et al., 2002). عامل چین خوردگی به طور عمده، فشارهای ناشی از فرورانش پوسته اقیانوسی عمان به زیر مکران است که با عملکرد گسل های راندگی شدت می یابد به گونه ای که رویداد گسل آفرینی با چین خوردگی شدید پرکلینال با برتری الگوی جناغی همراه است. از شمال به جنوب شدت چین خوردگی کاهش می یابد، به گونه ای که در مکران ساحلی چین خوردگی و گسلش معکوس وجود ندارد و یا بسیار ناچیز هستند (شکل ۱).

امتداد محور چین ها در مکران ساحلی شرقی – غربی است. اندازه گیری ها و مقاطع نشان دهنده چین های باز تا ملایم، گرد تا نوک تیز با طول موج خیلی بلند (بیش از ۱۰ کیلومتر) و دامنه کم هستند (Dolati, 2010). در مکران بیرونی اندازه گیری ها و مقاطع، به طور خاص چین های متقارن، باز تا ملایم، گرد با طول موج بیش از ۵۰۰ متر نشان داده اند. روند این چین ها W—E است و پلانژ کم در هر جهتی دارند(Dolati, 2010). مقایسه سبک چین های رسوبات میوسن و الیگوسن در مکران درونی بیان کننده اختلاف استرین وارده ولی با روند یکسان WNW–ESE است، دگرشکلی قوی تر در رسوبات الیگوسن با چین های نامتقارن و تنگ در مقابل رسوبات میوسن پیشین چین های متقارن باز هستند (Dolati, 2010). تعداد کمی چین های با گرایش به سمت شمال و شیب جنوب در توربیدایت های الیگوسن شمال راسک در فرادیواره تراست قصر قند وجود دارد (شکل ۳ الف). این چین ها در تضاد با چین ها با گرایش به سمت جنوب و شیب





دانشکاه پیرچند

۲۳ آذر ۱۳۹۵

شمال لایه های توربیدایت های الیگوسن مکران داخلی هستند (Dolati, 2010). همچنین در شمال غرب گسل بشاکرد بالای فنوج چین هایی با گرایش به سمت جنوب و شیب شمال وجود دارد (شکل ۳ ب). بر اساس مدل Delcall lau et (2006) ,.ladeb آبراهه های تشکیل شده بر روی دامنه مرتبط با پس راند به نسبت راندگی اصلی کوتاه تر و مستقیم تر هستند. همان طور که در شکل (۳ الف و ب) مشخص است طول آبراهه های تشکیل شده بر روی چین های با گرایش به سمت جنوب (دامنه شمالی) کوتاهتر و مستقیم تر از دامنه های جنوبی (فرادیواره گسل قصر قند و بشاکرد) می باشد لذا وجود پس راندگی های پنهان در این مناطق محتمل می باشد. مکران شمالی به طور عمده شامل گسل های امتداد لغز چپگردWE-SW با مزدوج آن با امتداد لغز، جوان تر از گسل های معکوس هستند. (Dolati, 2010). گسل های امتداد لغز، جوان تر از گسل های معکوس هستند.



شكل ٣- وضعيت قرار گيري الكوى آبراهه ها نسبت به عناصر ساختاري در الف) شمال راسك و ب) شمال فنوج.



O C

شکل ۴- نقشه زمین شناسی مکران. تراست های اصلی به همراه سن و نوع چین ها مشخص شده است. به سمت پس بوم استرین افزایش یافته و چین های جناغی و جعبه ای موجود هستند و به سمت پیش بوم استرین کمتر و چین ها از نوع باز و ملایم هستند (با تغییر از دولتی، ۲۰۱۰).

نتيجه گيري:

عمق و سازوکار کانونی زمین لرزه ها نشان می دهد که زمین لرزه ها از دو منشا عمقی نشات میگیرند. یکی مرتبط با پی سنگ (کمتر از ۴۰ کیلومتر) و دیگری از منشا موهو (تا ۹۰ کیلومتری) هستند. زمین لرزه های با بزرگی بیشتر از ۵٫۵ ریشتر متمرکز در قسمت های شمالی منطقه (پس بوم) است که با الگوی درگیری پی سنگ و راندگی های مرتبط با فرورانش مکران انتطباق دارد. زمین لرزه های عمیق در بخش غربی منطقه (E°59-59°) متمر کز هستند، احتمال می رود به علت تغییرات شیب زون فرورانش باشد که از غرب به شرق متفاوت است. سازوکار زمین لرزه های در اعماق کمتر از ۴۵ کیلومتر بیشتر از نوع فشاری و در اعماق بیشتر به نرمال تبدیل می شوند. تشکیل چین های هم خوان با راندگی ها و عدم توسعه پس راندگی ها را می توان به سهولت حرکت در راندگی کف مرتبط دانست. بر پایه الگوی آبراهه ها نسبت به عناصر ساختاری، پس راندگی های پنهان که باعث تشکیل چین ها با گرایش به سمت جنوب مستدل شد.



فانشكاه بيرجند

بهارمین همایش ملسی زمین ساخت و

زمین شناسی سے ختاری ایے ان



منابع فارسی:

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۹، زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، ۶۰۶ صفحه.

شادمنامن، ن.، شمالی، ح.، میرزائی، ن.، ۱۳۹۰، بررسی ساختار سه بعدی سرعت برشی در گوشته بالایی و تغییرات عمق موهو در منطقه مکران. مجلهٔ فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۷، شماره ۲، صفحهٔ ۱۵۳–۱۶۹.

References:

Boyer, S.E., & Elliot, D., 1982. Thrust systems. American Association of petroleum Geologists Bulletin, 66: 1196-1230.

Burg, G.P., Bernoulli, D., Smit, J., Dolati, A. (2008), A giant catastrophic mud and debris flow in the Miocene Makran. Terra Nova 20 (3), P. 188-193

Byrne, D. E., Sykes, A. R. and Davis, D. M., 1992, Great thrust earthquakes and aseismic slip along the plate boundary of the Makran subduction zone. J. Geophys. Res., No. B1, 97, 449-478.

Dolati, A., 2010, Stratigraphy, structural geology and lowtemperature thermochronology across the Makran accretionary wedge in Iran [Dissertation]: Zürich, Switzerland, Eidgen ssische Technische Hochschule (ETH) Zürich, no. 19151, 306 p.

Delcaillau, B., Carozza, J., Laville, E., 2006, recent fold growth and drainage development: The Janauri and Chandiagrah anticline in the Siwalik foothills, Northwest India. Geomorphology.v 74, 241-256.

Delaunay, S., Smith, B., Aubourg, C. (2002), Asymmetrical fold test in the case of overfolding, tow examples from the Makran accretionary prism (Southern Iran), Physics and Chemistry of the Earth Vol. 27, 1195-1203.

Farhoudi, G., Karig, D.E. (1977), Makran of Iran and Pakistan as an active are system, Sedimentary Geology, p. 664-668.

Grando, G. & McClay, K. (2006), Morphotectonics domains and structural styles in the Makran accretionary prism, offshore Iran, Sedimentary Geology xx, xx-xx.

Platt, J. P., Leggett, J. K., and Alam, S., 1988. Slip vectors and fault mechanics in the Makran accretionary wedge, southwest Pakistan. J. Geophys. Res. 93, 7955-7973.

Sommaruga, A., 1999. "Décollement tectonics in the Jura foreland fold-and-thrust belt", Marine and Petroleum Geology, 16, p. 111–134.

Wojtal, S., Mitra, G., 1988. "Nature of deformation in fault rocks from Appalachian thrusts", In: Geometries and Mechanisms of Thrusting, with Special Reference to the Appalachians (Eds. G. Mitra and S. Wojtal), Geological Society of America, Special Paper, 222, p. 17–33.

Yassaghi, A., James, P.R., Flottmann, T., 2000. "Geometric and kinematic evolution of asymmetric ductile shear zones in thrust sheets, southern Adelaide fold-thrust belt, South Australia" Journal of Structural Geology, 22, p. 889–912.

Zarifi, Z., 2006, Unusual subduction zones: Case studies in Colombia and Iran. PhD thesis, 78 pp., University of Bergen, Norway.