

تغییر شکلهای سطحی ناشی از زمین لرزه ۴ اسفند ماه ۱۳۸۳ داهوییه - زرنند

خالد حسامی / محمدرضا عباسی، استادیار گروه لرزه زمین ساخت پژوهشکده زلزله شناسی پژوهشگاه

۱- چکیده

ایران بر اثر وقوع زمین لرزه بشدت لرزید. این زمین لرزه که در حدود ۱۰ کیلومتری شرق شهرستان زرنند- کرمان به وقوع پیوست خسارات نسبتاً شدیدی به روستاهای منطقه بویژه در روستاهای داهوییه، حتکن و خانوک وارد آورد. طبق گزارش پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله کانون سطحی این زمین لرزه در محلی به مختصات $30/76$ درجه شمالی و $56/74$ درجه شرقی واقع است. عمق کانونی این زمین لرزه حدود ۱۴ کیلومتر و بزرگای آن $M_s = 6.5$ برآورد گردیده است.

از آنجا که شکستگی های سطحی ناشی از زمین لرزه مذکور بر روی یکی از گسلهای شرقی - غربی منطقه در شمال داهوییه منطبق است می توان وقوع این زمین لرزه را به فعالیت این گسل نسبت داد. هدف از مقاله حاضر بررسی ابعاد شکستگی و تحلیل اشکال مختلف تغییر شکلهایی می باشد که بر اثر زمین لرزه داهوییه در سطح زمین تشکیل گردیده است.

۳ - زمین ساخت فعال منطقه

گسلهای فعال ایران ناشی از تغییر شکل فعال پوسته ایران می باشند که در نتیجه همگرایی بین صفحات قاره ای عربستان و اوراسیا صورت می گیرد. حل سازوکار کانونی زمین لرزه های

پهنه گسلی کوهبنان با راستای NW-SE یکی از پهنه های گسلی فعال در شرق ایران می باشد که با زمین لرزه های مکرر در دو سده اخیر همراه بوده است. زمین لرزه ۴ اسفند ماه ۱۳۸۳ با یک پهنه شکستگی به طول حدود ۱۰ کیلومتر و با راستای شرقی - غربی در امتداد یکی از انشعابات منتهالیه جنوب شرقی این پهنه گسلی همراه گردید. از آنجا که گسل مسبب زمین لرزه داهوییه مستقیماً به سطح زمین نرسید، نمی توان بر اساس مشاهدات صحرائی تخمینی از میزان جابه جایی بر روی این گسل ارائه نمود. با این وصف، هندسه و سازوکار ساختارهای ایجاد شده در پهنه تغییر شکل نشانه آن است که زمین لرزه داهوییه در نتیجه جابه جایی در عمق بر روی یک گسل معکوس با شیب به سوی شمال ایجاد شده است. شواهد مربوط به این جابه جایی عموماً به صورت لغزش سطوح لایه بندی (Flexural-Slip) و ایجاد چین در رسوبات سطحی مشاهده می شود. نتایج به دست آمده از این بررسیها با حل ساز و کار کانونی زمین لرزه ۴ اسفند ماه داهوییه انطباق کامل دارد.

کلید واژه ها: زمین لرزه، ایران، زرنند، لرزه زمین ساخت، گسل فعال، ریخت شناسی، گسل راستالغز

۲ - مقدمه

در صبح روز سه شنبه ۴ اسفند ماه ۱۳۸۳، بخشی از شرق

۴ - پهنه گسلی کوهبنان

پهنه گسلی کوهبنان به عنوان یکی از پهنه‌های فعال شرق ایران از مدت‌ها پیش شناخته شده و بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی منتشر شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور به تصویر کشیده شده است. گسل کوهبنان سبب رانده شدن سنگهای پالئوزوئیک در شمال شرق بر روی نهشته‌های آبرفتی کواترنر در جنوب غرب شده است. وجود آبراهه‌های جابه‌جا شده و افزای گسلی در بادنزه‌های آبرفتی در طول گسل کوهبنان بر راستگرد بودن این گسل در زمانهای اخیر زمین‌شناسی دلالت دارد. طول این پهنه گسلی بیش از ۲۰۰ کیلومتر است و به سمت شمال غرب امتداد دارد.

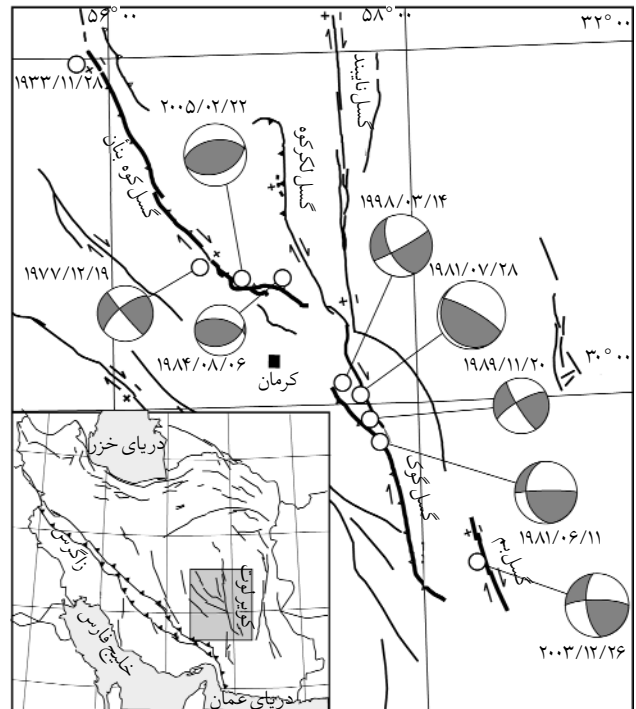
۵ - شکستگی‌های همراه با زمین لرزه

شکستگی‌های سطحی مشاهده شده بر اثر رویداد زمین لرزه ۴ اسفند ماه ۱۳۸۳ بر یک گسل معکوس شناخته شده با راستای تقریباً شرقی- غربی منطبق و آثار مربوط به حرکات گذشته آن به خوبی در ریخت‌شناسی (Morphology) منطقه به صورت پرتگاه گسلی بر روی دامنه‌های پرشیب آشکار است.

پهنه تغییر شکل سطح زمین از محلی در شمال روستای داربیدخون به طول حدود ۱۰ کیلومتر در جهت شرق امتداد دارد و شامل ساختارهای فشاری و شکستگی‌های کششی می‌باشد (شکل ۲). وضعیت قرارگیری این دو ساختار کم و بیش موازی به ترتیبی است که همواره ساختارهای فشاری در جنوب و شکستگی‌های کششی در شمال آن (با فواصلی که از چند متر تا چند ده متر متغیر است) واقع گردیده است.

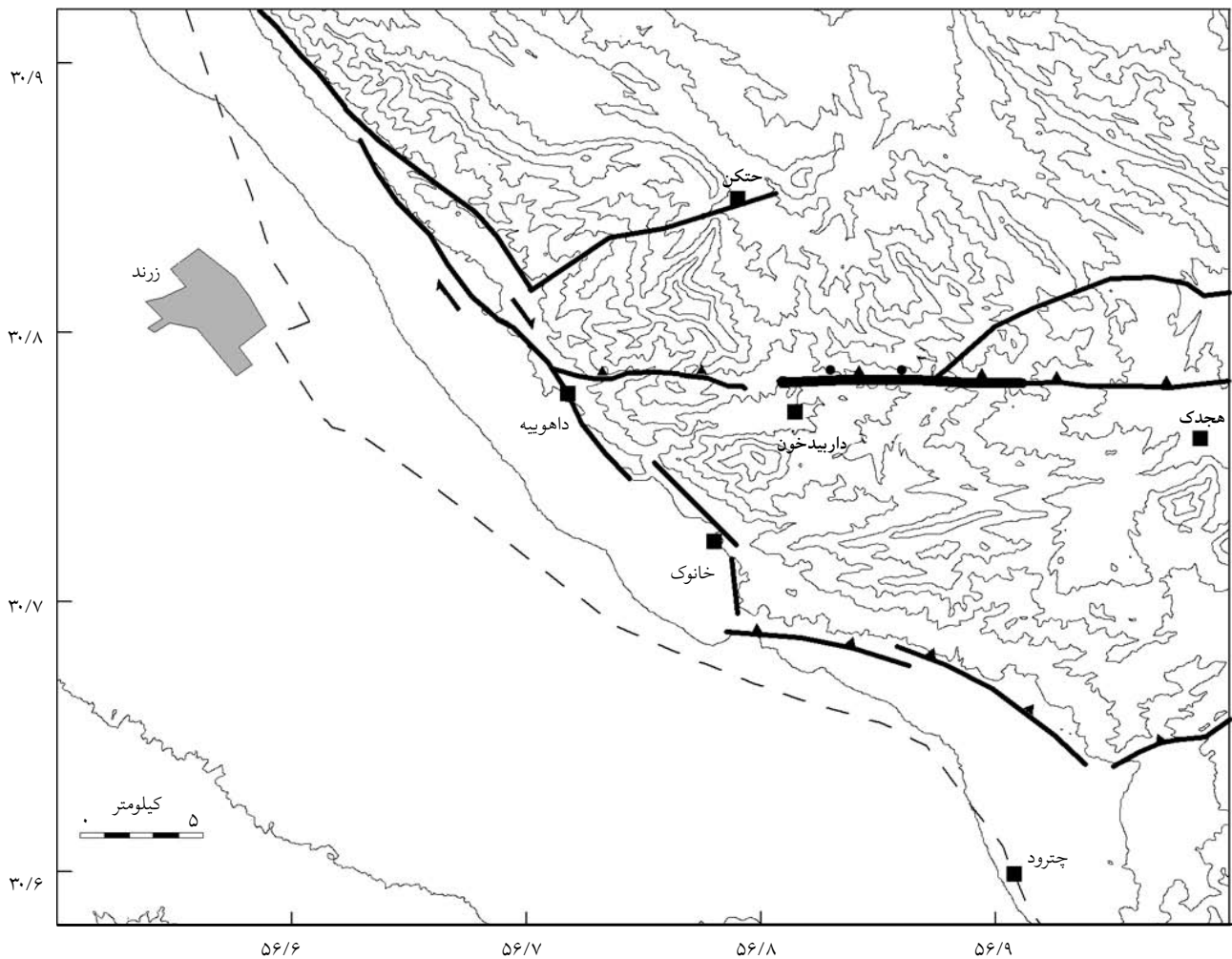
از آنجاکه در هیچ یک از مقاطع مشاهده شده در طول پهنه دگرشکلی، گسلش در سطح زمین رخنمون نیافته، باید توضیحی برای تشکیل ساختارهای فشاری وجود داشته باشد.

روی داده در منطقه بیانگر آن است که این همگرایی در شرق ایران عمدتاً بر روی گسلهای معکوس و امتدادلغز راستگرد مستهلک می‌شود (شکل ۱).



شکل (۱): گسلهای اصلی و حل ساز و کار کانونی تعدادی از زمین لرزه‌های روی داده در شرق ایران [۱]

گسل کوهبنان بخشی از یک سامانه گسلی امتدادلغز ناپیوسته (گسلهای کوهبنان، گوک و بم) را تشکیل می‌دهد که به صورت پلکانی چپ دست آرایش یافته‌اند (شکل ۱). وقوع زمین لرزه‌های مکرر در طول تاریخ بر جنبایی این گسل دلالت دارد. بخشهای مختلف گسل کوهبنان در زمین لرزه‌های ۱۹۳۳ و ۱۹۷۷ میلادی با گسلش امتدادلغز راستگرد در سطح زمین همراه گردید [۲]. با وجود این، وقوع زمین لرزه ۱۹۸۴ گیسک که بر روی انتها الیه جنوب شرقی پهنه گسلی کوهبنان و در امتداد یکی از انشعابات شرقی- غربی این پهنه گسلی روی داد بر گسلش معکوس دلالت دارد. زمین لرزه داهوییه نیز در نتیجه فعالیت یکی دیگر از انشعابات شرقی- غربی پهنه گسل کوهبنان روی داده است.



شکل (۲): موقعیت گسل کوهبنان و انشعابات جنوب شرقی آن بر روی نقشه توپوگرافی منطقه. خط ضخیم موقعیت شکستگی ناشی از زمین‌لرزه داهوییه را نشان می‌دهد.

تاقدیس مزبور نشانه وجود جابه‌جایی در عمق بر روی یک گسل تراستی با شیب به سمت شمال است. ارتفاع این تاقدیس در محل خط‌الرأس حداکثر به حدود ۷۰ سانتیمتر می‌رسد. دو نمای مختلف از تاقدیس ایجاد شده بر اثر زمین‌لرزه در طول مقاطع مختلف پهنه تغییر شکل در تصویر (۱) نشان داده شده است. اگرچه امتداد عمومی محور تاقدیس به سمت $N86^{\circ}E$ تمایل دارد، ولی در بعضی از مقاطع امتداد محور چین از شکل توپوگرافی تبعیت می‌کند که این موضوع می‌تواند بیانگر شیب بسیار کمتر در نزدیک سطح زمین باشد.

کوتاه‌شدگی ناشی از چین‌خوردگی به جابه‌جایی بر روی تراست محدود نگردیده، بلکه آثار آن در منطقه‌ای وسیع‌تر به

در نگاه اول ساختارهای فشاری به ساختمانهای شناخته‌شده‌ای نظیر پشته‌های فشاری (Pressure Ridge) و یا مول‌ترک (Mole Track) شباهت دارند که معمولاً در طول گسل‌های امتدادلغز تشکیل می‌گردند؛ ولی از آنجا که اندازه‌گیری نقاط سطحی در طرفین این ساختارها حاکی از جابه‌جایی نسبی قائم در دو سمت آنها می‌باشد، نمی‌توان از این ساختارها به عنوان پشته‌های فشاری و یا مول‌ترک تعبیر نمود؛ بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که ساختارهای فشاری بر اثر چین‌خوردگی ایجاد گردیده‌اند. ساختارهای فشاری در طول پهنه دگرشکلی در واقع محل خط‌الرأس یک تاقدیس نامتقارن را مشخص می‌نمایند که تمایل آن به سوی جنوب است. عدم تقارن



نگاه به سمت غرب



نگاه به سمت شمال

تصویر(۱): دو نمای مختلف از چین خوردگی در رسوبات سطحی ناشی از گسلش تراستی در عمق

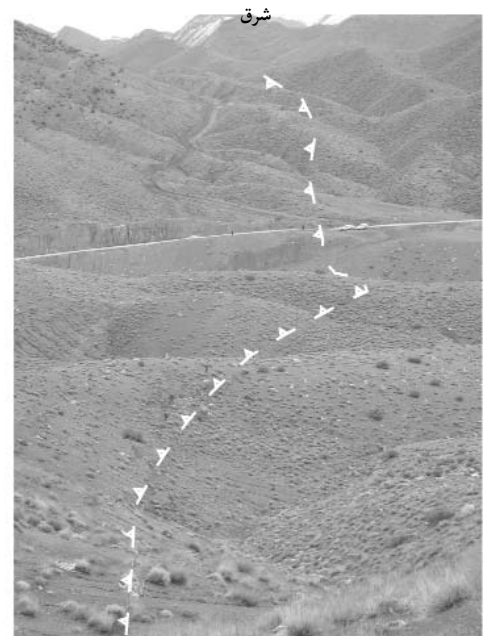
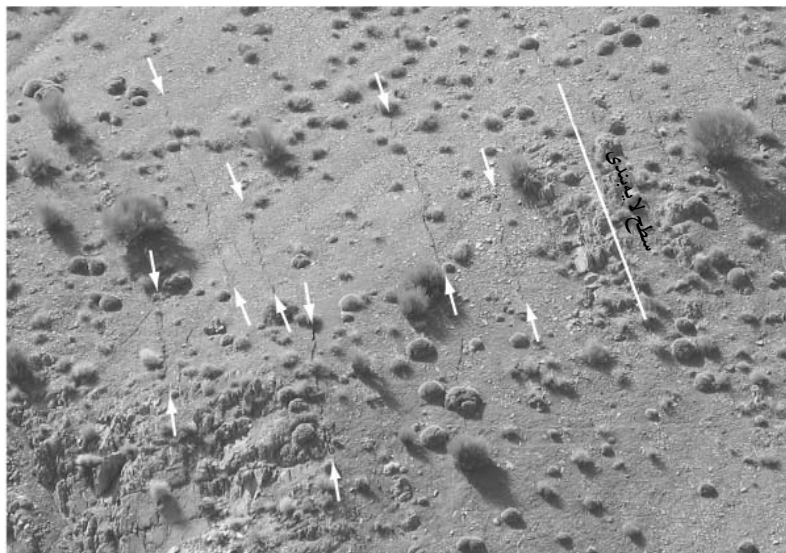
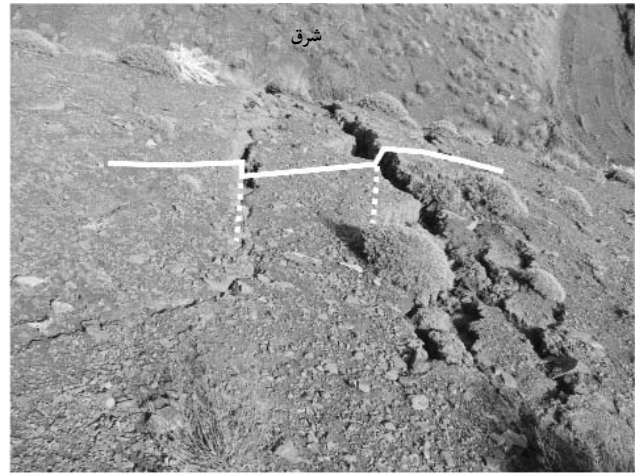
کرده و جابه‌جایی در بین سطوح لایه‌بندی ادامه می‌یابد. در این موارد شیب گسل نزدیک به قائم بوده و حتی به صورت برگشته در سطح زمین رخنمون می‌یابد. این امر باعث می‌شود گسل تراستی در نزدیکی سطح زمین به صورت گسل عادی به نظر آید. لغزش سطوح لایه‌بندی به صورت شکستگی‌های کششی و ساختار گرابن به نظر می‌رسد (تصویر ۳).

مجموعه این مشاهدات در قالب یک مدل ساختاری در تصویر (۴) نشان داده شده است. این مدل مبین آن است که تغییرشکلهای سطحی ناشی از زمین‌لرزه داهوییه از حرکت یک گسل معکوس با شیب به سمت شمال ایجاد شده که کاملاً به سطح زمین نرسیده، بنابراین جابه‌جاییهای اندازه‌گیری شده در سطح به هیچ وجه گویای میزان لغزش در عمق نمی‌باشد.

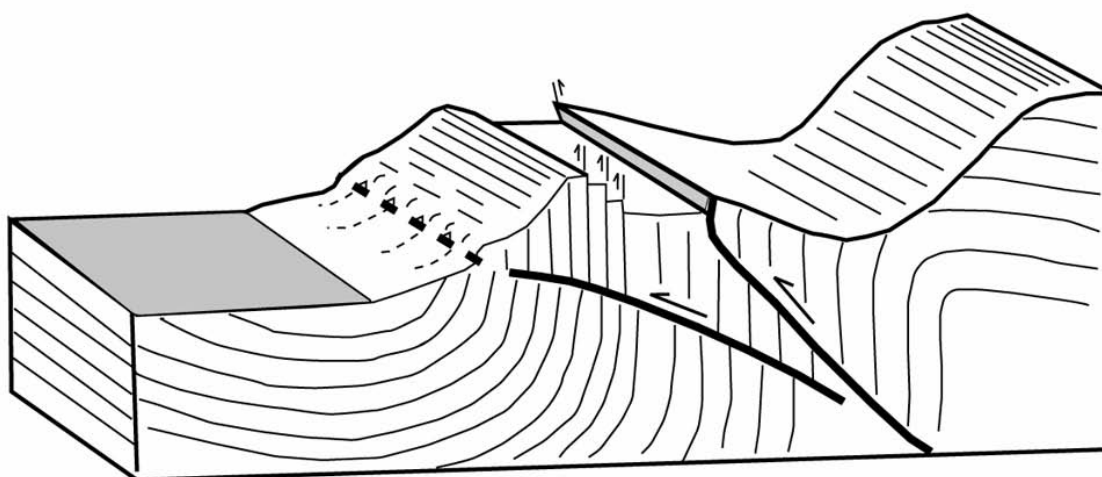
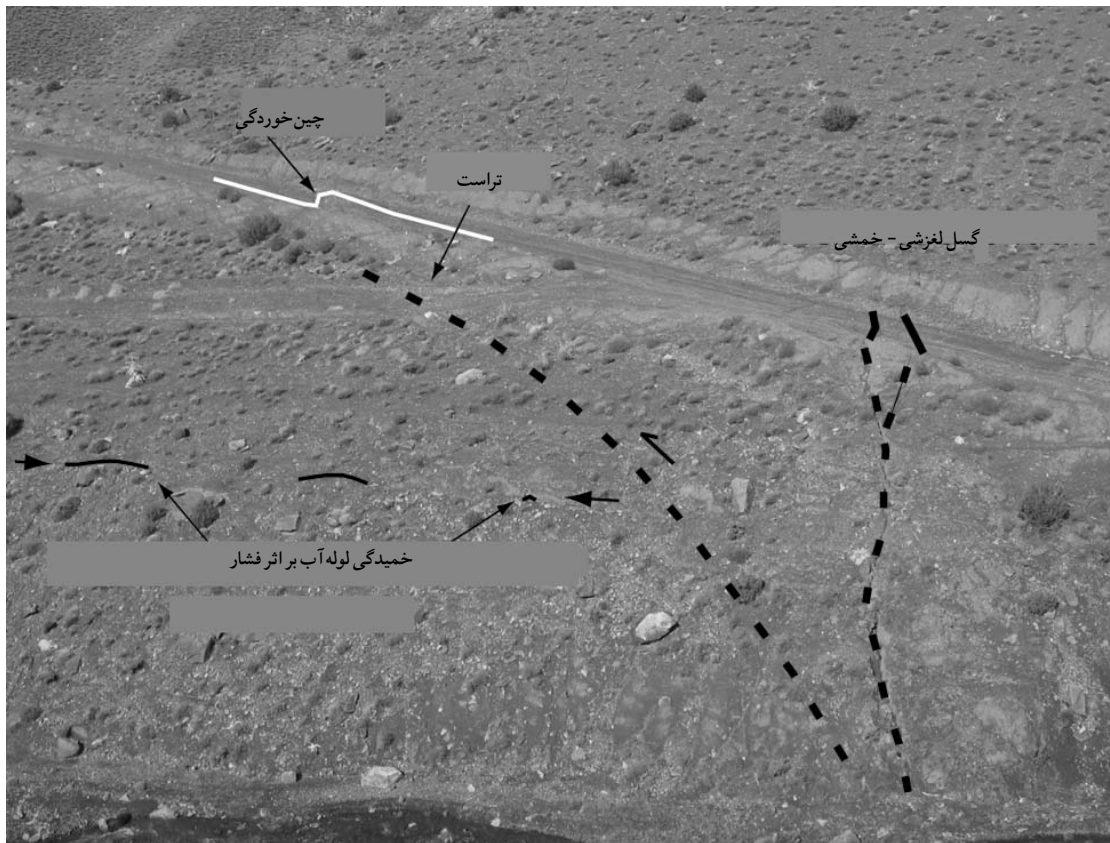
چشم می‌خورد. لوله انتقال آب که عمود بر محور تاقدیس از آن عبور می‌کند بر اثر فشردگی تشکیل سه خمیدگی (پشته) متوالی در مسافتی به طول حدود ۲۰ متر را می‌دهد. از آنجا که بخش بزرگی از طول لوله آب از یال جنوبی تاقدیس عبور می‌کند می‌توان نتیجه گرفت که طول موج چین به حداقل ۴۰-۵۰ متر می‌رسد (تصویر ۲). تشکیل شکستگی‌های ناشی از لغزش سطوح لایه‌بندی در شمال گسل تراستی بارزترین ساختار مشاهده شده ناشی از زمین‌لرزه داهوییه می‌باشد (تصویر ۳). این شکستگی‌ها اصولاً بر اثر چین خوردن و در نتیجه لغزش در امتداد لایه‌های سختی که طول آنها بر اثر چین خوردن ثابت مانده، ایجاد می‌گردند. با این وصف، با نزدیک شدن گسل تراستی به لایه‌های پرشیب در نزدیک سطح زمین، شیب گسل از شیب لایه‌بندی تبعیت



تصویر (۲): سه خمیدگی در طول لوله انتقال آب در محل فشردگی ناشی از چین خوردگی (نگاه به سوی جنوب غرب)



تصویر (۳): چند نمای مختلف از تظاهرات سطحی ناشی از لغزش سطوح لایه بندی



تصویر (۴): مدل ساختاری که ارتباط بین تغییرشکل‌های سطحی و گسلش در عمق را در طی زمین‌لرزه داهوییه نشان می‌دهد (نگاه به سوی غرب).

۶- نتیجه‌گیری

زمین‌لرزه منحصر به فرد نبوده، بلکه مبین آن است که در بسیاری از موارد (بویژه در مورد زمین‌لرزه‌های کوچکتر از $M=6.5$) نمی‌توان تنها با استفاده از تغییرشکل‌های سطح زمین پارامترهای چشمه زمین‌لرزه را تعیین نمود. با این وصف، حتی در چنین مواردی شواهد سطحی می‌تواند تأییدی بر سازوکار

تغییر شکل‌های سطحی ناشی از زمین‌لرزه ۱۳۸۳ داهوییه، تغییر شکل‌های مشابه ایجاد شده در طی زمین‌لرزه ۱۹۸۰ الا صنم در الجزایر [۳] و زمین‌لرزه سفیدابه [۴] را به یاد می‌آورد. به عبارت دیگر، زمین‌لرزه داهوییه از نگاه لرزه‌زمین‌ساختی یک

۷- مراجع

1. Hessami, KH., Tabassi, M.R., Okumura, K., Abbassi, M.R., Azuma, T. (2005). Surface deformation and the fault responsible for the December 26, 2003 earthquake at Bam, Iran. *Earthquake Spectra*, in Press.
2. Ambraseys, N. N, Melville, C.P. (1982). *A history of Persian earthquakes*. Cambridge university press, Cambridge.
3. Philip, H. Meghraoui, M. (1983). Structural analysis and interpretation of the surface deformations of the El Asnam earthquake of. October 10, 1980. *Tectonics*, 2, 17-49.
4. Berberian, M., Jackson, J. A., Qorashi, M., Talebian, M., Khatib, M., Priestley, K. (2000). The 1994 Sefidabeh earthquakes in Eastern Iran: blind thrusting and bedding-plane slip on a growing anticline, and active tectonics of the Sistan suture zone. *Geophys.J.Int.*, 142, 283-299. ◀