مطالعه آسیب‌پذیری خطوط لوله انتقال گاز در برابر زمین‌لغزش

اکبر واثقی
دانشیار پژوهشکده مهندسی سازه vasseghi@iiees.ac.ir

ابراهیم حق‌شناس، سهیل همتی

در صورت رخداد زمین‌لغزش در محل عبور خطوط انتقال گاز، تغییرشکل لوله و خاک اطراف آن اجتناب ناپذیر بوده و بررسی آسیب‌پذیری خطوط انتقال گاز در مناطق مستعد زمین‌لغزش با در نظرگیری پارامترهای تأثیرگذار بر آن، ضرورت می‌یابد. علاوه بر این، مشخص شدن احتمال آسیب به خطوط لوله‌ی انتقال گاز در مناطق مستعد لغزش به جهت برنامه‌ریزی برای کاهش خطرات احتمالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از اجرای این تحقیق، بررسی آسیب‌پذیری خطوط لوله انتقال گاز در نواحی مستعد زمین‌لغزش و ارائه‌ی منحنی‌های شکنندگی بر اساس جابه‌جایی زمین‌لغزش و پیشنهاد راهکارهایی جهت کاهش ریسک شکست خط لوله عبوری از مناطق مستعد زمین‌لغزش می‌باشد.

بدین منظور، با در نظر گرفتن خط لوله‌ای به طول ۱۵۰۰ متر، علاوه بر بررسی طولی از خط لوله‌ی انتقال گاز که تحت تأثیر زمین‌لغزش قرار می‌گیرد (طول فعال)، مطالعه پارامتریک جامعی نیز با تغییر پارامترهای قطر، ضخامت جداره‌ی لوله، مقاومت فولاد لوله، فشار داخلی لوله، جنس خاک، ابعاد و میزان جابه‌جایی توده‌ی لغزشی برای بررسی احتمال آسیب به خط لوله‌ی انتقال گاز انجام شده است. این مطالعه با بکارگیری روش اجزای محدود و انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی به کمک نرم‌افزار ANSYS انجام شده است. روش مدلسازی نیز استفاده از مدل تیر و فنر وینکلر بوده که خط لوله به صورت تیر تیموشنکو و خاک نیز به صورت فنرهای غیرخطی در راستاهای محوری، جانبی و قائم در نظر گرفته شده است. صحت مدل ساخته شده با نتایج بدست آمده از زمین‌لغزشی واقعی و مطالعه‌ای آزمایشگاهی سنجیده شده و به کمک نتایج بدست آمده از تحلیل و محاسبات عددی، طول فعال مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه، توابع شکنندگی در دو سطح عملکردی سرویس‌دهی و عدم نشت گاز که به ترتیب معادل کرنش کششی طولی ۲ درصد و ۴ درصد هستند، در برابر جابه‌جایی زمین‌لغزش توسعه داده شده‌اند. در نهایت، اثر پارامترهای مختلف در آسیب‌پذیری خط لوله بررسی و منحنی‌های شکنندگی بر اساس جابه‌جایی ماندگار زمین در هر دو سطح عملکردی ترسیم گردیده است. در آخرین گام نیز راهکارهایی جهت کاهش ریسک شکست خط لوله در برابر زمین‌لغزش ارائه شده است.

نتایج نشان می‌دهد که طول فعال خط لوله بر اساس آئین‌نامه‌های طراحی، به دلیل تخمین کم نیروی محوری ایجاد شده در مقطع لوله، ۳۵٪ کمتر از طول فعال حاصل از تحلیل بوده و رابطه جایگزینی برای آن پیشنهاد گردیده است. همچنین نتایج تحلیل شکنندگی حاکی از آن است که با افزایش قطر لوله، آسیب‌پذیری خط لوله کاهش یافته و با افزایش عرض زمین‌لغزش احتمال آسیب خط لوله افزایش می‌یابد. این افزایش احتمال آسیب برای لوله‌های مدفون در خاک نرم در هر قطر لوله تا عرض مشخصی از زمین‌لغزش ادامه داشته و سپس تغییری نمی‌کند. آسیب‌پذیری

Vulnerability Study of Gas Transmission Pipelines Subjected to Landslides

Akbar Vasseghi
Associate Professor, Structural Engineering Research Center
vasseghi@iiees.ac.ir

Ebrahim Haghshenas, Soheil Hemmati

Natural gas transmission pipelines have a vital role in human life, and thus they are classified as lifelines. These lines are susceptible to failures when they cross potential landslide regions. Such failures have substantial economic and environmental consequences and usually result in significant service interruptions. Since landslides in Iran are classified as very high-risk natural hazards, which have caused catastrophic damages in recent years, and also the extensive network of gas pipelines in this country, the possibility of damage to gas pipelines due to landslides is inevitable. During a landslide, the active length of the pipe is highly stressed, and it is prone to failure. The vulnerability of the gas transmission lines in areas prone to landslides should be investigated according to the influential factors, and also, the length of the pipeline affected by the landslide is unknown. The active length is considered a protected length, and in order to reduce the risk of pipe rupture, the construction of bents, joints, and equipment should be avoided within this length. Thus, an accurate estimate of this length is essential in the design process. This research aims to investigate the vulnerability of gas transmission pipelines in landslide-prone areas, provide fragility curves based on landslide displacement, and suggest solutions to increase pipelines' reliability.

Therefore, nonlinear static analyses were carried out to evaluate the response of the pipelines under landslide-induced ground displacements. The finite element analyses are performed using the Ansys software platform. The pipe is modeled by nonlinear pipe elements, and the pipe-soil interaction is modeled by Winkler springs. Buried pipes with diameters of 12, 20, 30, and 48 inches under various internal pressure in two different soils are analyzed. The effects of pipe wall thickness and steel grade on the pipeline vulnerability were also evaluated.

The results of the analyses indicate that the anchor length increases with increasing pipe diameter. The soil properties also significantly affect the anchor length, but the internal pressure has only a marginal effect on the anchor length. The relevant equation of the anchor length provided by the PRCI guidelines is about 35% less than that obtained from the analyses. A more accurate equation for the anchor length is proposed in this study. Moreover, based on the results of the analyses, landslide fragility functions were developed for the pipelines at the operation (OP) and pressure integrity (PI)

خط لوله مدفون در خاک نرم به طور میانگین ۶۰ درصد کمتر از خاک سخت می‌باشد. فشار داخل لوله تأثیر زیادی بر آسیب‌پذیری خطوط ندارد. اما افزایش فشار داخلی موجب کاهش اندک آسیب‌پذیری می‌گردد. افزایش ضخامت جداره و مقاومت فولاد نیز موجب کاهش چشمگیر آسیب‌پذیری می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خطوط انتقال گاز، زمین‌لغزش، طول فعال، آسیب‌پذیری، منحنی شکنندگی

limit states. The results indicate that pipeline vulnerability decreases significantly as the pipe diameter increases. For a specific pipe diameter laid in soft soil, the vulnerability increases with increasing landslide width up to a threshold width where the effect of the landslide width becomes negligible. Landslide width does not have significant effect on pipelines laid in hard soil. In addition, the pipeline in hard soil is more vulnerable than in soft soil. Moreover, internal pressure is found to have no significant effect on the vulnerability of various pipelines. The results also show that the risk of pipeline failure can be reduced significantly by increasing the pipe wall thickness and using a higher-grade steel material in the potential landslide regions.

Keywords: Gas transmission pipelines, Landslide, Active length, Vulnerability, Fragility curve