

خطرات زمین لرزه در شهرها (مطالعه موردی در تهران و کالیفرنیا)

زهرا محمدی اصل^{۱*} و سعید منتظرالقائم^۲

^۱ کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال؛ سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، تهران، ایران
^۲ کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه امیرکبیر؛ سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۵

چکیده

گسل‌های فعالی که شهر تهران روی آنها گسترش یافته است باید در تهیه طرح‌های شهرسازی مورد توجه قرار گیرند. دقت کم نقشه‌های گسلی شهر تهران از یک سو و کامل نبودن و نبود مستندات فنی ضوابط موجود که اجرای آن را دچار مشکل می‌کند، از سوی دیگر سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران را به تدقیق نقشه پهنه‌های گسلی شهر و همزمان تهیه ضوابط ساخت ساختمان در پهنه‌های گسلی واداشت. به این منظور "مقررات پهنه‌بندی گسل‌ها" با نام مقررات آلکویست-پریولو (آ-پ) و نیز مجموعه گزارش‌های مربوط به مطالعه گسل‌های کالیفرنیا، به منظور نتیجه‌گیری در مورد امکان به کار بستن تدابیر مشابه برای شهر تهران، بررسی شد.

کلیدواژه‌ها: مقررات پهنه‌بندی گسل‌های لرزه‌زای آلکویست-پریولو (آ-پ)، گسیختگی سطحی گسل

* نویسنده مسئول: زهرا محمدی اصل

E-mail: z_mohammadiasl@yahoo.com

۱- مقدمه

در بررسی انجام‌شده در سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۸ مورد از گزارش‌های این مطالعات انتخاب و بررسی شد. درخواست‌کنندگان این مطالعات سازمان‌های دولتی همچون شهرداری‌ها، سازمان مدیریت بحران، سازمان زمین‌شناسی و ... هستند.

هدف از این مطالعات، بازبینی و تدقیق اثر گسل و پهنه مطالعاتی ویژه پیرامون آن است. در این مطالعات، زمین‌شناسان با کنترل نقشه‌ها و گزارش‌های پیشین گسل‌ها و نیز انجام بررسی‌ها و مطالعات تازه، اطلاعات مربوط به گسل‌ها را تکمیل و موقعیت گسل‌ها و پهنه‌های گسیختگی اطراف آنها را تدقیق می‌کنند. در ادامه کار در پیرامون گسل‌های فعال پهنه مطالعات ویژه تعریف می‌شود. گسلی به عنوان گسل فعال در نظر گرفته شده است که اثر آن در لایه‌های هولوسن به صورت مستقیم قابل مشاهده بوده و یا اثرات زمین‌ریخت‌شناسی قطعی نشان‌دهنده فعال بودن آن در هولوسن شناسایی شده باشد و به شواهد غیر مطمئن توجه نشده است (California Geological Survey, 1976 until 1999).

پروژه تدقیق موقعیت گسل‌های شهر تهران که در سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران انجام شده (پیوست ۱) از این گونه مطالعات است؛ هرچند که به دلیل دسترسی به شمار زیادی گود ساختمانی، در تعیین وجود و تدقیق موقعیت گسل‌ها از اطلاعات گودها بهره ویژه‌ای برده شده است.

– **چگونگی نمایش پهنه گسل و ایستگاه‌های برداشت شده:** در شکل‌های ۱ و ۲ نمونه پهنه‌های مطالعاتی گسل تعیین‌شده در کالیفرنیا و تهران ارائه شده‌اند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود نمایش پهنه مطالعاتی ویژه پیرامون گسل‌ها به دلیل اهمیت و تبعات حقوقی آنها از طریق تعیین مختصات نقاط مشخص‌کننده هندسه با دقت زیاد است. مقیاس نمایش پهنه مطالعاتی در کالیفرنیا ۱:۲۴۰۰۰ و عرض پهنه مطالعاتی اطراف گسل بسته به شواهد و عوارض موجود در برداشت‌های صحرایی، عموماً از ۳۰۰ تا ۶۰۰ متر متغیر است. در تهران مقیاس نمایش پهنه مطالعاتی ۱:۲۰۰۰ و عرض پهنه از ۵۰ تا ۱۰۰۰ متر متغیر است (سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۸؛ California Geological Survey, 1976 until 1999).

– **چگونگی نتیجه‌گیری:** مطالعات تدقیق موقعیت و ویژگی‌های پهنه‌های گسلی در کالیفرنیا بیشتر بر پایه بررسی‌های میدانی، مطالعه عکس‌های هوایی، مطالعه ترانسه‌ها و استفاده از دیگر اطلاعات موجود انجام شده‌اند. تهیه‌کنندگان گزارش‌های ارزیابی گسل به‌طور عمومی به صورت‌های زیر نتیجه‌گیری کرده‌اند:

گسلش سطحی، جابه‌جایی یا گسیختگی در سطح زمین و در راستای گسل‌ها است که در اثر رویداد زمین‌لرزه‌ها (بیشتر با بزرگی بیش از ۵/۵) ایجاد می‌شود. با توجه به این که جابه‌جایی گسل در هنگام زلزله، تأثیر ویرانگری بر سازه‌های روی آن دارد، توجه به مخاطرات مربوط از متغیرهای برنامه‌ریزی گسترش شهری در مناطق لرزه‌خیزی به‌شمار می‌آید که نمونه آن در قوانین تدوین‌شده در برخی از ایالات لرزه‌خیز آمریکا و کشورهای نیوزیلند، چین و ... آمده است.

مقررات پهنه‌بندی گسل‌ها در سال ۱۹۷۲ برای اولین بار در کالیفرنیا با هدف کاهش خطر گسلش سطحی با راهنمایی برنامه‌ریزان شهری در تعیین کاربری زمین‌ها و نیز شهرداری‌ها و دیگر مراجع کنترل و صدور پروانه، مدیران بحران، کارشناسان علوم زمین و مالکان و ساکنان زمین‌های پیرامون روی گسل یا نزدیک گسل تدوین شد. در سال ۱۹۷۵ نقشه‌های "پهنه‌های مطالعات ویژه" تهیه شدند و تا سال ۲۰۰۷ این مقررات چند بار ویرایش شد. در دستورالعمل‌های این مقررات روش‌های مناسب انجام بررسی‌های محلی و قالب استاندارد گزارش‌ها (مانند مقیاس نقشه‌ها، لاگ‌های ترانسه‌ها، توصیه‌ها و ...) ارائه شده که چارچوبی را برای صاحب‌کاران و مشاوران زمین‌شناسی مهندسی فراهم کرده و موجب کاهش هزینه مطالعات و زمان بازبینی شده است (Hart & Bryant, 1997).

در این نوشتار، نتیجه بررسی‌های انجام‌شده بر روی مطالعات در مورد گسل‌های کالیفرنیا با هدف بررسی امکان برگرفته از روش‌های کاری به کار رفته در این ایالت، برای مطالعه روی گسل‌های شهر تهران ارائه شده است.

۲- مطالعات انجام‌شده در رابطه با گسل‌های کالیفرنیا

دو نوع اصلی مطالعه به شرح زیر در رابطه با گسل‌ها و پهنه‌های گسلی در کالیفرنیا انجام شده است:

- مطالعات ارزیابی گسل (Fault Evaluation Studies) که در این نوشتار مطالعات "تدقیق موقعیت و ویژگی‌های پهنه‌های گسلی" نامیده می‌شوند.
- مطالعات بررسی گسل (Fault Investigation Studies) که در این نوشتار مطالعات "تعیین گسل در ساختگاه" نامیده می‌شوند.

۲-۱. مطالعات تدقیق موقعیت و ویژگی‌های پهنه‌های گسلی

– **ویژگی‌های کلی:** از سال ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۹ روی هم‌رفته ۲۴۴ مطالعه تدقیق موقعیت و ویژگی‌های پهنه‌های گسلی در کالیفرنیا انجام شده است (Hart & Bryant, 1997).

- **مروری بر مطالعات انجام شده:** از سال ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۰ در مجموع ۱۱۸۸ مورد مطالعات تعیین وجود گسل در ساختگاه در ایالت کالیفرنیا انجام شده است (Hart & Bryant, 1997). در این بررسی، ۲۰ گزارش انتخاب و از دید ویژگی‌های عمومی زمین، مقیاس نقشه‌های مورد استفاده، ویژگی‌های ترانسه مطالعاتی و چگونگی نتیجه‌گیری مورد ارزیابی قرار گرفتند که در زیر به نتایج آن اشاره می‌شود (California Geological Survey, 1974-2000).

• ویژگی‌های عمومی زمین‌های مورد بررسی

الف) موقعیت زمین نسبت به پهنه مطالعاتی ویژه
موقعیت زمین نسبت به پهنه مطالعاتی ویژه به صورت زیر بوده است:
- در ۱۴ مورد، کل زمین درون پهنه مطالعاتی قرار داشت (شکل ۵)
- در ۲ مورد، بخشی از زمین در پهنه قرار داشت (شکل ۶)
- در ۴ مورد، نقشه موقعیت زمین نسبت به پهنه مطالعاتی ارائه نشده بود (California Geological Survey, 1974-2000).

ب) مساحت زمین‌های مورد بررسی
مساحت زمین‌ها در گزارشات مورد بررسی از کمینه ۴۵۰ تا بیشینه ۲۲۸۰۰۰ با میانگین ۳۳۰۰۰ متر مربع تغییر داشته است.

ج) منابع اطلاعاتی مورد استفاده
در گزارشات بررسی شده، برای بررسی وجود گسل و ویژگی‌های آن از منابع اطلاعاتی زیر استفاده شده است (California Geological Survey, 1974-2000).

- مطالعه عکس‌های هوایی
- مطالعه میدانی و برداشت‌های صحرائی
- حفر و بررسی ترانسه‌های اکتشافی
- مطالعه رخنمون‌های طبیعی و یا ترانسه‌های جاده‌سازی
- بررسی اطلاعات چاه‌های نفت و آب
- انجام آزمایشات ژئوتکنیکی
- مطالعه گزارشات و اطلاعات موجود

• مقیاس نقشه‌ها

الف) نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه
مقیاس نقشه‌های استفاده شده در مطالعات از ۱:۱۲۰۰ تا ۱:۲۰۰,۰۰۰ متغیر است ولی در بیشتر موارد نقشه‌ها مقیاس ۱:۲۴۰۰۰ دارند.

ب) نقشه موقعیت زمین در محدوده مورد بررسی
مقیاس نقشه موقعیت زمین در محدوده مورد بررسی از ۱:۹۶ تا ۱:۳۶۰۰ متغیر است ولی در بیشتر موارد، این نقشه‌ها مقیاس ۱:۲۴۰ دارند.

• موقعیت ترانسه در زمین

امتداد ترانسه بیشتر عمود بر امتداد کلی گسل در محدوده‌های مورد نظر برای ساخت و موقعیت آن بر پایه محدودیت‌های موجود انتخاب شده است. طول ترانسه بیشتر به گونه‌ای انتخاب شده که کل طول محدوده مورد نظر برای ساخت واقع در حریم را در بر گیرد و مقداری از آن نیز فراتر رود. در شکل‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰ موقعیت ترانسه‌های حفر شده در زمین‌های مختلف نشان داده شده است (California Geological Survey, 1974-2000).

• ویژگی‌های هندسی ترانسه‌های حفر شده

طول، عرض و ژرفای ترانسه‌های حفر شده بسته به وضعیت هندسی زمین و ساختمان مورد نظر برای ساخت، وضعیت شیب، زمین‌شناسی محل و ویژگی‌های گسل متغیر و به شرح زیر است (پیوست ۲):

- طول: ۱۳، ۱۵، ۱۸، ۲۱، ۳۰، ۳۱، ۳۶، ۳۷/۵، ۵۰ و ۱۱۳ متر
- عرض: ۰/۶ و ۰/۷ متر
- ژرفا: ۰/۴، ۰/۵، ۱، ۱/۲، ۱/۶، ۲/۱، ۳، ۴ و ۵ متر

الف) در صورت مشاهده نکردن اثر، گسل، غیرفعال تشخیص داده و حذف پهنه مطالعاتی ویژه مربوط به آن توصیه شده است.

ب) در صورت تدقیق محل گسل‌ها، پهنه مطالعاتی ویژه پیرامون آن تغییر داده شده است.

ج) در صورت شناسایی یک گسل پنهان به موازات گسل اصلی منطقه، پهنای پهنه مطالعاتی ویژه آن گسل افزایش یافته است.

د) در صورتی که با وجود نشانه‌های گسلی (تغییر در سطح آب زیرزمینی، ترک خوردگی آسفالت خیابان، تغییر در مسیر رودخانه و نیز جابه‌جایی یا نشست پل عبوری از پهنه گسل)، هیچ نشانه سطحی از فعال بودن گسل در هولوسن مشاهده نشود، نشانه‌های بالا به دلایل غیرگسلی مانند فرسایش غیریکنواخت لایه‌ها و یا نشست ناهمگن زمین نسبت داده و گسل یادشده به‌عنوان گسل غیرفعال از پهنه مطالعاتی ویژه حذف شده است.

ه) در صورت شناسایی اثر فعالیت گسل در هولوسن در بخش‌هایی از گسل، آن بخش‌ها فعال و باقی بخش‌های گسل، از پهنه مطالعاتی ویژه حذف شده‌اند (شکل ۳) (California Geological Survey, 1976 until 1999).

در شکل ۴، پهنه‌های گسلی شهر لوس‌آنجلس در سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۸۹ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود گسترش پهنه‌های گسلی در فاصله دو تاریخ بالا چند برابر شده است (Department of city planning Losangeles, California, 2000).

۲-۲. مطالعات تعیین گسل در ساختگاه

- **هدف از مطالعات:** برابر با مقررات آ- پ همه درخواست‌کنندگان ساخت ساختمان‌های اصلی در زمین‌های پهنه‌های گسلی، باید برای تعیین دقیق محل و ویژگی‌های گسلش سطحی در محدوده مورد نظر برای ساخت مطالعه کنند. مطالعات تعیین گسل در ساختگاه به سفارش درخواست‌کنندگان ساخت ساختمان در زمین‌های پهنه‌های گسلی در راستای ارضای این الزام قانونی انجام می‌شوند. هدف از انجام این مطالعات، تعیین وجود گسل و در صورت وجود شناسایی دقیق محل گسل و تعیین پهنه خردشده آن، به منظور شناسایی حریم عدم ساخت ساختمان بوده و همراه با حفر ترانسه است. در صورت مشاهده اثر گسل در بیشتر موارد حریمی به میزان حدود ۱۵ متر در هر طرف گسل به عنوان حریم عدم ساخت ساختمان تعریف توسط مشاور مشخص می‌شود.

برای راهنمایی دست‌اندرکاران، دستورالعمل‌های "انجام مطالعات تعیین گسل در ساختگاه و تهیه گزارش مربوطه" و "بازبینی گزارشات زمین‌شناسی" نیز تهیه شده است. دستورالعمل نخست که به منظور راهنمایی مشاوران در بررسی خطر گسلش سطحی تهیه شده با ارائه روش‌های مناسب بررسی محلی و قالب استاندارد گزارش‌ها (مقیاس نقشه‌ها، لاگ‌های ترانسه‌ها، توصیه‌ها و...) چارچوبی را برای ارتباط بهتر صاحب کاران، مشاوران زمین‌شناس، افراد بازمین و مراجع کنترل و صدور پروانه فراهم کرده است که کاهش هزینه مطالعات را در پی دارد. موارد مشخص شده در این دستورالعمل دست‌کم مواردی هستند که باید در مطالعات گسلش سطحی در طرح‌های ساختمانی انجام شوند.

در دستورالعمل دوم راهنمایی‌هایی برای بازبینی گزارش‌های زمین‌شناسی به عنوان بخش مهمی از فرایند ارزیابی طرح ارائه شده است. بازبین باید مطمئن شود که بررسی‌های زمین‌شناسی و گزارش به‌دست‌آمده، بیانگر شرایط زمین‌شناسی ساختگاه مورد نظر است، همچنین باید با اطمینان از در نظر گرفتن درست عوامل مهم زمین‌شناسی و کاهش مشکلات بالقوه پیش از اجرای طرح از به‌کارگیری قوانین و آیین‌نامه‌های موجود و سیاست‌های سازمان پیرو خود اطمینان یابد. معمولاً بازبین با روآید یا درخواست سازمان مسئول مربوط در راستای حفظ حقوق دولت و در مقیاس بزرگ‌تر جامعه به کار گرفته می‌شود (Hart & Bryant, 1997; California Geological Survey, 2002; California Geological Survey, 1998).

• مقیاس تهیه و ارائه لاگ ترانشه

مقیاس لاگ ترانشه از ۱:۲۴ تا ۱:۶۰ متغیر ولی بیشتر ۱:۶۰ بوده است (California Geological Survey, 1974-2000).

– نتیجه‌گیری از مطالعات و توصیه‌ها: انواع حالت‌های نتیجه‌گیری برآمده از مطالعات تعیین وجود گسل در ساختگاه انجام‌شده روی ترانشه‌ها در شکل ۱۱ ارائه شده که در ادامه شرح داده می‌شوند.

• عدم مشاهده اثر گسل در ترانشه

(الف) نبودن نشانه‌های دیگر

در حالت‌هایی که هیچ اثری از گسل در ترانشه حفرشده مشاهده نشده و نیز عامل دیگری همچون رخداد زمین‌لرزه تاریخی و نشانه‌های سطحی دیگر گویای فعال بودن منطقه وجود ندارد، هیچ توصیه و محدودیتی در زمینه ساخت ساختمان مورد نظر ارائه نشده است (شکل ۱۲)

(ب) وجود نشانه‌های زمین‌ساختی نشان‌دهنده فعال بودن منطقه

در مواردی که در مطالعات ترانشه اثر گسل مشاهده نشده، ولی شواهدی چون ثبت زلزله‌های تاریخی، نشانه‌های سطحی (افراز گسلی، حوضچه گسلی (Sag pond)، تغییر توپوگرافی منطقه) نشان‌دهنده فعال بودن منطقه وجود داشته، بیشتر توصیه‌های کلی ارائه شده است که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود:

- انتخاب ژرفای پی به صورتی که دست کم ۶۰ سانتی‌متر در لایه مناسب نفوذ کند.
- شتاب افقی زمین در عمر مفید ساختمان حدود ۰/۱۸ g تا ۰/۵۵ g
- توصیه‌هایی در مورد پی و نیز نوع سیمان مصرفی
- به‌سازی زمین با زمین‌شناسی مهندسی (در صورت نیاز)
- رعایت فاصله مناسب پی (۵ فوت) از شیب طبیعی منطقه (در صورت شیب‌دار بودن منطقه)

– سامانه زهکشی سطحی از طریق کانال‌های طبیعی

– رعایت آیین‌نامه‌ها برای ساختمان و لوله‌های زیر سطحی

– استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر برای لوله‌های زیر سطحی

– انعقاد قرارداد بیمه مناسب توسط پیمانکار

– ساخت ساختمان مسکونی ۲ طبقه با سامانه سپتیک تانک

(ج) شناسایی گسل پنهان

در یکی از مطالعات، با وجود مشاهده نکردن اثر گسل در ترانشه، زمین‌شناس به دلیل آگاهی از وجود یک گسل پنهان (بر پایه اطلاعات حاصل از حفاری‌های نفت و وجود ناپوستگی در سطح ایستایی آب)، توصیه به فاصله گرفتن از موقعیت این گسل پنهان تا فاصله ۱۶۸ متری کرده است (California Geological Survey, 1974-2000).

• مشاهده اثر گسل در ترانشه

در صورتی که اثر گسل در ترانشه مشاهده شود دو حالت وجود دارد؛ ادامه بررسی‌ها و نیز نتیجه‌گیری‌ها بستگی به بودن یا نبودن لایه‌های هولوسن دارد که در ادامه حالت‌های مختلف مرتبط شرح داده شده است.

(الف) نبودن هولوسن

یکی از حالات فراگیر در این مطالعات حالتی است که در ترانشه حفر شده، اثر گسل مشاهده شده ولی به علت نبودن لایه هولوسن، به ناچار گسل از نوع احتمالاً فعال معرفی شده است. در این حالات بیشتر محدودیت‌های یادشده در گزارش‌ها، ساخته نشدن ساختمان اصلی در محدوده مشاهده گسل و حریم‌های ۱۵ متری در پیرامون آن بوده است. همچنین در مورد ساخت ساختمان در بیرون از محدوده بالا نیز محدودیت‌هایی در مورد طبقات ساختمان (بیشینه دو طبقه) و سامانه فاضلاب (لزوم استفاده از سپتیک تانک) توصیه شده است (شکل ۱۳). در بررسی انجام‌شده روی ترانشه گسل ونک‌پارک، اثر گسل به‌صورت جابه‌جایی لایه‌های سازند آبرفتی

یخچالی شمال تهران (Bn) مشاهده شد، ولی لایه هولوسن موجود نبود (شکل ۱۴). (ب) وجود هولوسن

• مشاهده نکردن اثر گسل در هولوسن

در حالتی که لایه هولوسن در محدوده باشد اما اثر گسل در آن مشاهده نشود، در صورت وجود نشانه‌های زمین‌ساختی سطحی همچون وجود پرتگاه‌های گسلی، حوضچه‌های گسلی، تغییرات توپوگرافی یا ثبت رویداد لرزه‌ای تاریخی، می‌توان نتیجه گرفت که منطقه از دید زمین‌ساختی فعال است (شکل ۱۵). به دلیل تعیین نشدن موقعیت گسلش سطحی در این حالت همه یا برخی از توصیه‌های زیر برای ساخت ساختمان ارائه شده است:

- رعایت محدودیت‌های قانون آ-پ در کل سایت
- مشخص کردن محدوده ساخت دور از اثر سطحی گسل‌های شناخته‌شده
- بررسی موارد توسط زمین‌شناس مهندسی در مراحل ساخت سازه
- احداث سازه یک طبقه مسکونی با سامانه سپتیک تانک
- به‌سازی خاک زیر ساختمان (در صورت نیاز)
- طراحی استخر به‌صورت یک مخزن سخت و محکم و استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر برای لوله‌های ورودی و خروجی آب
- افزایش شتاب زمین در طراحی سازه
- ارائه توصیه در مورد ابعاد پی
- توصیه زهکشی سطحی
- انتخاب ژرفای پی به صورتی که بیشینه ۶۰ سانتی‌متر در لایه مناسب نفوذ کند.

• مشاهده اثر گسل در هولوسن

با مشاهده اثر گسل در لایه هولوسن، گسل، فعال شناخته شده و در این حالت، برای ساخت سازه همه یا برخی از توصیه‌های زیر ارائه می‌شود (شکل ۱۶):

- تعیین محل ساخت بنا به دور از اثرهای شناسایی‌شده گسل
- رعایت فاصله ۱۵ متری از محل اثر گسل
- توصیه افزایش شتاب زمین در طراحی سازه
- ارائه توصیه‌هایی در مورد ابعاد و طراحی پی (بهتر است پی گسترده باشد) و نیز نوع سیمان مصرفی
- در صورت نیاز، به‌سازی زمین توسط زمین‌شناس مهندسی
- رعایت فاصله مناسب پی از محل‌های پرشیب در محدوده
- زهکشی سطحی با کانال‌های طبیعی
- رعایت آیین‌نامه‌ها برای ساختمان و لوله‌های زیر سطحی (پهنه ۴ آیین‌نامه UBC)
- استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر در شریان‌های مهم
- تعمیر مسیرهای تخریب‌شده کانال‌های زیرزمینی موجود
- بستن قرار داد بیمه مناسب توسط پیمانکار
- ساخت سازه یک طبقه مسکونی (California Geological Survey, 1976 until 1999).

۳- نتیجه‌گیری

همان‌گونه که به تفصیل گفته شد، برای کاهش مخاطرات حاصل از گسلش سطحی در کالیفرنیا دو نوع مطالعه انجام می‌شود:

– مطالعات تدقیق موقعیت و ویژگی‌های پهنه‌های گسلی

درخواست‌کننده این مطالعات – که برای شناسایی محل گسل و پهنه خردشده آن تهیه می‌شوند – مراکز دولتی و عمومی هستند. در نقشه‌های پیوست گزارش‌های این مطالعات افزون بر محل گسل، پهنه مطالعات ویژه‌ای در پیرامون گسل مشخص می‌شود. مطالعات تهیه نقشه پهنه‌های گسلی شهر تهران در سال ۱۳۸۸ و مطالعات تکمیلی در حال انجام در گودها و ترانشه‌ها برای تدقیق پهنه‌های گسلی در سازمان

کاری موجود در کالیفرنیا از دید الزام انجام مطالعات تعیین وجود گسل در ساختگاه، به همان گونه در شهر تهران قابل اجرا نیست. به همین دلیل در هنگام تدوین ضوابط ساخت ساختمان در پهنه‌های گسلی شهر تهران، همه درخواست‌کنندگان ساخت در پهنه‌های گسلی ملزم به انجام این مطالعات نشدند.

مقایسه پهنه‌های گسلی مشخص شده در شهر لوس آنجلس در سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۸۹ نشان می‌دهد که در فاصله دو تاریخ بالا گسترش پهنه‌های گسلی چند برابر شده است. این نشان می‌دهد که اولاً پهنه‌های گسلی نباید غیرقابل تغییر به شمار آیند و به همین دلیل لازم نیست برای استفاده از نقشه‌های پهنه‌های گسلی در ضوابط شهرسازی تا زمان دقیق شدن کامل آنها (اگر چنین امکانی باشد) منتظر شد و دوم این که با اجرایی شدن ضوابط و گردآوری اطلاعات بیشتر و آشناسان کارشناسان و مردم با روش‌های شناسایی گسل‌ها، به تدریج می‌توان پهنه‌های مطالعاتی ویژه را دقیق‌تر کرد و در صورت نیاز گسترش داد.

سپاسگزاری

از آقایان عزیزا. رجب‌زاده و مازیار حسینی (رؤسای کنونی و پیشین سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران) به خاطر حمایت‌هایشان از بررسی‌های مربوط به گسل‌ها، سپاسگزاری می‌شود.

پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران مشابه این نوع مطالعات هستند (سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۸).

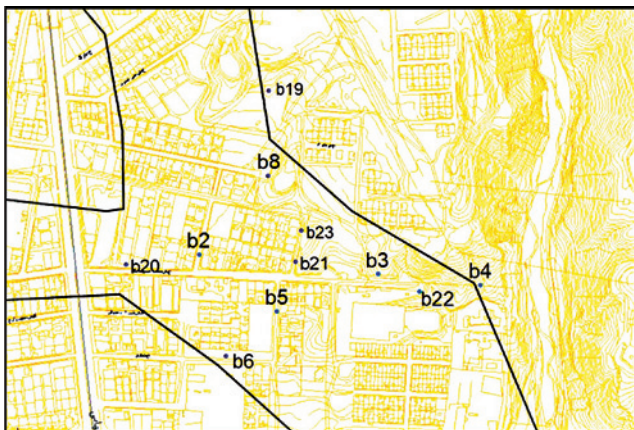
– مطالعات تعیین گسل در ساختگاه

این مطالعه برای تعیین وجود و ویژگی‌های گسل در ساختگاه انجام می‌شود و ارائه نتایج آن برای صدور پروانه ساخت یا تعمیر اصلی ساختمان ضروری است. در ضوابط ساخت ساختمان در پهنه‌های گسلی شهر تهران که توسط سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران تدوین شده، انجام این نوع مطالعات برای ساخت ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد در پهنه گسل‌های اصلی و نیز ساخت ساختمان‌های با اهمیت زیاد در بخشی از پهنه گسل‌های اصلی که جابه‌جایی چیره دارند، ضروری است (سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۹).

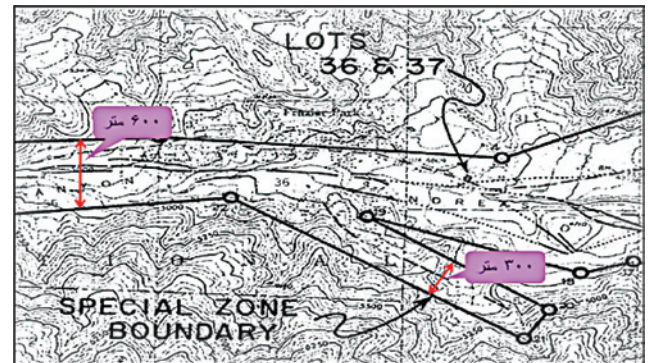
لازم به ذکر است پهنه‌های گسل‌های اصلی و پهنه با جابه‌جایی عمده در نقشه پهنه‌های گسلی شهر تهران تهیه شده توسط سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران (۱۳۸۸)، تعریف شده است.

از زمان شروع کار در سال‌های دهه هفتاد میلادی تاکنون، به تدریج مطالعات انجام شده دقیق‌تر و ضوابط ساخت ساختمان در پهنه‌های گسلی سخت‌گیرانه‌تر شده است.

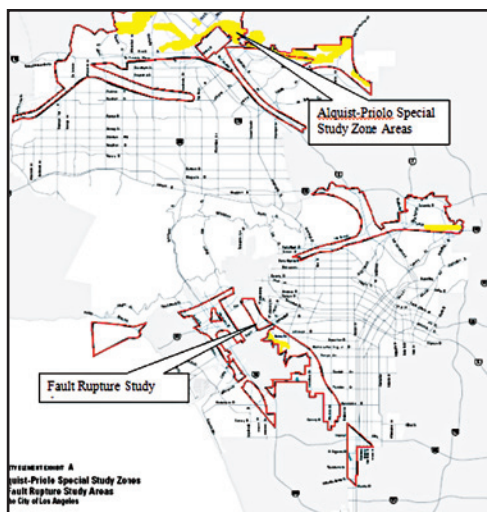
به دلیل اختلاف شدید میان گسترش زمین‌های جداشده در کالیفرنیا و تهران، روند



شکل ۲- نمونه‌ای از بررسی‌های انجام شده و نقاط برداشت شده در پیرامون گسل‌ها در شهر تهران



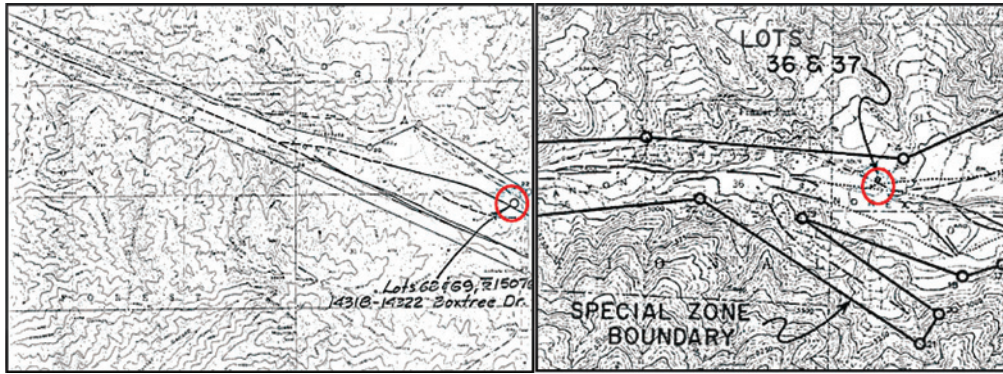
شکل ۱- نمونه‌ای از بررسی‌های انجام شده و پهنه مطالعاتی ویژه پیرامون گسل‌ها در کالیفرنیا



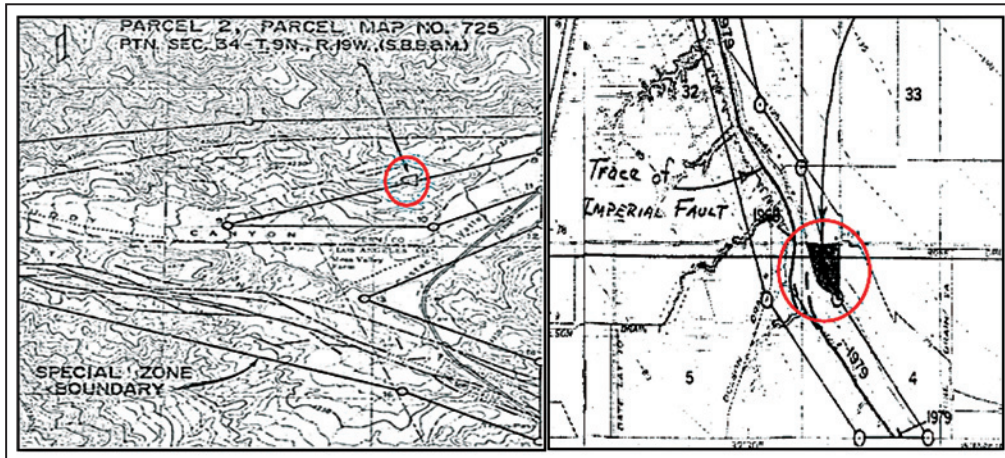
شکل ۴- پهنه گسل شهر لوس آنجلس (میان سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۹)



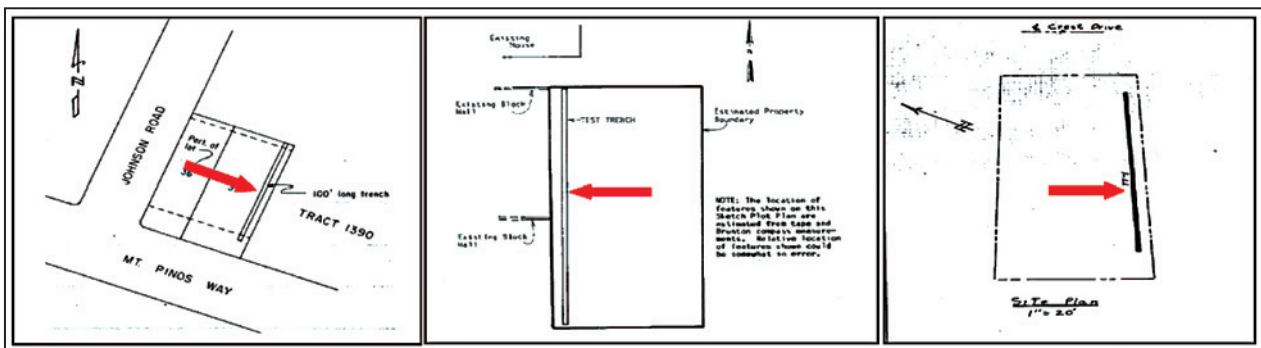
شکل ۳- نمونه‌ای از حذف بخش‌هایی از نقشه گسل کالیفرنیا به دلیل تشخیص غیرفعال بودن آن



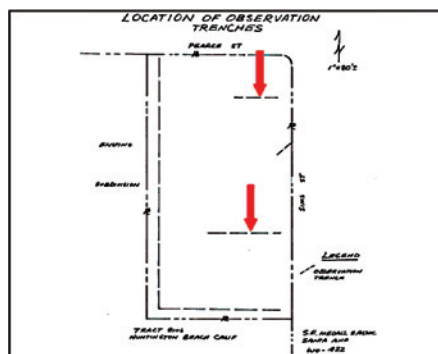
شکل ۵- موقعیت زمین درون پهنه مطالعاتی در کالیفرنیا



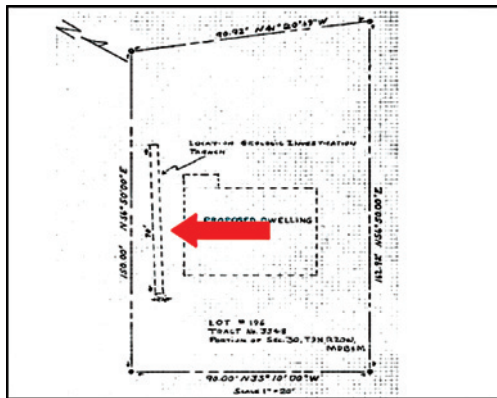
شکل ۶- بخشی از زمین درون پهنه مطالعاتی در کالیفرنیا



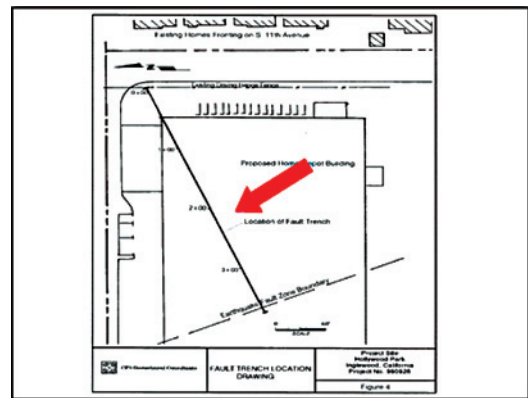
شکل ۷- موقعیت‌های مختلف قرارگیری ترانشه در زمین (کالیفرنیا)



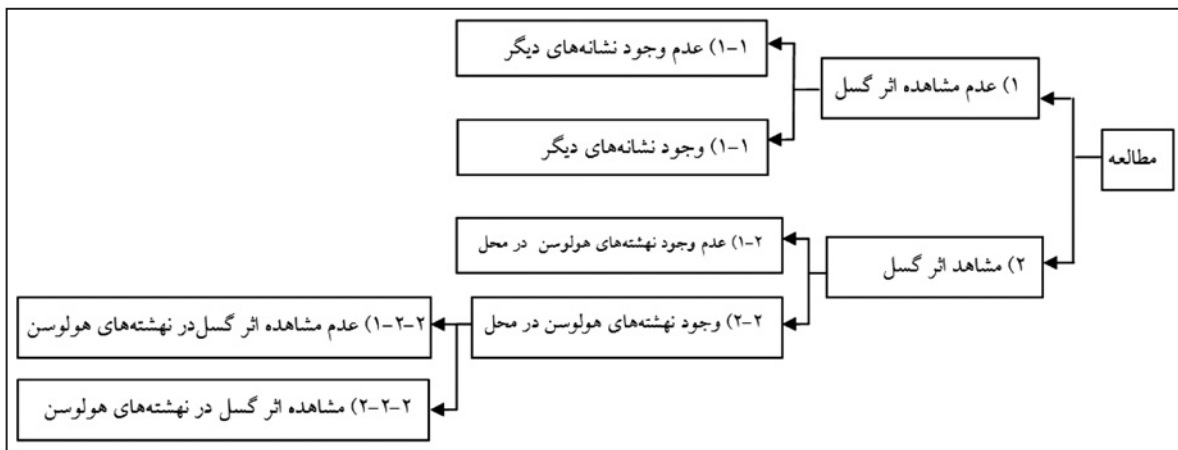
شکل ۸- موقعیت حفر دو ترانشه به موازات هم (کالیفرنیا)



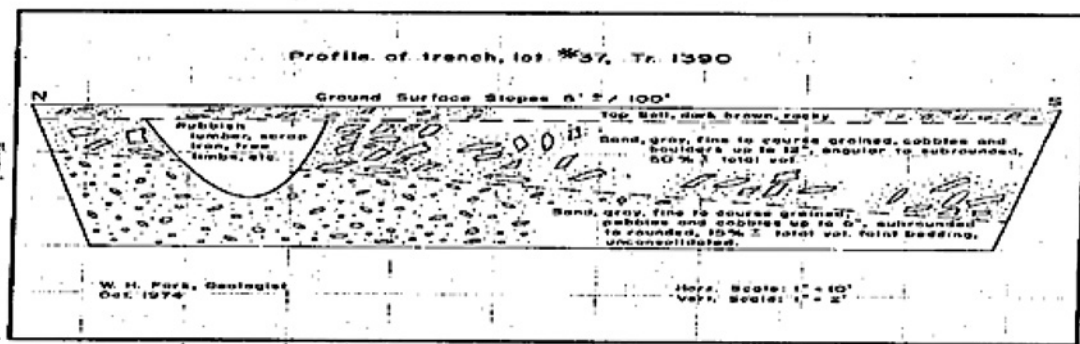
شکل ۱۰- گسترش ترانشه تا پس از محدوده اشغال بنای مورد نظر برای ساخت (کالیفرنیا)



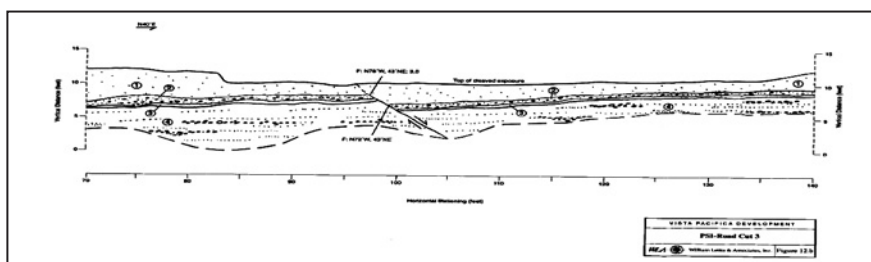
شکل ۹- انتخاب امتداد ترانشه به صورت عمود بر امتداد کلی پهنه گسلی (کالیفرنیا)



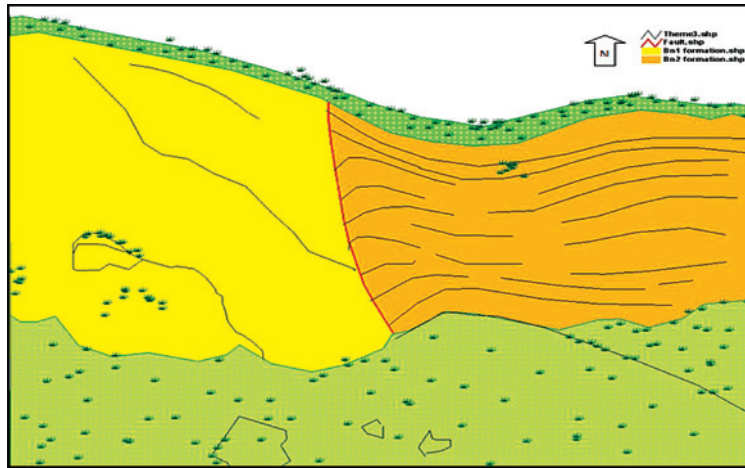
شکل ۱۱- خلاصه نتیجه‌گیری مطالعات انجام شده



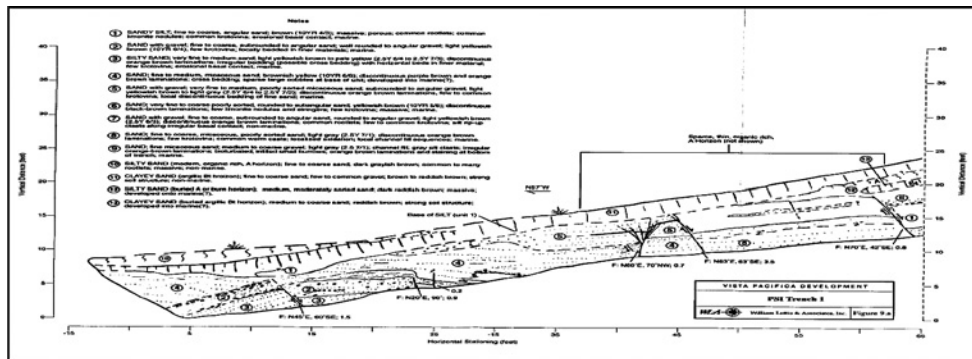
شکل ۱۲- نمونه‌ای از لاگ ترانشه بررسی شده در کالیفرنیا در حالی که هیچ اثر گسلی مشاهده نشده است.



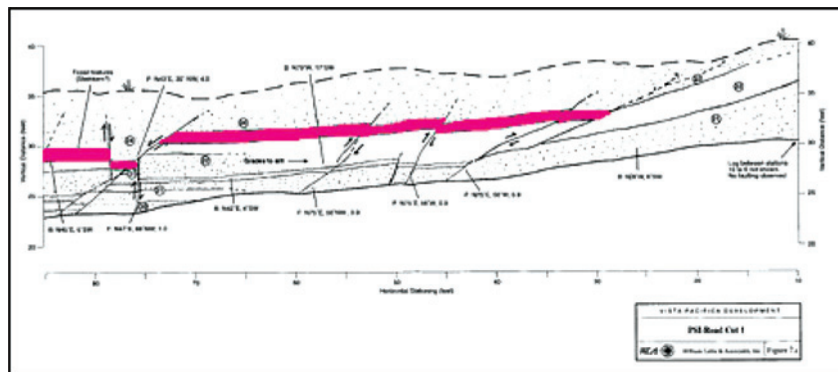
شکل ۱۳- نمونه‌ای از لاگ ترانشه بررسی شده در کالیفرنیا در حالی که اثر گسل مشاهده می‌شود ولی لایه هولوسن وجود ندارد.



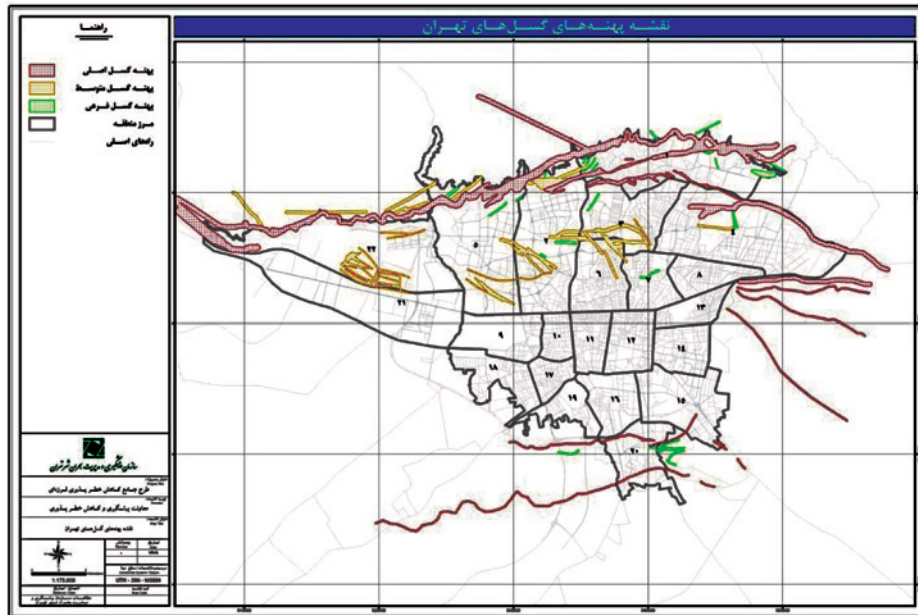
شکل ۱۴- نمونه‌ای از لاگ ترانسه بررسی شده روی گسل ونک پارک که اثر گسل مشاهده می‌شود ولی لایه هولوسن وجود ندارد.



شکل ۱۵- نمونه‌ای از لاگ‌های ترانسه بررسی شده در کالیفرنیا در حالی که اثر گسل در لایه هولوسن موجود در ترانسه مشاهده نشده است.



شکل ۱۶- نمونه‌ای از لاگ ترانسه بررسی شده در کالیفرنیا در حالی که اثر گسلی در لایه‌های هولوسن مشاهده شده است.



پیوست ۱- نقشه پهنه‌های گسلی شهر تهران در مقیاس ۱:۲۰۰۰ (سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۸)



پیوست ۲- نمایی از یک ترانشه مطالعاتی حفر شده در کالیفرنیا

کتابنگاری

سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۸- نقشه و گزارش موقعیت پهنه‌های گسلی شهر تهران
 سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۹- ضوابط ساخت ساختمان در پهنه‌های گسلی شهر تهران

References

- California Geological Survey (1974-2000)- Fault Investigation Reports for Development Sites Within Alquist-Priolo Earthquake Fault Zones in Southern California, California Department of Conservation.
- California Geological Survey (1974-2000)- Fault Investigation Reports for Development Sites Within Alquist-Priolo Earthquake Fault Zones in Northern California, California Department of Conservation.
- California Geological Survey (1976 until 1999)- Fault Evaluation Reports Prepared Under the Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act; Region 1- Central California.
- California Geological Survey (1976 until 1999)- Fault Evaluation Reports Prepared Under the Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act; Region 2- Southern California.
- California Geological Survey, 1998- General Guidelines for Reviewing Geologic Reports; (DMG Note 41).
- California Geological Survey, 2002- Guidelines For Evaluating the Hazard Of Surface Fault Rupture; (Note 49).
- Department of city planning Losangeles-California, 2000- Safety Element of the Los Angeles City General Plan. (City Plan Case No. 95-0371 & Council File No. 86-0662)
- Hart, E. W. & Bryant, W. A., 1997 - Special Publication 42; Fault Rupture Hazard Zones in California [Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act, With Index to Earthquake Zone Maps]. Department of Conservation; California Geological Survey .

Hazard in Cities (Case Study in Tehran & California) Earthquake

Z. Mohammadi Asl^{1*} & S. Montazerolghaem²

¹ M. Sc., Department of Geology, Faculty of Science, Islamic Azad University, North Tehran Branch; Tehran Disaster Mitigation and Management Organization, Tehran, Iran

² M. Sc., Department of Civil Engineering, Amirkabir University of Technology; Tehran Disaster Mitigation and Management Organization, Tehran, Iran

Received: 2011 August 16

Accepted: 2012 February 14

Abstract

The active faults upon which Tehran megacity was developed must be considered in urban planning. Insufficient preciseness and completeness of the previous fault maps and lack of required technical documentation for existing regulations on building construction in fault zones, prompted the Tehran disaster mitigation and management organization (TDMMO) to scrutinize existing fault map and produce more accurate one and in the same time devise new regulations. To this end, the Alquist-Priolo (AP) Earthquake Fault Zoning Act and sets of Fault Evaluation Reports and Fault Investigation Reports of California were reviewed and necessary conclusions regarding eventual adoption of similar measures for Tehran were drawn.

Keywords: Alquist-Priolo (AP) Earthquake Fault Zoning Act, Surface Fault Rupture.

For Persian Version see pages 117 to 124

*Corresponding author: Z. Mohammadi Asl; E-mail: z_mohammadiasl@yahoo.com