دانشگاه یزد

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران – مکانیک خاک و پی

تحلیل عددی اندرکنش گسلش معکوس و تونل

اساتید راهنما :

دکتر کاظم برخورداری

دکتر محمد حسن بازیار

پژوهش و نگارش :

صدیقه مسعودی همت آبادی

زمستان ۱۳۹۲

ماحصل آموخته هایم راتقدیم می کنم به آنانی که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است:

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

به مهربانترین فرشتگان زندگیم، خواهرم و برادرانم

که لذت غرور دانستن، جسارت خواندن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور آنهاست.

وتقدیم به

نازنین یار بیصدای شب های پر تلاطم زندگی ام.

چکیده

درصورتی که یک تونل از یک گسل فعال عبور کند، امکان جابه جایی گسل در طراحی تونل باید در نظرگرفته شود. تغییرشکل هاوتنش ها در یک تونل که گسل فعالی از نزدیک آن عبور کرده است توسط

۱- جابه جایی گسل، ۲- انتشار موج های زلزله

تحت تاثیر قرار می گیرند. در این تحقیق تنها به بررسی پدیده گسلش و اثر آن بر روی تونل ها می پردازیم. گسلش یکی از انواع دسته دوم آسیبهای ناشی از زلزله است که غالباً آسیبهای بسیار شدیدی را به ابنیه، تاسیسات و یا هر نوع سازه دیگر نزدیک به خود وارد می کند. در ابتدا نتایج تایید شده آزمایشات موسوم به جعبه ماسه را که در مقالات معتبر منتشر شده، ملاک عمل قرار می دهیم. که البته بعضی از این آزمایشها توسط میز لرزه تحت شتاب 1-g و بعضی دیگر در دستگاه سانتریفیوژ باشتاب N-g انجام شده است. بعد از مدلسازی این آزمایشات توسط نرم افزار ABAQUS و انطباق نتایج مدل عددی با نتایج مدل های آزمایشگاهی، صحت سنجی صورت گرفته است. سپس مطالعه موردی انجام شده و مدل عددی بخشی از تونل خط ۳ متروی تهران ساخته شده و مطالعه پارامتری روی مدل صورت گرفت. از آنجا که در مقالات ارائه شده تنها به بررسی کیفی اثر پدیده گسلش بر روی تونل ها پرداخته شده، بنابر این نتایج لازم برای صحت سنجی نیروها وتنش هایی که در اثر گسلش در تونل ها به وجود می آید در دست نیست. اگر چه می توان آنها را به راحتی به عنوان خروجی از مدل های عددی ساخته شده به دست آورد. از این رو این پژوهش بر روی جابجایی تونل و نیز سطح زمین در اثر پدیده گسلش متمرکز شده است.

با توجه به بحث های صورت گرفته هنگام اجرای سازه های زیر زمینی و به خصوص تونل، مطالعات کافی باید صورت گیرد،گسل های منطقه شناسایی شوند و حریم آنها رعایت گردد. هرچه فاصله تونل از گسل بیشتر باشد، میزان جابجایی تونل کمتر خواهد بود. با توجه به این مسئله که هرچه عمق تونل کمتر باشد، میزان جابجایی آن در اثر بدیده گسلش کمتر خواهد شد و همچنین هر چه فاصله از سنگ بستر بیشتر باشد باز هم جابجایی تونل بیشتر می شود، با توجه به این نکته و

نیز مسائل اجرایی عمق بهینه تونل تشخیص داده شود. در خاک متراکم باند گسیختگی از تونل فاصله می گیرد و جابجایی و چرخش تونل کمتر خواهد بود. ولی برعکس هرچه مدول الاستیسیته بیشتر شود باند گسیختگی به تونل نزدیکتر خواهد شد. به نظر می رسد پارامتر های مقاومتی خاک از جمله زاویه اصطکاک تاثیر چندانی بر اثر گسلش بر تونل ندارد.

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه ۱

فصل دوم مروری بر ادبیات فنی ۵

۲-۱- زمین لرزه ۶

۲-۱-۱- عوامل ایجاد زلزله ۶

۲-۱-۲- منشأ زلزله ۸

۲-۱-۳- اندازه زلزله ها ۱۲

۲- ۲- گسل وحرکات تکتونیکی زمین ۱۲

۲-۲-۱- مشخصات گسل ها ۱۳

۲-۲-۲- انواع گسل ۱۳

۲-۲-۳- جابجائی گسل در چند رویداد مهم لرزه ای ۱۵

۲-۳- تونل سازی و سازه های زیر زمینی ۱۷

۲-۳-۱- ویژگی های فضاهای زیرزمینی و نمونه های بارز آنها ۱۸

۲-۳-۲- مطالعه خرابیهای گذشته ۱۹

۲-۳-۳- اهمیت مطالعه گسلش در طراحی سازه های زیرزمینی ۲۱

۲-۳-۴- روشهای کاهش صدمات ناشی ار گسلش روی تونلها و سازه های زیر زمینی ۲۲

۲-۴- تحقیقات آزمایشگاهی ۲۴

۲-۴-۱- اندرکنش گسلش- تونل ۲۷

۲-۴-۲- مدل آزمایشگاهی جعبه ماسه با شتاب 1-g ۲۷

۲-۴-۲- مدل آزمایشگاهی جعبه ماسه با شتاب N-g ۲۸

۲-۴-۳-آزمایش سانتریفیوژ ۳۱

۲-۵- تحقیقات عددی ۳۲

فصل سوم کار آزمایشگاهی مورد نظر ۳۹
۳-۱- کارآزمایشگاهی تحت شتاب 1- ۴۰
۳-۱-۱- تغییر شکل خاک و تونل در مقیاس کوچک ۴۳
۳-۱-۱-۱- آزمایش جعبه ماسه ۴۳
۳-۱-۲- مدل عددی ۴۷
۳-۱-۲-۱- مدل عددی کوچک مقیاس ۴۷
۳-۲- کارآزمایشگاهی تحت شتاب N-g ۵۱
۳-۱- تجهیزات آزمایشگاهی ۵۱
۳-۲-۲-آزمایش ماسه، آماده سازی آزمایش و شرایط ۵۳
فصل چهارم مدلسازی عددی ۶۱
۴-۱- محیط CAE در ABAQUS ۶۳
۴-۲- مدل اجزاء محدود در این پروژه ۶۵
۴-۳- مدلسازی حفاری تونل ۶۶
۴-۴- مدلسازی خاک ۶۸
۴-۴- مدلسازی سطوح مشترک ۶۸
۴-۵- سایر موارد ۶۸
فصل پنجم نتایج مدلسازی عددی وتطبیق با نتایج آزمایشگاهی ۷۱
۵-۱-مدلسازی و انطباق نتایج آزمایشهای انجام شده در شرایط 1-g ۷۲
۵-۲-مدلسازی و انطباق نتایج آزمایشهای انجام شده در شرایط 40-g, 80-g ۷۵
فصل ششم مطالعه پارامتری و مورد انتخابی ۷۹
۶-۱- مطالعات زمین ساختی ولرزه خیزی محل مورد مطالعه ۸۰
۶-۲- خصوصیات کلی ژئوتکنیکی مورد مطالعه ۸۲
۶-۳- خصوصیات کلی مدل عددی ۸۳

۶-۴- بررسی پارامتری ۸۵
۶-۴-۱- اثر فاصله تونل تا گسل ۸۵
۶-۴-۲- اثرعمق تونل ۹۶
6-۴-۳- اثر فاصله تونل تا سنگ بستر ۱۰۳
۶-۴-۴- اثر وزن حجمی خاک ۱۰۸
۶-۴-۵- اثر مدول الاستیسیته خاک ۱۱۳
۶-۴-۶- اثر زاویه اصطکاک خاک ۱۱۸
فصل هفتم جمع بندی و نتیجه گیری ۱۲۳
مراجع ۱۲۸

فهرست شکل ها

شکل-۲-۱- توزیع جغرافیایی مناطق لرزه خیز دنیا وصفحات تکتونیکی ۸

شکل-۲-۲- صفحات زمین ساخت ۱۰

شکل-۲-۳- کانون زلزله های سطحی وعمیق در ناحیه فرورو ۱۰

شکل-۲-۴- نقشه صفحات زمین ساختی جهان (پیکا نها جهت حرکت صفحات را نشان می دهند) ۱۱

شکل-۲-۵- نقشه لرزه خیزی جهان. در این نقشه مرکز تمام زلزله های با بزرگی بیش از ۷ که در فاصله سالهای ۱۹۰۰ تا ۱۹۸۰ رخ داده اند مشخص گردیده است. ۱۱

شکل-۲-۶- قسمت های مختلف یک گسل و انواع جابه جائی آن ۱۵

شکل-۲-۷- طراحی تونل متروی لس آنجلس در محل برخورد با گسل هالیوود ۲۳

شکل-۲-۸- خطوط اولیه گسیختگی در سطح در ماسه متراکم ۲۵

شکل-۲-۹- میزان تغییرات W/H درسطح آبرفت دراثرگسلش با زاویه گسل α وزاویه اتساع ۷ ..... ۲۶

شکل۲-۱۰- دستگاه شبیه ساز لی ۲۹

شکل-۲-۱۱- دستگاه شبیه ساز دوم اروورک ۲۹

شکل- ۲-۱۲- دستگاه شبیه ساز برنزبی ۳۰

شکل-۲-۱۳- دستگاه شبیه ساز دانشگاه تهران ۳۰

شکل- ۲-۱۴- گسلش معکوس،مقطع ازخاک و لوله مدفون ۳۱

شکل – ۲-۱۵- دستگاه سانتریفیوژ برای مدل سازی تونل ۳۲

شکل- ۲-۱۶- مدل اجزاء محدود یک بعدی ۳۳

شکل-۲-۱۷- فضای زیر زمینی که توسط FLAC مدل شده است ۳۴

شکل-۲-۱۸- لاینینگ مدل شده توسط sap ۲۰۰۰ ..... ۳۴

شکل-۲-۱۹- لاینینگ مدل شده توسط Ansys ۳۵

شکل- ۲-۲۰- گسترش منطقه برشی بعد از حرکت گسل ۳۶

شکل- ۲-۲۱- گسترش منطقه برشی بر روی تونل های دو قلو بعد از حرکت گسل ۳۷
شکل-۳-۲- شکل شماتیک مدل ازمایشگاهی ۴۲
شکل-۳-۳- تغییرشکل و گسترش منطقه گسیختگی در خاک که از آزمایش به دست آمده است ۴۳
شکل- ۳-۴- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به بالا آمدگی های مختلف می باشد. ۴۵
شکل- ۳-۵- تغییرشکل و گسترش منطقه گسیختگی در خاک که از آنالیز عددی به دست آمده است. ۴۶
شکل-۳-۶- شکل شماتیک برای مدل عددی ۴۹
شکل- ۳-۷- شکل تیپ پوشش داخلی تونل ۵۰
شکل- ۳-۸- دستگاه شبیه سازی گسلش ۵۲
شکل- ۳-۹- هندسه خاک و گسل در گسلش معکوس ۵۳
شکل- ۳-۱۰- اندازه های دستگاه شبیه ساز و سیستم مختصات ۵۳
شکل- ۳-۱۱- دستگاه ماسه ریز در دستگاه شبیه ساز ۵۴
شکل- ۳-۱۲- پروفیل تغییرشکل سطحی در گسلش معکوس در آزمایش 80-g ۵۶
شکل- ۳-۱۳- پروفیل تغییرشکل سطحی در گسلش معکوس در آزمایش1-g,40-g ۵۷
شکل- ۳-۱۴- عکس های تغییرشکل سطحی در گسلش معکوس در آزمایش های 1-g,40-g ,80-g ۵۹
شکل- ۳-۱۵- دیجیتالیزه کردن پروفیل تغییرشکل سطحی در گسلش معکوس در آزمایش 80-g ۵۹
شکل-۴-۱- فلوچارت عملکرد در این تحقیق ۶۹
شکل- ۵-۱- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به بالاآمدگی های مختلف می باشد. ۷۲

شکل- ۵-۲- تغییرشکل و گسترش منطقه گسیختگی در خاک که از آنالیز عددی به دست آمده است ۷۲
شکل- ۵-۳- تغییرشکل و گسترش منطقه گسیختگی در خاک که از آنالیز عددی به دست آمده است.(FW2D) ۷۳
شکل- ۵-۴- تغییرشکل و گسترش منطقه گسیختگی در خاک که از آنالیز عددی به دست آمده است ۷۴
شکل- ۵-۵- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی به دست آمده از آزمایش 80-g ۷۶
شکل- ۵-۶- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی به دست آمده از آزمایش 40-g. ۷۷
شکل- ۵-7- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی به دست آمده از آزمایش 1-g. ۷۸
شکل- ۶-۱- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به موقعیت FW1D می باشد. ۸۵
شکل- ۶-۲- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به موقعیت FW1/5D می باشد. ۸۶
شکل- ۶-۳- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به موقعیت FW2D می باشد. ۸۷
شکل- ۶-۴- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به موقعیت FW3D می باشد. ۸۸
شکل- ۶-۵- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به موقعیت FW4D می باشد. ۸۹
شکل- ۶-۶- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به موقعیت FW6D می باشد. ۹۰
شکل- ۶-۷- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به موقعیت FW8D می باشد. ۹۱
شکل- ۶-۸- تغییرات جابجایی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به گسل قرار دارد. ۹۲
شکل- ۶-۹- تغییرات جابجایی افقی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به گسل قرار دارد. ۹۳
شکل- ۶-۱۰- تغییرات جابجایی عمودی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به گسل قرار دارد. ۹۳

شکل- ۶-۱۱- تغییرات مقادیر چرخش نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به گسل قرار دارد. ۹۴
شکل- ۶-۱۲- تغییرات جابجایی نقاط روی سطح زمین، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به گسل قرار دارد. ۹۵
شکل- ۶-۱۳- تغییرات جابجایی عمودی نقاط روی سطح زمین، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به گسل قرار دارد. ۹۵
شکل- ۶-۱۴- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به عمق ۹/۹ m می باشد. ۹۶
شکل- ۶-۱۵- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به عمق ۱۱/۹ m می باشد ۹۷
شکل- ۶-۱۶- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به عمق ۱۴/۹ m می باشد..... ۹۷
شکل- ۶-۱۷- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به عمق ۱۷/۴ m می باشد ۹۸
شکل- ۶-۱۸- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به عمق ۱۹/۹ m می باشد ۹۸
شکل- ۶-۱۹- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به عمق ۲۴/۹ m می باشد. ۹۹
شکل- ۶-۲۰- تغییرات جابجایی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در اعماق مختلف نسبت به سطح زمین قرار دارد. ۱۰۰
شکل- ۶-۲۱- تغییرات جابجایی افقی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در اعماق مختلف نسبت به سطح زمین قرار دارد. ۱۰۰
شکل- ۶-۲۲- تغییرات جابجایی عمودی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در اعماق مختلف نسبت به سطح زمین قرار دارد. ۱۰۱
شکل- ۶-۲۳- تغییرات جابجایی نقاط روی سطح زمین، هنگامی که تونل در اعماق مختلف نسبت به سطح زمین قرار دارد. ۱۰۲
شکل- ۶-۲۴- تغییرات جابجایی عمودی نقاط روی سطح زمین، هنگامی که تونل در اعماق مختلف نسبت به سطح زمین قرار دارد. ۱۰۲

شکل- ۶-۲۵- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به فاصله ۱۰ m از سنگ بسترمی باشد. ۱۰۳
شکل- ۶-۲۶- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به فاصله ۱۵ m از سنگ بسترمی باشد. ۱۰۳
شکل- ۶-۲۷- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به فاصله ۲۰ m از سنگ بسترمی باشد ۱۰۴
شکل- ۶-۲۸- تغییرات جابجایی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به سنگ بستر قرار دارد. ۱۰۴
شکل- ۶-۲۹- تغییرات جابجایی عمودی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به سنگ بستر قرار دارد. ۱۰۵
شکل- ۶-۳۰- تغییرات مقادیر چرخش نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به سنگ بستر قرار دارد. ۱۰۶
شکل- ۶-۳۱- تغییرات جابجایی نقاط سطح زمین، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به سنگ بستر قرار دارد. ۱۰۷
شکل- ۶-۳۲- تغییرات جابجایی عمودی نقاط سطح زمین، هنگامی که تونل در فواصل مختلف نسبت به سنگ بستر قرار دارد. ۱۰۷
شکل- ۶-۳۳- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به γ=1200می باشد ۱۰۸
شکل- ۶-۳۴- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به γ=1600می باشد ۱۰۸
شکل- ۶-۳۵- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به γ=2000می باشد ۱۰۸
شکل- ۶-۳۶- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به γ=2400می باشد ۱۰۹
شکل- ۶-۳۷- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به γ=2800می باشد ۱۰۹
شکل- ۶-۳۸- تغییرات جابجایی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که وزن ججمی خاک تغییر می کند. ۱۱۰

شکل- ۶-۳۹- تغییرات جابجایی افقی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که وزن جحمی خاک تغییر می کند. ۱۱۰
شکل- ۶-۴۰- تغییرات جابجایی عمودی نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که وزن جحمی خاک تغییر می کند. ۱۱۱
شکل- ۶-۴۱- تغییرات میزان چرخش نقاط پیرامونی تونل، هنگامی که وزن جحمی خاک تغییر می کند. ۱۱۱
شکل- ۶-۴۲- تغییرات جابجایی نقاط سطح زمین، هنگامی که وزن جحمی خاک تغییر می کند. ۱۱۲
شکل- ۶-۴۳- تغییرات جابجایی عمودی نقاط سطح زمین، هنگامی که وزن جحمی خاک تغییر می کند. ۱۱۲
شکل- ۶-۴۴- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به E=8e6می باشد ۱۱۳
شکل- ۶-۴۵- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به E=8e7می باشد ۱۱۳
شکل- ۶-۴۶- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به E=8e8می باشد ۱۱۳
شکل- ۶-۴۷- تغییرات جابجایی نقاط اطراف تونل، هنگامی که مدول الاستیسیته خاک تغییر می کند. ۱۱۴
شکل- ۶-۴۸- تغییرات جابجایی نقاط اطراف تونل، هنگامی که مدول الاستیسیته خاک تغییر می کند. ۱۱۵
شکل- ۶-۴۹- تغییرات جابجایی عمودی نقاط اطراف تونل، هنگامی که مدول الاستیسیته خاک تغییر می کند. ۱۱۵
شکل- ۶-۵۰- تغییرات میزان چرخش نقاط اطراف تونل، هنگامی که مدول الاستیسیته خاک تغییر می کند. ۱۱۶
شکل- ۶-۵۱- تغییرات جابجایی نقاط سطح زمین، هنگامی که مدول الاستیسیته خاک تغییر می کند. ۱۱۷

شکل- ۶-۵۲- تغییرات جابجایی عمودی نقاط سطح زمین، هنگامی که مدول الاستیسیته خاک تغییر می کند. ۱۱۷
شکل- ۶-۵۳- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به ۳۰=φمی باشد ۱۱۸
شکل- ۶-۵۴- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به ۳۲=φمی باشد ۱۱۸
شکل- ۶-۵۵- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به ۳۴=φمی باشد ۱۱۹
شکل- ۶-۵۶- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به ۳۶=φمی باشد ۱۱۹
شکل- ۶-۵۷- گسترش منطقه گسیختگی در خاک که مربوط به ۳۸=φمی باشد ۱۱۹
شکل- ۶-۵۸- تغییرات جابجایی نقاط اطراف تونل، هنگامی که زاویه اصطکاک خاک تغییر می کند. ۱۲۰
شکل- ۶-۵۹- تغییرات جابجایی افقی نقاط اطراف تونل، هنگامی که زاویه اصطکاک خاک تغییر می کند. ۱۲۰
شکل- ۶-۶۰- تغییرات جابجایی عمودی نقاط اطراف تونل، هنگامی که زاویه اصطکاک خاک تغییر می کند. ۱۲۱
شکل- ۶-۶۱- تغییرات مقادیر چرخش نقاط اطراف تونل، هنگامی که زاویه اصطکاک خاک تغییر می کند. ۱۲۱
شکل- ۶-۶۲- تغییرات جابجایی نقاط سطح زمین، هنگامی که زاویه اصطکاک خاک تغییر می کند. ۱۲۲
شکل- ۶-۶۳- تغییرات جابجایی عمودی نقاط سطح زمین، هنگامی که زاویه اصطکاک خاک تغییر می کند. ۱۲۲

فهرست جدول ها

جدول-۲-۱- برخی از زلزله های مهم ایران از سالهای ۱۹۰۰تا۱۹۸۰ که همراه با گسلش های قابل توجه بوده اند ۱۶

جدول-۲-۲- صدمات وارده به تونل های حمل ونقل و انتقال آب بر اثر وقوع زلزله از سال ۱۹۲۳تاسال۱۹۹۳ در کشور ۲۱

جدول-۳-۱- خلاصه مشخصات مصالح استفاده شده در تحقیق ۴۸

جدول- ۳-۱- برنامه آزمایش گسلش معکوس ۵۵

جدول- ۶-۱- مشخصات خاک ۸۴

فصل اول

مقدمه

اگر تونلی از یک گسل فعال عبور کند، امکان جابه جایی گسل در طراحی تونل باید در نظرگرفته شود. هنگامی که تونل در خاک حفر می شود، ارزیابی اثر حرکت گسل آسان نیست.

تغییرشکل هاوتنش ها در تونلی که گسل فعالی از نزدیک آن عبور کرده است توسط

۱- جابه جایی گسل

۲- انتشار موج های زلزله

تحت تاثیر قرار می گیرند. در این تحقیق به بررسی پدیده گسلش و اثر آن بر روی تونل ها می پردازیم.

گسلش یکی از انواع دسته دوم آسیبهای ناشی از زلزله است که غالباً آسیبهای بسیار شدیدی را به ابنیه، تاسیسات و یا هر نوع سازه دیگر نزدیک به خود وارد می کند. از جمله مستحدثات بسیار مهم مورد تهدید گسلها میتوان به ساختمانهای نزدیک به گسل، شریانهای حیاتی همچون خطوط لوله آب، گاز، نفت، فاضلاب و نیز کابلهای انتقال برق و مخابرات، پلها،سدها و ... اشاره کرد. آسیبهای ناشی از گسلش به حدی شدید است که تا حد امکان تلاش می شود از ساخت و ساز نزدیک به آن اجتناب گردد؛ اما در بسیاری موارد اجتناب از نزدیکی به گسل ممکن نیست. برای نمونه در کشوری مانند ایران با گسلهای فراوان، اجتناب از عبور شریانهای حیاتی آن کشور از روی گسل غیر ممکن است[۱]. همچنین در موارد بسیاری ساخت وساز بر روی گسل در سالهای قبل انجام شده و امروز با مقاوم سازی آن سازه ها روبرو هستیم. در چنین شرایطی و برای پاسخ به این نیاز در طی سالها محققین مختلفی توجه خود را معطوف به این پدیده نموده و با روشهای مختلف آن را مورد بررسی قرار داده اند. جابجایی گسل وحرکات اختلافی زلزله در سرتاسر گسل مسئله اصلی در طراحی لرزه ای تونلی است که از میان یک گسل فعال عبور می کند. متاسفانه، کمبود اطلاعات مربوط به رفتار تونل های مدرن که در معرض اثرات گسلش هستند، باعث میشود که معیار مناسب برای طراحی لرزه ای دردسترس نباشد[۲].

مسئله مربوط به انتشار گسل در خاک از طریق مواد زیر ارزیابی شده است:

- تاریخچه موارد واقعی

- آزمایشات انجام شده در مقیاس کوچک
- تحلیل های عددی

ارزیابی تاریخچه موارد واقعی یک روش معتبر و قابل اطمینان است که تنها، آن چیزی را کنترل می کند که به طور طبیعی اتفاق می افتد و معمولاً به طور نسبی منجر به پیچیدگی در شرایط واقعی خاک به خصوص در عمق زیرین خاک می شود. پارامترهای مربوطه به طور گسترده به فشارهای استاتیکی بستگی دارد. برای به دست اوردن مقادیر تغییرشکل ها وتنش های ناشی از پدیده گسلش تنها می توان به آزمایشهای موسوم به جعبه ماسه اکتفا نمود، چرا که تاکنون مقادیر واقعی از تنش ها وکرنش ها در تونل هایی که تحت اثر پدیده گسلش قرار گرفته اند ثبت نشده است. این آزمایشها به دو صورت انجام می شود، 1-g و N-g. آزمایشهای N-g در دستگاه سانتریفیوژ صورت می گیرد. N مقادیر مختلف شتاب می باشد. نتایج این آزمایشها از اعتبار بیشتری برخوردار است، چرا که در این آزمایشها با توجه به مقدار N می توان مدل با ابعاد واقعی را ساخت. ولی همانطور که می دانیم تعداد این دستگاه در دنیا محدود بوده و دسترسی به آن آسان نمی باشد و همچنین این آزمایش ها هزینه بر و وقت گیر است. دیگر گزینه آزمایشگاهی، حالت نمونه سازی 1-g است که هزینه کمتری دارد و عیب اصلی آن این است که نمی تواند شرایط فشار مقیاس واقعی را شبیه سازی کند. بنابر این سعی می کنیم از روشهای عددی استفاده کنیم. شبیه سازی عددی شامل مزایای زیادی است. روند محاسبه ای موجود، هدایت و تنظیم مجموعه ی گسترده شبیه سازی پارامتری، در حداقل زمان و با کمترین هزینه نسبت به آزمایشاتی که مقیاس کوچک دارند. علاوه بر این، هم پارامترهای مرتبط با خاک و هم بارگذاری به طور کامل قابل کنترل اند. هیچ روش تکرار پذیری، همانند مدلسازی مربوط به آزمایشات انجام شده در مقیاس کوچک وجود ندارد.

از طرف دیگر واقعیت گرایی شبیه سازی عددی، به مدل های رفتاری بکار گرفته شده بستگی دارد. علاوه بر این قبل از اینکه شبیه سازی عددی به کار گرفته شود، این معادله رفتاری برای داده های آزمایشگاهی و یا موارد واقعی تایید شده است[۳].

در ابتدا نتایج عددی برطبق مدل آزمایشگاهی کالیبره می شود، سپس بررسی پارامتر ها با استفاده از روش های عددی صورت می گیرد. می توان از این نتایج برای طراحی تونل هایی که در حال ساخت هستند استفاده نمود و نیز برای تقویت و تعمیر تونل هایی که قبلا ساخته شده اند و حالا در معرض پدیده گسلش قرار دارند.

فصل دوم
مروری بر ادبیات فنی