unesco
Category 2 Centre under the auspices of UNESCO
RCECWA
Regional Education and Research Center on Earthquake Risk Management and Resilience for West and Central Asia
International Institute of Earthquake Engineering and Seismology

شبیه‌سازی دقیق‌تر عملکرد لرزه‌ای شبکه آب و تأثیر آن بر محاسبه زمان پایداری هیدرولیکی بر اساس اصلاح دبی ناشی از ترکهای لوله‌ها تحت اثر بار زلزله

محمود حسینی
دانشیار پژوهشکده مهندسی سازه hosseini@iiees.ac.ir

آرام سروشیان، عبدالرضا آستارکی، محمدرضا جلیلی قاضی زاده

شریان حیاتی به سیستم‌هایی مانند سیستم‌های حمل و نقل، انتقال انرژی و سیستم‌های ارتباطی گفته می‌شود که برای زندگی انسان‌ها و عملکردهای شهری ضروری است و بدون آنها زندگی یک ناحیه شهری فلج می‌شود. این سیستم‌ها در هنگام حوادث طبیعی مانند زلزله، سیل، سونامی، طوفان، و برف‌های سنگین، بسیار حائز اهمیت و از طرفی معمولاً بسیار آسیب‌پذیر هستند. در واقع در رخداد بلایای طبیعی نجات جان انسان‌ها و کاهش خسارات مالی و برگشت به زندگی عادی و خدمت‌رسانی به جامعه به این شریان‌های حیاتی وابستگی شدیدی دارد.

از این رو، تعیین وضعیت کنونی شریان‌های حیاتی و بیان آن به صورت قابل لمس برای تصمیم‌گیرندگان کلان کشور از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است تا در زمان لازم مسؤولین مربوطه بتوانند تصمیماتی صحیح، سریع و اقتصادی بگیرند.

یکی از مهم‌ترین شریان‌های حیاتی شبکه آبرسانی هر شهر می‌باشد. آسیب به شبکه آبرسانی شهری به صورت مستقیم و غیرمستقیم خسارات جانی و اقتصادی زیادی را به جامعه وارد می کند که از آن جمله می‌توان به عدم دسترسی مردم به آب آشامیدنی سالم و افزایش احتمال بیماریهای مسری و مرگبار، عدم امکان اطفای حریق در هنگام آتش‌سوزی و مختل شدن شبکه‌های خدمات‌رسانی شهری اشاره کرد. از دهه ۷۰ میلادی و با گسترش شهرنشینی و تبدیل شهرها به کلانشهرها، توجه به شریانهای حیاتی و بخصوص شبکه آبرسانی شهری اهمیت یافت. در ابتدا، تحقیقات بر روی اجزاء این شبکه شامل مدلسازی‌های شکست انواع لوله‌ها، اندرکنش خاک و لوله و انواع اتصالات صورت می‌گرفت ولی در سالیان اخیر توجه محققان بیشتر به عملکرد کلی سیستم معطوف شده است.

در تحقیق حاضر، انواع مختلفی از نشت ناشی از ترکهای مستطیلی در لوله‌های شبکه آب شهری مورد بررسی قرار گرفته است. مدل آزمایشگاهی با تعداد پنج نمونه بازشدگی با مقطع مستطیلی و با سطح مقطع یکسان و همچنین سه نمونه بازشدگی مربعی با سطح مقطع متغیر تهیه گردید. در این آزمایش‌ها، لوله‌های فولادی در سه قطر مختلف مورد استفاده قرار گرفت. تأثیر تغییرات سطح مقطع، قطر لوله، نسبت ابعادی ترکهای ایجاد شده مورد بحث و بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که در اعداد رینولدز بالا، پارامتر هیدرولیکی فشار و عدد رینولدز تأثیری بر مقدار ضریب دبی بازشدگی ندارد و بر این اساس رابطه‌ای برای ضریب دبی نشت بر پایه مشخصات فیزیکی لوله‌ها شامل قطر لوله، سطح مقطع لوله و نسبت ابعادی نشت از ترک مستطیلی ارائه گردید. این رابطه از این نظر حائز اهمیت است که می‌توان شبکه آبرسانی آسیب دیده را مستقل از پارامترهای هیدرولیکی بررسی نمود. در پایان، از رابطه محاسبه شده برای تحلیل شبکه آسیب‌دیده

More Accurate Simulation of Seismic Performance of Water Network and its Effect on Calculation of Hydraulic Stability Time Based on Correction of Discharge Caused by Pipe Cracks due to Earthquake Load

Mahmood Hosseini
Associate Professor, Structural Engineering Research Center
hosseini@iiees.ac.ir

Aram Soroushian, Abdolreza Astaraki, Mohammadreza Jalili

Lifelines are systems such as transportation systems, energy transmission systems, and communication systems, that are essential for human life and urban functions. Without lifelines many large metropolitan areas will be paralyzed. Lifeline systems are highly sensitive to natural disasters such as earthquakes, floods, tsunamis, storms, and heavy snows. Therefore, determining the current status of critical lifelines and making them palpable is crucial for the country's major decision makers so that they can make the right, quick, and economical decisions.

One of the most important lifelines in any city is the water supply network. Damage to the urban water supply system directly and indirectly causes lots of human and economic damages to the community, including inadequate access to safe drinking water and increased likelihood of contagious and fatal diseases, inability to extinguish fires. Since the 1970s, with the advent of urbanization and the transformation of cities into metropolises, attention has been paid to vital lifelines, including the water supply network. Initially, research on the components of this network has involved the modeling of various types of pipe failures, soil and pipe interactions, and facial joints. But in the recent years, more attention has been paid to the overall performance of the system.

In this research, different types of rectangular cracks in the water network have been tested. The laboratory model was prepared with five rectangular cracks with identical opening cross-sectional area and six circular and square cracks with variable opening cross-sectional area. Steel pipes were used in these experiments. The influence of cross-sectional area, pipe diameter, and aspect ratios of the rectangular cracks was discussed. The results showed that, in high Reynolds numbers, the pressure and Reynolds number have no effect on the amount of discharge coefficient, and besides, for low and moderate viscosities, the more the aspect ratio of rectangular crack, the more is the discharge. In view of the considerable number of tests, and after studying the consistence of the results with the separate results reported

in the literature, a relationship for the leakage coefficient based on physical characteristics, including pipes diameters, cracks' cross sectional area and rectangular cracks' aspect ratio was presented. This relationship is important in that the damaged water supply network can be investigated independent from the hydraulic parameters.

Finally, the proposed empirical relation was used to analyze the damaged network of Mashhad Zone 3 region. Based on the region's seismic parameters, six failures were predicted for the investigated water network. An optimization program was developed based on the genetic algorithm and considering resiliency as the objective function, and the locations of the fractures in the pipes was determined by minimizing the objective function. Finally, the damaged network was analyzed and the network status was determined. The results of this research are summarized as follows:

1- Accuracy of the values of leakage coefficient and leakage exponent allocated to failures are of considerable importance in more detailed study of seismic vulnerability of water network. In more detail, changes of about fifteen percent in leakage coefficient can lead to changes up to twenty-five percent in estimation of the pressure at the water network nodes.
2- In calculations related to seismic vulnerability of water networks, 0.64 and 0.5 are in general appropriate values for the leakage coefficient and leakage exponent, respectively.
3- With increasing in the aspect ratio of the rectangular cracks on the steel pipes, the discharge increases, when the viscosity is low or moderate. This is theoretically explained.
4- An empirical relation for the discharge coefficient of rectangular openings based on the physical parameters: pipe diameter, opening area, and opening aspect ratio, is presented.
5- Hydraulic Endurance Time (HET) parameter of the water supply network is a new parameter that shows the seismic vulnerability of water networks after the earthquake.
6- Installation of pressure reduced valves (PRV) is very effective in increasing the networks HST. For increasing the HST, however, the locations of PRV s may be considerably more important compared to the number of PRVs.

Keywords: Water network, Leakage, Rectangular cracks, Seismic performance, Hydraulic endurance time (HET), Resiliency

منطقه ۳ مشهد استفاده گردید. با استفاده از پارامترهای لرزه‌ای منطقه، تعداد شش شکست برای شبکه آب مورد بررسی پیش‌بینی گردید. تابع هدفِ کمترین مقدار تاب‌آوری شبکه به یک برنامه بهینه‌سازی بر پایه الگوریتم ژنتیک افزوده شده و محل شکست‌ها در لوله‌ها با توجه به کمینه کردن تابع بهینه تعریف شده مشخص گردید. در نهایت شبکه آسیب‌دیده از نظر هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج این تحقیق در قسمت‌های مختلف بدین‌گونه جمع‌بندی می‌گردد:

۱- مقادیر دقیق‌تر ضریب و توان نشت اختصاص داده شده به شکست‌ها در بررسی دقیق‌تر آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه آب از اهمیت قابل توجهی برخوردار است و تغییر حدود پانزده درصدی در ضریب نشت می‌تواند تا بیست و پنج درصد در برآورد فشار گره‌های شبکه مؤثر باشد؛
۲- در محاسبات مربوط به بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه آب اعداد ۰.۶۴ و ۰.۵ مقادیر مناسبی به ترتیب برای ضریب و توان نشت می‌باشند؛
۳- بررسی عددی و آزمایشگاهی تأثیر نسبت ابعادی بازشدگی‌های مستطیلی بر میزان دبی خروجی نشان داد که با افزایش نسبت ابعادی دبی آب خروجی افزایش می‌یابد (که علت این پدیده برای اولین بار توضیح داده شد)؛
۴- رابطه‌ای جهت ضریب دبی بازشدگی‌های مستطیلی بر اساس پارامترهای فیزیکی قطر لوله ها، مساحت بازشدگی و نسبت ابعادی بازشدگی ارائه گردید؛
۵- پارامتر زمان دوام هیدرولیکی (Hydraulic Endurance Time) شبکه آبرسانی به عنوان پارامتری که آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه‌های آب را پس از زلزله نشان می‌دهند، ارائه گردید؛
۶- نشان داده شد که تعبیه شیرهای فشارشکن در افزایش پارامتر زمان پایداری هیدرولیکی شبکه‌ها بسیار اثر بخش است. با این وجود محل شیرهای فشارشکن بیش از تعداد آنها در میزان این افزایش و تقویت لرزه‌ای شبکه آب مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: شبکه آب، نشت، ترک مستطیل شکل، عملکرد لرزه‌ای، زمان پایداری هیدرولیکی، تاب‌آوری