



اشاره

زمین پویاست و در تعریف نظم جهان وجود این پویایی منطقی است. این چنین پویایی نیاز به تبادل و توازن تدریجی انرژی دارد که بروز زمین لرزه از جمله پیامدهای آن است. بنابراین، پدیده زمین لرزه خود نعمتی است که به نوعی، تخلیه انرژی زائد زمین را در پی دارد. درحقیقت، آنچه زمین لرزه را پدیده‌ای شوم و ویرانگر می‌نمایاند، تخریب سازه‌ها و کشتار ناشی از آن است که چنین آثاری به عملکرد نادرست و اجرای غیرفنی در ساخت و ساز باز می‌گردند.

بنابراین در نگاهی ریشه‌ای، دومی بایم که سرشت پدیده زمین لرزه نیاز به مقابله ندارد، بلکه نیاز اساسی برای کاهش خسارت‌های جانی و مالی، ارتقای فرهنگ ساخت و ساز و همچنین آگاهی هرچه بیشتر از پدیده زمین لرزه از دیدگاه زمین شناسی و لرزه شناسی است که البته هر دو در نگاهی کلان معنا می‌یابند. ارتقای فرهنگ ساخت و ساز نیازمند انتقال صحیح فناوری و همچنین آموزش چگونگی اجرای فنی ساخت و برپایی سازه‌هاست. آشکار است که چنین فعالیت‌هایی می‌باید، از طرح‌های کوچک (ساخت و ساز بناهای روستایی) تا پروژه‌های کلان (برپایی سدها و نیروگاه‌ها) را در برگیرند. از سوی دیگر، تلاش برای درک بهتر از پدیده زمین لرزه، نقشی ویژه در برنامه‌ریزی کاهش مخاطرات لرزه‌ای برای کلان شهرها و مناطق روستایی دارد.

چنین فعالیت‌هایی که طیف گسترده‌ای را نیز دارند، از جمله مسؤلیت‌های مهم سازمان زمین شناسی هستند. دستاورد این گونه پژوهش‌ها، تعریف دقیق تری از الگوی رفتاری زمین در هنگام زمین لرزه و همچنین شناخت بهتری از مدل مخاطرات لرزه‌ای یک منطقه را به دست می‌دهد. نتیجه آن‌ها نیز در قالب نقشه‌ها و گزارش‌های کاربردی، در اختیار مراکز تحقیقاتی قرار می‌گیرد.

بنابراین برای افزایش توان اطلاعاتی و آگاهی در خصوص پدیده زمین لرزه، نیاز است، با کاربری و توسعه روش‌های جدید و همچنین کاربری از فناوری نوین، مکان‌هایی را با بیشترین احتمال بروز زلزله

نگاهی گذرا بر

رویداد

زمین لرزه اول

تیرماه ۱۳۸۱

جنوب قزوین

(زلزله چنگوره)

آوج

مهندس بهنام اویسی



شناسایی و جدا نماید. با تأکید بر این نکته که این گونه تحلیل‌ها نیازمند حجم بسیار بالای محاسبات و تفسیرهای دقیق اطلاعات کمی و کیفی صحرایی است. این پژوهش‌ها باعث می‌شوند که بتوان نوع زمین لرزه را شناسایی و براساس آن، اثر زلزله‌های آتی بر منطقه را پیش‌بینی کرد و از خسارات جانی و مالی کاست.

بر این اساس، می‌توان فعالیت سازمان زمین‌شناسی را درخصوص بررسی مخاطرات زمین لرزه، به شکل حلقه‌ای دانست که الگوی ساخت وسازها را با الگوی پیچیده رفتار زمین در برابر زلزله پیوند می‌دهد. بر چنین حلقه‌های پیونددهنده‌ای (بررسی‌های لرزه زمین‌ساختی) بارها و بارها در محافل علمی دنیا تعریف و تأکید شده است.



شکل ۱- الگوی تخریب در روستای چنگوره (زون هم شدت IX زمین‌شناسی در مقیاس MSK).

زمین لرزه چنگوره آوج

۱. مشخصات کلی رخداد

بزرگا: ۶/۵ در مقیاس بزرگای گشتاوری

منطقه: غرب ایران، شمال خاوری همدان، آزیموت ۱۷ درجه از مرکز همدان، جنوب باختر قزوین، آزیموت ۶۴ درجه از مرکز قزوین. فاصله از شهرهای بزرگ پیرامون:

۱۰۵ کیلومتری شمال خاوری همدان (آزیموت ۱۷ درجه)

۱۱۵ کیلومتری جنوب باختری قزوین، ۱۱۷ کیلومتری جنوب،

جنوب خاوری زنجان

۲۲۵ کیلومتری غرب تهران (آزیموت ۸۷ تا ۱۰۵ درجه)

زمان رخداد: ۱ تیرماه ۱۳۸۱، ساعت ۰۷/۲۸ به وقت محلی برابر

با ۲۲ ژوئن ۲۰۰۲ ساعت 02:58:21 UTC

ژرفا: ۵ تا ۱۰ کیلومتر (مأخذ: سازمان زمین‌شناسی آمریکا)

مختصات مرکز بیرونی: ۳۵/۶۷ درجه شمالی و ۴۸/۹۳ درجه شرقی

(مأخذ: مرکز بین‌المللی اطلاعات زمین لرزه)

مختصات مرکز مه لرزه: ۳۵/۸۳ درجه شمالی و ۴۸/۹۸ درجه شرقی (مأخذ: سازمان زمین‌شناسی - گروه لرزه زمین‌ساخت).

خسارت جانی: بیش از ۲۶۰ کشته، بیش از ۱۶۰۰ زخمی و نزدیک به ۲۵ هزار نفر بی‌خانمان.

۲. ویژگی مه لرزه‌ای و پاره‌ای اثرات زمین لرزه بر سطح

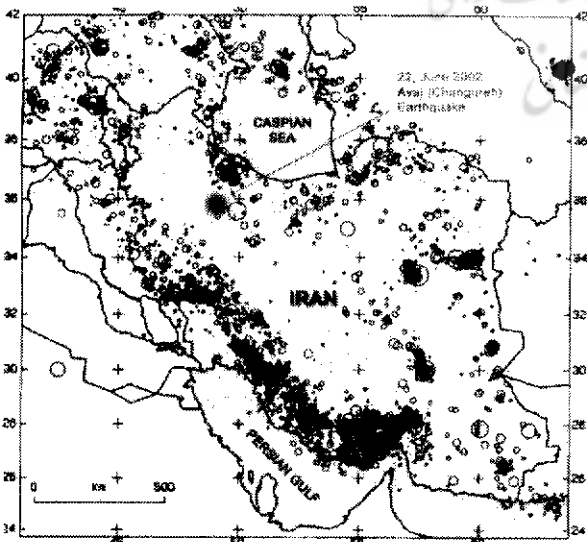
زمین لرزه‌ها را دست کم بر پایه دو ویژگی کلی می‌توان از یکدیگر جدا کرد:

الف) بزرگی یا مقدار انرژی آزاد شده

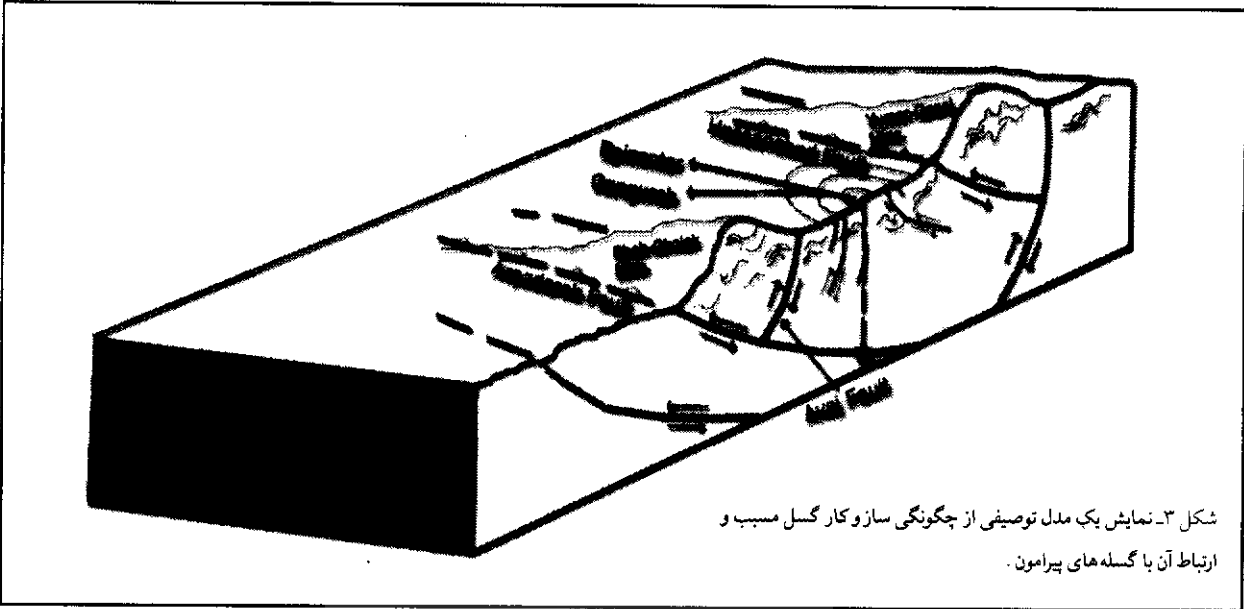
ب) ژرفای مرکز زلزله از سطح زمین (کانون درونی).

زمین لرزه اول تیرماه ۱۳۸۱ در گستره جنوبی استان قزوین (معروف به زمین لرزه چنگوره آوج) رخدادی با بزرگای گشتاوری ۶/۵ بود. مقدار انرژی آزاد شده در مرکز ژرفایی (عمق ۸-۶ کیلومتری) برای این زلزله به مراتب از انفجار بمب اتمی هیروشیما بیش تر بود. برآوردهای انجام شده در سازمان زمین‌شناسی نشان می‌دهند که ژرفای کانون درونی زلزله، عمق ۴ تا ۶ کیلومتر داشته است. چنین برآوردهایی بر پایه تحلیل‌های مه لرزه‌ای انجام می‌پذیرند. بنابراین می‌توان این رخداد را در گروه زمین لرزه‌های کم ژرفا جای داد.

بررسی‌ها نشان می‌دهند که ژرفای کم و هندسه انتشار انرژی برای زمین لرزه چنگوره آوج به گونه‌ای بود که حوضه خسارت‌های شدید در منطقه گسترش چندانی نیافت. از سوی دیگر، منطقه‌ای که عبور امواج به گونه‌ای ضعیف در آن احساس شده است، گسترش قابل توجهی دارد. این ویژگی به هندسه گسله‌ها و ویژگی لرزه‌زایی منطقه وابسته است که بررسی و شناخت



شکل ۲- الگوی پراکندگی مراکز رخدادهای زمین‌لرزه در کشور و نمایش جایگاه مکانی زمین‌لرزه چنگوره آوج.



شکل ۳- نمایش یک مدل توصیفی از چگونگی سازو کار گسل مسبب و ارتباط آن با گسله های پیرامون.

مرکز دستگاهی و مه لرزه ای نزدیک به ۱۴/۵ کیلومتر و بر آزیموت ۲۳ درجه واقع است. بر پایه گواه های به دست آمده و تحلیل ساختاری منطقه، به نظر می رسد جایگاه دقیق مرکز دستگاهی کمی متمایل به شمال-شمال خاور (در امتداد آزیموت ۲۳ درجه) باشد. از سوی دیگر، دانشگاه هاروارد مختصات دستگاهی مرکز رخداد را در فاصله ۱ کیلومتر جنوب مرکز مه لرزه گزارش کرده است که بر پایه پژوهش های صحرایی انجام شده، این مختصات در مقایسه با گزارش NEIC دقت بالاتری دارد.

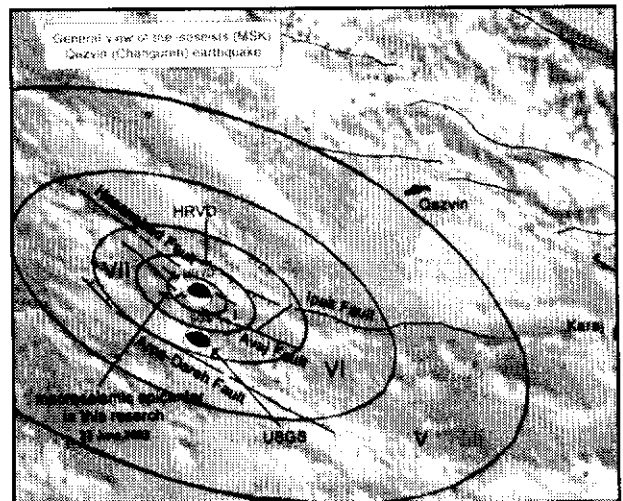
جایگاه رخداد زمین لرزه آوج در زون برشی آبگرم جای دارد. این زون برشی منطقه ای، میانجی دو زون ایران مرکزی و زون سنندج-سیرجان است. سیستم گسل ها در گستره زلزله زده و مناطق پیرامون آن در بردارنده دسته گسله های فشارشی و در پاره ای موارد نیز گسله های کششی است. در پاره ای ساختمان های چین خورده، اثر خوابیدگی سطح محوری^۳ به خوبی قابل ردیابی است. میانگین آزیموت جهت خوابیدگی نزدیک به ۲۳۰-۲۱۰



شکل ۴- تخریب منازل و خسارت ناشی از آن (روستای چنگوره)

آن در راستای پیش بینی اثر زمین لرزه های آتی بر منطقه، از اهمیت زیادی برخوردار است. از جمله نیازهای اساسی برای پیش بینی رفتار زمین در زمین لرزه های آتی (به عنوان مثال در منطقه تهران)، محاسبه جهت اثر نیروهاست که به کمک بررسی زمین لرزه هایی که در منطقه روی می دهند، این مهم امکان پذیر می شود. بنابراین نیاز است تا با بررسی دقیق رخداد زمین لرزه چنگوره آوج، قطعیت مدل هندسه ای نیروهای مؤثر بر منطقه افزایش یابد که سازمان زمین شناسی در این خصوص فعال است. رویداد این زمین لرزه با آثاری چشمگیر از فروپاشی سازه های تیپ D و C همراه بوده است (تیپ D به سازه هایی اشاره دارد که مصالح ضعیف از جمله خشت خام و ملات دارند و از دیدگاه استاندارد اجرای آن ها در سطح پائین است و در جهت افقی ناپایدارند. تیپ C نیز سازه هایی هستند که دارای مصالح پیوند دهنده و مهارت معمولی در اجرا هستند و هر چند نقاط ضعف شدیدی ندارند ولی مصالح به کار رفته در سازه مسلح نشده و برای مقابله با نیروهای افقی نیز طراحی نشده اند (ح. معماریان).

هر چند تراکم قابل توجه روستاها در منطقه زلزله زده خود عاملی کارساز در افزایش خسارت ها بوده، ولی زمان وقوع رخداد (ساعت ۰۷/۲۸ صبح) کاهش تلفات جانی را باعث شده است. بررسی های اولیه نشان می دهند که سبک رخداد زمین لرزه چنگوره با رخداد زلزله اول سپتامبر ۱۹۶۲ بوئین زهرا شباهت هایی دارد. مختصات مرکز مه لرزه رخداد زمین لرزه چنگوره آوج (۳۵/۸۳ درجه شمالی و ۴۸/۹۸ درجه شرقی) در پهنه هم لرز ۹ مقیاس MSK جای دارد (در تفسیر شدت زمین لرزه ها از مقیاس های تعریف شده ای همانند مقیاس مرکالی، MSK و یا EMS-98 استفاده می شود). مختصات مرکز دستگاهی گزارش شده از سوی مرکز بین المللی اطلاعات زمین لرزه برابر با ۳۵/۶۷ درجه شمالی و ۴۸/۹۳ درجه خاوری است. فاصله دو



شکل ۵- نمایش الگوی منحنی های هم شتاب برای رخداد

گسله‌ها از دیدگاه لرزه‌زایی از گسله‌های طولی ضعیف‌ترند و تنها در شرایطی که نقش برش‌های کوتاه^۴ را در بین گسله‌های طولی داشته باشند، ارزش لرزه‌زمین‌ساختی دارند. در چنین شرایطی، این نوع گسله‌ها در تغییر ناگهانی مسیر انتشار انرژی و تغییر الگوی تخریب منطقه‌ای (ایجاد پهنه‌های ایزوله شده هم‌شدت) کارساز هستند. گسله‌های عرضی انواع ساختارها را با راستای گوناگون قطع می‌کنند. این گسله‌ها جهت‌گیری‌های متفاوت و جابه‌جایی‌های گوناگون دارند.

بررسی‌های اولیه نشان می‌دهند که زون بیشینه تخریب دو نوع سازوکار حرکتی در منطقه شکستگی‌های سطحی دارد. این دو سازوکار جابه‌جایی عمودی راستگرد (N50-60W) و آثاری از حرکت‌های عمودی چپ‌گرد (N75-85E) را دربر دارد. بلندی‌های شاه‌قلک در جنوب گستره زلزله‌زده از دیدگاه ریختاری و ساختاری ساختمان بلند^۵ دارند. ریختار ساختمان‌های چین‌خورده - گسلیده به همراه دیگر ویژگی‌های ساختاری منطقه، تیپ مناطق خردشده^۱ را، با نوزمین‌ساخت پویا تداعی می‌کند.

۳. اثر روانگرایی^{۱۱}، گسیختگی و نشست زمین^{۱۲}

ارتعاشات ناشی از رخداد زمین‌لرزه عاملی در ایجاد پدیده روانگرایی در منطقه خاوری روستای حسن‌آباد و در کرانه رودخانه خوررود بوده است. این پدیده با فرایند نشست‌های کلی و ناپیکنواخت^{۱۳} همراه شده است. از جمله می‌توان به آثار افت ثقلی ناشی از خروج حجم قابل توجهی ماسه و آب اشاره کرد که با سیستمی از شکستگی‌های آشکار در زمین همراه شده‌اند. کوتاه‌ترین فاصله مه‌لرزه رخداد تا بخش‌های درگیر با پدیده روانگرایی، ۷ کیلومتر است. چنین بخش‌هایی که بیش‌ترین آثار را از گسترش فشار هیدرواستاتیکی در رسوبات ماسه‌ای نامتراکم نشان می‌دهند، در پهنه هم‌شدت (MSK) IX قرار دارند. راستای گسترش پدیده روانگرایی شمال‌باختر - جنوب‌خاور است و گسترش سیستمی از شکستگی‌های سطحی با امتداد

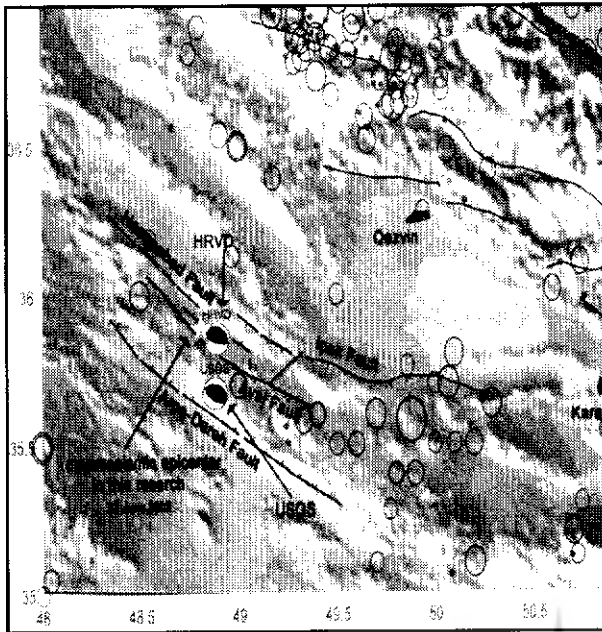
درجه است که وضعیت آن با میدان تنش منطقه‌ای همخوانی دارد. زون برشی آبگرم دارای پتانسیل لرزه‌خیزی بالا و ساختمان‌های کوتاه شده (چین‌خورده - رانده) با طول موج و اندازه لغزش متفاوت است. انتظار می‌رود بسیاری از گسله‌های بزرگ منطقه دارای نرخ لغزش متوسط و دوره بازگشت طولانی، مربوط به زمین‌لرزه‌های بزرگ باشند. پاره‌ای بخش‌ها از سیستم پیچیده گسله‌های شناسایی شده به وسیله نهشته‌های جوان پوشیده و گاه این نهشته‌ها به وسیله گسله‌ها بریده شده‌اند. همچنین پاره‌ای از پرتگاه‌های پی‌سنگی^۲ در سطح دارای ریختار ملایم هستند که به نوعی به فرایند فعال نهشته‌گذاری در منطقه اشاره دارند. نرخ کوتاه‌شدگی‌ها در منطقه، بر پایه آخرین محاسبات انجام شده معادل ۳ سانتی‌متر در سال است.^۵

سیستم گسله‌های منطقه را می‌توان بر پایه موقعیت صفحه گسل نسبت به امتداد ساختمان‌های چین‌خورده و همچنین تداوم اثر شکستگی در سطح، به دو گروه کلی جدا کرد. اولین گروه دربردارنده گسله‌های بزرگ طولی^۴ است. گسل حسن‌آباد از جمله بلندترین خطواره‌های گسلی در شمال منطقه زلزله‌زده است که راستای شمال‌باختر - جنوب‌خاور و سازوکار رانندگی با مؤلفه‌ای از لغزش امتدادی دارد. جایگاه رخداد زمین‌لرزه ۱۳۴۱ بوئین‌زهر با بزرگای Ms=7.4 در جنوب استان قزوین (اول سپتامبر ۱۹۶۲)؛ در ادامه بخش خاوری این گسل قرار دارد (گسل ایپک).

از سوی دیگر، گسل آوج بزرگ‌ترین گسل طولی در بخش جنوب مرکزی منطقه زلزله‌زده به حساب می‌آید. این گسل از دیدگاه کینماتیکی (تغییرشکل‌های حاصل از نیروهای زمین‌ساختی) اهمیت ویژه‌ای دارد. گسل آرپاده نیز از دیگر گسل‌های طولی مهم منطقه به شمار می‌آید. دومین دسته گسله‌ها دربردارنده شکستگی‌های عرضی^۷ است. این



شکل ۶- نمایش الگوی تخریب در برج‌های معروف قراقان (زون هم‌شدت IX).



شکل ۷ - نمایش مراکز کانونی زمین لرزه ها در مناطق پیرامون گستره زلزله زده چنگوره

تحلیل مقدماتی سیستم گسیختگی ها در سطح پژوهش های اولیه نشان می دهند که برای زمین لرزه چنگوره آوج

(بدون آثار خروج ماسه) در زون روانگرا ردیابی شده است. اثر جابه جایی چپگرد را می توان به آسانی در این شکستگی ها دنبال کرد. لازم به یادآوری است که چنین شکستگی هایی آثار گسلش در سطح نیستند.

میانگین جابه جایی عمودی در بلوک های گسسته شده پیرامون ۱۶ سانتی متر است. بیشینه جابه جایی افقی با اثر مؤلفه چپگرد نیز در پیرامون بخش مرکزی زون گسیختگی ها ردیابی شده که برابر با ۶ سانتی متر است. بررسی های اولیه نشان می دهند که سیستم شکستگی های سطحی با آثار جابه جایی افقی چپگرد، می تواند نتیجه مستقیم پدیده روانگرایی و یا سیستمی از گسیختگی های همدرد نیز باشد. ویژگی مهم شناسایی شده در این شکستگی ها، تمایل بلوک های گسسته به جابه جایی قائم است که به نوعی اثر بر پایش تدریجی منطقه و گرایش تدریجی مسیر رودخانه خوررود به سوی شمال را القا می کند.

بنابراین در صورت قبول این مدل می باید انتظار داشت که نهشته های دور از منشأ^{۱۴} واحد مارنی میوسن، رسوبات بستر قدیمی رودخانه خوررود را در محل گسترش فرایند روانگرایی پوشانده باشند. بنابراین ماسه های خارج شده در طول پدیده روانگرایی، می توانند رسوبات بستر قدیمی رودخانه خوررود باشند.



شکل ۸ - لغزش زمین ناشی از عبور امواج زمینلرزه و بارگذاری دوره ای در منطقه.

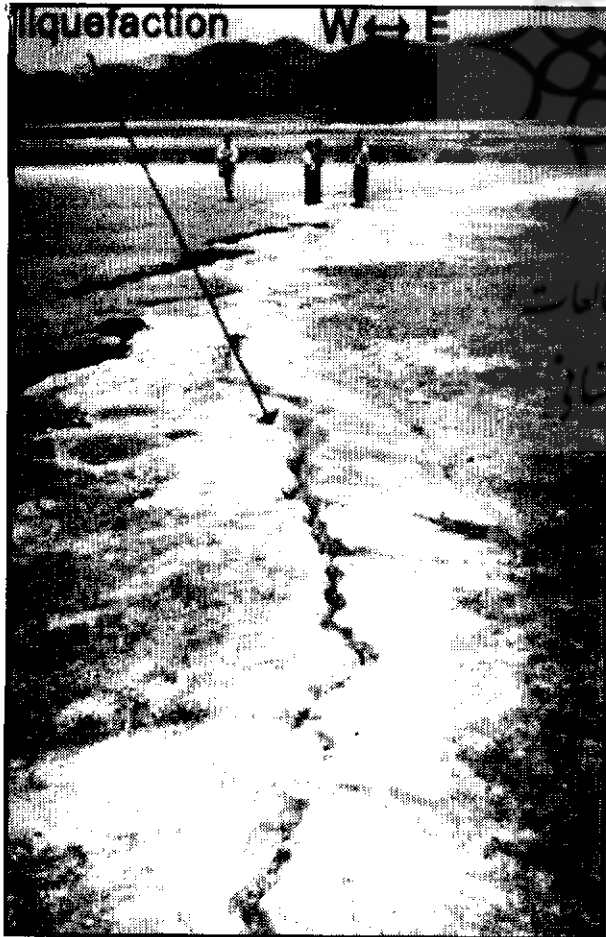


فاصله های دور از این شهرها و همچنین اثر آنها بر سازه های بلند و برج ها بررسی شود.

از سوی دیگر، زمین لرزه چنگوره آوج نشان داد که در تجدیدنظر برای الگوی ساخت و ساز روستایی نیازی اساسی وجود دارد. درحقیقت، بافت سازه های روستایی در کشور با توان بالای لرزه خیزی منطقه به شدت ناهمخوان است.

زیرنویس

- | | |
|--|-----------------|
| 1. macroseismal | 2. shear |
| 3. vergence | 4. litho-scarps |
| 5. Jackson 1992 | 6. longitudinal |
| 7. transversal | 8. short cuts |
| 9. upland | 10. crushed |
| 11. liquefaction | 12. settlement |
| 13. total and differential settlements | 14. proximal |
| 15. warp | |



(فزونین)، گواه های کافی دال بر وجود گسلش زمین لرزه ای در سطح موجود نیست. میتوان انتظار داشت که گسیختگی های سطحی پیرامون روستاهای چنگوره، آبدره، حسین آباد و حسن آباد به نوعی نتیجه ای از اثر گسیختگی اصلی در ژرفای کم هستند. گسیختگی های ردیابی شده در بخش باختری روستای آبدره، نمایی آشکار از اثر تاب برداشتن^{۱۵} و ایجاد شکستگی های کششی و فشارشی در پاره ای نقاط هستند. در این زون شکستگی آثار جابه جایی افقی با سازوکار چیره راستگرد شناسایی شده است. گسیختگی های پیرامون روستاهای آبدره و چنگوره با امتداد پادگانه ای کوتاه تر و گسل آوج همراستا هستند (N45W).

بررسی های انجام شده بر سطوح پادگانه ای کوتاه تر به وجود سیستمی از گسله های جوان در منطقه اشاره دارند. بیشینه جابه جایی افقی و عمودی در حدفاصل روستاهای آبدره و چنگوره به ترتیب پیرامون ۳ و ۵ سانتی متر است. همچنین بیشینه بازشدگی حاصل از شکستگی های تداوم دارکششی در زون اشاره شده ۶ سانتی متر و برای بازشدگی های پیرامون بند خاکی آبدره بالغ بر ۱۳ سانتیمتر است. لازم است اشاره شود که در بخش خاوری روستای چنگوره، آثار لغزش (از نوع slump) مشاهده می شود که بازشدگی و ژرفای شکاف های ایجاد شده پیرامون ۱/۷ و ۲/۵ متر است. دیگر زون گسیختگی در بخش خاوری روستای حسن آباد در زون روانگرایی قرار دارد. همان گونه که پیش تر نیز اشاره شد، بیش ترین آثار جابه جایی های افقی و عمودی در این منطقه شناسایی شده اند.

در مجموع، بررسی های انجام شده نشان می دهند که سیستم گسیختگی های ردیابی شده در گستره زلزله زده، نه تنها نتیجه اثر ارتعاشات حاصل از رخداد اصلی، بلکه نتیجه تغییر شکل تکتونیکی زمین است. این تغییر شکل ها می باید در شکل فرایش تدریجی و کاهش طول موج چین خوردگی های جوان پیرامون گسل مسبب زلزله باشند. یادآوری می شود که گف و گو در زمینه گسله مسبب زمین لرزه و اثرات آن در روی زمین، به بررسی های صحرائی و دفتری بیش تری نیاز دارد.

درس هایی که از این زلزله می توان آموخت

ویژگی این زمین لرزه طوری است که گسترش قابل توجه انرژی به جوانب مرکز بیرونی زلزله را در پی داشته است. با توجه به حساسیت سازه های بلند (برج ها) در شهرهای بزرگ، پیرامون پاره ای تکان های خفیف ولی طولانی مدت، این امکان وجود دارد که رخدادی بزرگ در فاصله ای دور ولی با ویژگی های مشابه زلزله اخیر، خسارت های قابل توجهی را در این سازه ها ایجاد کند.

بنابراین نیاز است، در بررسی مخاطرات لرزه ای برای گستره تهران و یا دیگر نقاط پرجمعیت، تنها به وجود زمین لرزه های مخرب در حوالی کلان شهرها نپرداخت، بلکه باید امکان بروز رخداد های مخرب در