



مطالعه تاثیر عمق دفن بر پاسخ لرزه‌ای سازه‌های زیرزمینی مستدیر به کمک تحلیل دینامیکی گذرا

علی خیرالدین^۱، پژمان به‌زرد^۲

۱- دکترای سازه- دانشگاه سمنان- تلفن: ۰۲۳۱-۳۳۲۸۸۶۰

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه- دانشگاه سمنان- تلفن: ۰۹۱۲۳۳۶۹۳۸۷

E.mail: Pejmanb@gmail.com

خلاصه

در سال‌های اخیر استفاده از فضاهای زیرزمینی در شبکه حمل و نقل شهری در جهان رو به افزایش است. طراحی سازه‌های زیرزمینی مقاوم در برابر زلزله نیازمند توجه فراوان، دانش مهندسی و تجربه است. یکی از روش‌های ساخت سازه‌های زیرزمینی حفاری به کمک ماشین‌های حفرتونل (TBM) است، که در موقعیت‌هایی از جمله عمق زیاد حفاری و وجود سازه‌های فوقانی به سایر روش‌ها ترجیح داده می‌شود. تونل‌های حفاری شده عموماً مستدیر بوده و بدون ایجاد اثرات مهمی بر زمین بالای ناحیه‌ی حفاری ساخته می‌شوند، که از این لحاظ منحصر به فرد هستند. نحوه‌ی تاثیر زلزله بر سازه‌های زیرزمینی با سازه‌های سطحی تفاوت دارد. نیروی زلزله وارد بر سازه‌های سطحی متعارف اصولاً ناشی از اثرات اینرسی بر سازه می‌باشد، ولی در سازه‌های زیرزمینی زلزله بیشتر از طریق تغییرشکل‌های اعمالی از طرف زمین بر سازه تاثیرگذار است. مشاهدات جمع‌آوری شده از عملکرد سازه‌های زیرزمینی طی زلزله‌های اخیر بیانگر این است که تونل‌های عمیق، نسبت به تونل‌های کم عمق در برابر زلزله ایمن‌تر بوده و در معرض آسیب پذیری کمتری قرار دارند. به عبارت دیگر با افزایش روباره، آسیب‌های کمتری گزارش شده است. فلسفه‌ی طراحی لرزه‌ای سازه‌های زیرزمینی نیز همانند بسیاری از تسهیلات بحرانی به معیار طراحی دوگانه (دو سطح طراحی) نیاز دارد. هدف از سطح طراحی بالاتر رسیدن به ایمنی زندگی و هدف از سطح طراحی پایین‌تر بیان میزان آسیب‌های اقتصادی است. در این مقاله ابتدا با توجه به شرایط لرزه‌خیزی زمین میزبان، دو شتابنگاشت در سطوح دوگانه لرزه‌ای که با روش‌های تحلیل خطر لرزه‌ای تهیه شده است معرفی می‌گردد. سپس به کمک تحلیل دینامیکی گذرا تحت دو شتابنگاشت فوق و روش المان محدود، پاسخ لرزه‌ای سازه زیرزمینی مستدیر در عمق‌های مختلف با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی برای مصالح و اندرکنش خاک- سازه مورد مطالعه قرار گرفته و ضرائب تاثیر عمق دفن بر پاسخ لرزه‌ای تعیین می‌گردد. در ادامه به کمک روش‌های تحلیلی با استفاده از روش طراحی بر اساس تغییرمکان، پاسخ لرزه‌ای سازه در عمق‌های مختلف به دست آمده و با پاسخ حاصل از تحلیل دینامیکی مقایسه می‌گردد. نتایج بررسی نشان می‌دهد که با افزایش عمق (عمق 40 متر) پاسخ لرزه‌ای سازه‌های زیرزمینی به میزان چشمگیری کاهش می‌یابد. ضرائب کاهش حاصل از تحلیل دینامیکی با ضرائب ارائه شده توسط محققین که به کمک تحلیل انتشار موج به دست آمده است تطابق خوبی دارد.

کلمات کلیدی: سازه زیرزمینی مستدیر، تحلیل دینامیکی گذرا، اندرکنش خاک- سازه، المان محدود، TBM

مقدمه

سازه‌های زیرزمینی خصوصیتی دارند که رفتار لرزه‌ای آن‌ها را از اکثر سازه‌های سطحی متمایز می‌نماید. برجسته‌ترین این خصوصیات محصورشدگی کامل آن‌ها در خاک یا سنگ و نیز طول قابل توجه آن‌ها است. بنابراین طراحی تسهیلات زیرزمینی برای مقاومت در برابر بارگذاری لرزه‌ای نسبت به طراحی لرزه‌ای سازه‌های سطحی دارای جنبه‌های بسیار متفاوتی می‌باشد. این سازه‌ها در سه گروه که دارای روش‌های ساخت و خصوصیات طراحی متفاوتی هستند، دسته‌بندی می‌شوند: ۱- تونل‌های حفاری شده، ۲- تونل‌های حفر و پوش و ۳- تونل‌های لوله‌ای یا مجرای فرو برده شده. روش حفاری یا کندن در موقعیت‌هایی از جمله عمق زیاد حفاری و وجود سازه‌های فوقانی به روش حفر و پوش ترجیح داده می‌شود. تونل‌های حفاری شده بدون ایجاد اثرات مهمی بر زمین بالای ناحیه‌ی حفاری ساخته می‌شوند، که از این لحاظ منحصر به فرد هستند. تونل‌های حفاری شده با استفاده از ماشین‌های حفرتونل (TBM) عموماً مستدیر هستند، سایر تونل‌ها می‌توانند به شکل مستطیلی یا نعل اسبی باشند. مطالعات بسیاری پیرامون آسیب‌های زلزله بر تسهیلات زیرزمینی انجام گرفته است. لیکن اطلاعات در مورد عملکرد تونل‌ها در هنگام زلزله در مقیاسه با سازه‌های ساخته شده در سطح زمین بسیار کم و پراکنده است. نتایج مشاهدات متعدد نشان می‌دهد سازه‌های زیرزمینی به طور کاملاً محسوسی

^۱ دانشیار دانشگاه سمنان، دانشکده مهندسی

^۲ مهندس سازه، مهندسین مشاور