

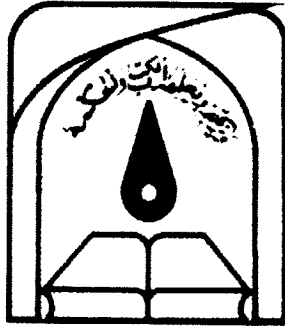
٤٩١٩
٢٠١٥



٣٨٢٩٤

ارز اطلاعات آرن علمی ابن
تیمپس آرن
ارز اطلاعات آرن علمی ابن
تیمپس آرن

۱۳۸۰ / ۷ / ۲۰



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی مهندسی
بخش عمران

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد سازه

ارزیابی رفتار لرزه ای تونلهای با پوشش بتن آرمه

مالک مختاری

استاد راهنما :

آقای دکتر حمزه شکیب

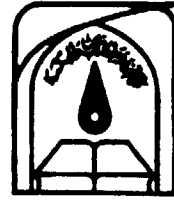
استاد مشاور :

آقای دکتر احمد علی فخیمی

014519

تابستان ۱۳۸۰






۳۸۳۹۴



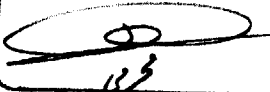
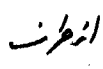
دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای مالک مختاری پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان ارزیابی رفتاری لرنزه‌ای تونل‌های با پوشش بتن آرمه در تاریخ ۸۰/۶/۱۲ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران باگرایش سازه پیشنهاد می‌کنند.

<u>امضاء</u>	<u>نام و نام خانوادگی</u>	<u>اعضای هیات داوران</u>
	آقای دکتر شکیب	۱- استاد راهنما:
	آقای دکتر فخمی	۲- استاد مشاور:
	آقای دکتر یثربی	۳- استادان ممتحن:
	آقای دکتر رجایی	
	آقای دکتر دانشجو	۴- مدیر گروه: (یا نماینده گروه تخصصی)

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه / رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:  



بسمه تعالی

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:
«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته عمران - سازه است که در سال ۱۳۸۰ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر نسلیب، مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر حخیمی و مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر _____ از آن دفاع شده است.»

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵ دانشجوی تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب مالک محترم دانشجوی رشته عمران - سازه مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مالک حمادی

تاریخ و امضاء
۸.۱۶.۱۴

تقدیم به پدر ، مادر و همسر عزیزم که در همه حال مشوق من بودند
و کلیه موفقیت‌هایم را مرهون زحمات آنان می دانم . امیدوارم این مجموعه
پاسخی هر چند ناچیز به محبت‌های ایشان باشد .

تشکر و قدردانی

به پاس قدردانی از زحمات آقایان دکتر شکیب و دکتر فخمی که در تمامی مراحل تدوین این مجموعه صمیمانه و با صبر و حوصله فراوان در رفع مشکلات پیش آمده بنده را یاری رسانده اند لازم می دانم مراتب سپاس و تشکر خویش را از ایشان ابراز نمایم.

همچنین از اساتید محترم هیئت ممثله که زحمت مطالعه و ارزیابی این مجموعه را تقبل فرمودند، نماینده محترم شورای تحصیلات تکمیلی، مسئولین محترم در شبکه شتابنگاری مرکز تحقیقات مسکن و ساختمان و کلیه دوستان عزیزم که مرا در تهیه این مجموعه یاری رساندند سپاسگزاری می کنم.

چکیده

این مطالعه رفتار لرزه ای تونل‌های با پوشش بتن آرمه را تحت تاثیر زلزله و به صورت پارامتریک بررسی می کند. رفتار لرزه ای تونل در مقطع عرضی توسط نرم افزار CA2 که یک برنامه تفاضل محدود صریح است بررسی می شود. پارامترهای مورد مطالعه ، سرعت موج برشی در خاک اطراف سازه تونل ، ضخامت پوشش ، عمق دفن تونل ، قطر خارجی پوشش و درصد میرایی خاک اطراف سازه تونل می باشد. مؤلفه افقی شتابنگاشت زلزله آبر به صورت یک موج برشی که به سمت سطح زمین انتشار می یابد بر مدلها اعمال میشود. از مقایسه نیروهای ایجاد شده در پوشش تونل، در حالت دینامیکی و استاتیکی حساسیت سازه تونل به نیروهای لرزه ای مشخص می شود .

نتایج نشان می دهد که با افزایش سرعت موج برشی در خاک اطراف سازه تونل ، نیروی محوری ، نیروی برشی و ممان خمشی در پوشش تونل، در حالت دینامیکی با شدت بیشتری تشدید می شوند و در نظر گرفتن تحلیل و طراحی لرزه ای اهمیت بیشتری می یابد.

کلید واژه : تونل ، پوشش ، زلزله ، تفاضل محدود صریح

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه

۱	۱-۱ کلیات
۳	۲-۱ اهمیت طراحی لرزه ای در تونلها
۱۴	۳-۱ هدف
۱۵	۴-۱ ساختار پایان نامه

فصل دوم : تاریخچه تحقیقات

۱۷	۱-۲ مقدمه
۱۸	۲-۲ تاریخچه تحقیقات
۱۸	۱-۲-۲ روش شبه استاتیک (بدون در نظر گرفتن اندر کنش خاک و سازه)
۱۸	۲-۲-۲ روش شبه استاتیک (با در نظر گرفتن اندکنش خاک و سازه)
۱۹	۳-۲-۲ روشهای دینامیکی آزمایشگاهی
۱۹	۴-۲-۲ روش دینامیکی (طرح اولیه)
۲۰	۵-۲-۲ روشهای دینامیکی تحلیلی
۲۰	۶-۲-۲ روشهای عددی تفاوت محدود و روش اجزا محدود
۲۱	۷-۲-۲ روش المانهای مرزی
۲۱	۸-۲-۲ طرح های عددی هیبرید
۲۲	۹-۲-۲ المانهای مجزا

فصل ۳: مدلسازی و فرمول بندی

۲۴	۱-۳ تاثیرات کلی زلزله
۲۴	۱-۱-۳ تکان زمین
۳۲	۲-۱-۳ شکست زمین
۳۳	۳-۱-۳ روشهای تحلیل لرزه ای
۳۵	۲-۳ فرمول بندی و مدل کردن سیستم
۳۵	۱-۲-۳ مقدمه
۳۵	۲-۲-۳ چگونگی ساختن مدل در CA2
۴۴	۳-۲-۳ تحلیل دینامیکی با CA2

فصل چهارم: مطالعات پارامتریک

۵۵	۱-۴ مقدمه
۵۷	۲-۴ اثر تغییر سرعت برشی خاک محل
۷۶	۳-۴ اثر تغییر نسبت ضخامت پوشش به قطر خارجی تونل
۸۲	۴-۴ اثر تغییر عمق دفن تونل
۸۶	۵-۴ اثر تغییر قطر خارجی پوشش
۹۰	۶-۴ اثر تغییر درصد میرایی

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۹۴	۱-۶ نتیجه گیری
۹۷	۲-۶ پیشنهادات
۹۹	فهرست منابع
۱۱۰	واژه نامه
۱۱۲	ضمیمه

فصل اول :

مقدمه

وزارت اطلاعات و ارتباطات
تهران
مهرماه ۱۳۸۸

۱-۱ کلیات

گسترده‌گی و پراکندگی عوامل موثر در طراحی لرزه ای سازه های زیرزمینی موجب ایجاد طیف وسیعی از روشها و نظریه ها در این مورد شده است . برای طراحی لرزه ای یک سازه زیرزمینی مانند تونل لازم است ضمن کسب و جمع آوری اطلاعات بصورت یک مدل مناسب این سازه مورد تحلیل قرار گیرد .

تونلها را میتوان به دو دسته کلی تونلهای ارتباطی مانند تونل راه و راه آهن و تونلهای انتقالی مانند تونلهای آبرسانی نیروگاهها یا آبرسانی شهری تقسیم بندی کرد . در این تحقیق به جهت انجام مطالعات پارامتریک ، تونل با مقطع دایره ای شکل با پوشش بتن آرمه ، مدل مورد مطالعه خواهد بود.

پوشش تونل به عنوان یک سازه محدود نقش تعیین کننده ای در پایداری تونل می تواند داشته باشد . نیروی محوری و ممان خمشی ایجاد شده در پوشش بتن آرمه تونل تحت بارهای وارده شاخص مهمی در طراحی تونل است .

در این مطالعه رفتار لرزه ای تونل در مقطع عرضی توسط نرم افزار CA2 که یک برنامه تفاضل محدود صریح است مورد بررسی قرار می گیرد . پوشش تونل به صورت اعضای خمشی و خاک اطراف در محدوده نزدیک بصورت شبکه محاسباتی با المانهای چهارگوش بر روی بستر سنگی و در محدوده دور بصورت مرزهای آزاد مدل می شود.

پارامترهای مورد مطالعه سرعت برشی محیط اطراف سازه تونل (با دسته بندی طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران) ، ضخامت پوشش ، عمق دفن تونل ، قطر خارجی پوشش و درصد میرایی محیط اطراف سازه تونل می باشد و سیستم تحت تاثیر زلزله ورودی که شتابنگاشت زلزله آبر (که در محیط سنگی ثبت شده است) می باشد تحریک و آنالیز می شود .

با توجه به مشاهدات گذشته بطور کلی سازه های زیرزمین در هنگام زلزله نسبت به سازه های سطحی آسیب کمتری دیده اند ، لیکن برخی سازه های زیرزمینی در طی برخی زلزله ها به شدت آسیب دیده اند که اطلاعات مربوط به این مشاهدات در قسمتهای بعدی ارائه می شود .

در طی زلزله لوما پریتا در سال ۱۹۸۹ در منطقه سانفرانسیسکو سیستم حمل و نقل روزمینی آسیبهای سختی را تجربه کرد . متروی سان فرانسیسکو (BART) یکی از ایمن ترین مکانها در هنگام وقوع حادثه بود و تنها راه دسترسی مردم و ارتباط آنها بین اوکلند و سانفرانسیسکو بعد از زلزله بود ، اگر این تونل آسیب دیده بود نتایج نائمی از عدم کارایی مترو غیرقابل تصور بود. سی سال پیش از این حادثه معیار طراحی لرزه ی در طراحی ۶۰ مایل طول متروی سانفرانسیسکو (BART) توسط مهندسين اعمال شده بود و آن باعث شد که مترو تحت زلزله مذکور کارایی خود را از دست ندهد [7] . با توجه به موقعیت کشور ما از لحاظ لرزه خیزی در نظر گرفتن تاثیر زلزله در سازه تونل اجتناب ناپذیر است .

¹ Bay Area Rapid Transit

۱-۲ اهمیت طراحی لرزه ای در تونلها

با وجود اینکه عموم مردم در مورد کارایی سازه های زیرزمینی شکاک هستند ، طراحان تونل عمدتاً براساس خسارات گزارش شده در گذشته می دانند که سازه های زیرزمینی در این میان ایمن ترین پناهگاهها در هنگام زلزله هستند . شاید بخاطر همین عقیده که در مورد ایمنی اکثر سازه های زیرزمینی وجود داشت در گذشته طراحی لرزه ای تونل کمتر از سازه های سطحی مورد ملاحظه و توجه قرار می گرفت .

در سالهای اخیر با توجه به افزایش اطلاعات در مورد خطر زلزله برای سازه های زیرزمینی مهندسين بر آن شدند که درک خود را از عوامل موثر بر رفتار لرزه ای سازه های زیرزمینی افزایش دهند .

نظر به اینکه گزارشهای زیادی مبنی بر آسیب دیدگی تونلها، معادن و فضاهای زیرزمینی ناشی از زلزله وجود دارد که در ادامه چند مورد از مطالعات موردی و آماری که در این خصوص انجام گرفته ارائه می شود و حاکی از اینست که تونلها و فضاهای زیرزمینی در برابر زلزله بطور مطلق مصون نبوده و بروز آسیبها و خسارتهای آنها کاملاً محتمل است .

برخی تونلها و دالانها بدون اعمال مقررات لرزه ای ویژه در زلزله های نسبتاً بزرگ در گذشته سالم باقی مانده اند ، مانند مترو مکزیکویتی در طی زلزله سال ۱۹۸۵ مکزیکویتی و از سوی دیگر برخی سازه های زمینی در طی دیگر زلزله ها به شدت آسیب دیده اند .

اطلاعات مربوط به کارایی سازه های زیرزمینی در هنگام زلزله در مقایسه با اطلاعات مربوط به کارایی سازه های سطحی نسبتاً اندک است و اطلاعات مربوط به تونلهای زیرزمینی با پوشش به مراتب باز هم کمتر است.

داویدینگ و روزن (۱۹۷۸) [111]^۱، ۷۱ مورد از پاسخ تونلها به تحریک زلزله را

گزارش کرده اند که مشخصات اصلی این گزارشات در زیر آمده است :

این تونلها با کاربریهایی مانند راه آهن و انتقال آب با قطرهایی از ۱۰ فوت تا ۲۰ فوت

بوده اند. بیشترین تونلها در محیط سنگی با کیفیت های مختلف جرمی سنگ ساخته شده اند.

روشهای ساخت و نوع پوشش این تونل ها بسیار متنوع می باشد . نوع سیستم نگهداری در

این تونلها از تونل بدون پوشش تا تونل با پوشش چوبی ، آجری ، بتنی و در نهایت پوشش

بتنی متغیر می باشد .

بر اساس مطالعه آنها _ داویدینگ و روزن _ عمدتاً در تونلهای سنگی تونلها از

سازه های روزمینی برای یک شدت تحریک داده شده ایمن تر هستند.

- در محیط های سنگی تونلهای عمیق از تونلهای کم عمق ایمن ترند.

- زمین لرزه های با شتاب 0.19g هیچگونه خساراتی در تونلهای بدون پوشش و

تونلهای با پوشش همراه نداشته اند.

- در زمین لرزه های با شتاب 0.25g تا 0.4g آسیبهای کمی شامل ترک در آجر یا بتن و

یا سقوط سنگهای شل در برخی موارد مشاهده شد.

- تا زمین لرزه های با شتاب 0.5g، ویرانی مشاهده نشد .

- امکان بروز خسارات موضعی و شدید در اثر زلزله در مورد تونل هائیکه از امتداد

گسلها عبور می نمایند بسیار زیاد می باشد .

¹ Dowding and Rozen (1978)

اون و شول¹ ۱۹۸۱ [5], مدارک بیشتری نسبت به داویدینگ و روزن (۱۲۷ مورد)

ثبت کردند. موارد اضافه شده علاوه بر تونلهای سنگی شامل موارد زیر هستند:

- آسیب های گزارش شده از کالورتها و تونلهای مستطیلی شکل اجرا شده با روش

حفر و پوشاندن که در خاک قرار دارند.

- اطلاعاتی در مورد معادن زیرزمینی و تونلهای دایروی تاکید محققین بر روی تونلهای

مستطیلی شکل با روش حفر و پوشاندن بوده که خاکهای اطراف آنها سست و عمق

دفن کم می باشد.

- یک تونل راه آهن که با روش حفر و پوشاندن و با پوشش آجری در زلزله ۱۹۰۶

سانفرانسیسکو از بین می رود, در این مورد دیوار آجری بدون تحمل هیچ ممانی

استفاده شد و سازه تونل ویران شد.

- پنج مورد خرابی تونل, تونلها به روش حفر و پوشاندن با پوشش بتن آرمه در زلزله

۱۹۷۱ سانفرانسیسکو صدمه دیدند. خسارات روی داده برای پوشش شامل موارد زیر

بود:

- خرابی مفاصلهای ضولی

- گسترش ترکهای ضولی و پوسته شدن بتن

- تشکیل مفاصل پلاستیک در بالا و پایین دیواره ها

¹.own and scholl