



آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه آبرسانی

بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران جهت مقاوم‌سازی

رضا رهنما^۱، رضا راستی^۲، نعمت حسنی^۳ و مصطفی قیاسوند^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت در سوانح طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران (نویسنده مسئول) reza5447@yahoo.com

۲. هیئت علمی دانشکده آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۳. هیئت علمی دانشکده آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران n_hassani@sbu.ac.ir

۴. کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه شهید بهشتی، تهران mgh_gis@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: در ایران شریان‌های حیاتی، از جمله سامانه‌های آبرسانی، بطور اصولی در مقابل اثرات زلزله طراحی نشده‌اند. سابقه این سامانه‌ها به حدود نیم قرن پیش برمی‌گردد، در حالیکه مهندسی زلزله شریان‌های حیاتی در حدود سه دهه بیشتر عمر ندارد. لذا عدم طراحی لرزه‌ای در سامانه آبرسانی کشور امری دور از انتظار نیست. لوله‌های مدفون به عنوان بخشی از سامانه‌های آبرسانی در مقابل ارتعاشات زمین، برخورد با گسل و یا عبور از مناطق با پتانسیل زمین لغزه و روانگرایی آسیب‌پذیر هستند. بدین منظور پیش بینی عملکرد چنین سازه‌هایی در حین وقوع زلزله‌های آینده ضرورت می‌یابد. تهران به عنوان یکی از شهرهای مهم ایران، از نظر زمین لرزه جزء مناطق پر زیان به‌شمار می‌آید و چندین گسل در محدوده این شهر وجود دارد. منطقه ۱۱ آن نیز یکی از مناطق مهم و حساس می‌باشد. از این رو برآورد آسیب‌پذیری و عملکرد لوله‌های انتقال و شبکه توزیع آب در آن اهمیت ویژه‌ای دارد.

روش: با بهره‌گیری از روابط کاهندگی و روش احتمالاتی Hazus، آسیب‌های وارده به شبکه آبرسانی مذکور با برنامه‌نویسی VBA در محیط اکسل و بهره‌مندی از نرم افزار GIS، برآورد می‌شود.

یافته‌ها: شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران در اثر فعالیت احتمالی گسل شمال تهران آسیب چندانی ندیده و تنها بخش‌هایی از لوله‌های غیرمنعطف و با قطر کم آسیب خواهند دید.

نتیجه‌گیری: با عنایت به آنالیز شبکه مذکور در اثر فعالیت گسل شمال تهران، معین شد که لوله‌های سایز بزرگ، منعطف و همچنین لوله‌هایی که با اتصالات هم‌جنس کار گذاشته می‌شوند کمترین آسیب را خواهند دید. از این پژوهش به منظور اولویت‌بندی در راستای مقاوم‌سازی شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران می‌توان بهره برد.

کلید واژه‌ها: شریان‌های حیاتی، لوله‌های مدفون، آسیب‌پذیری لرزه‌ای، زلزله، گسل

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** رهنما، رضا، راستی، رضا، حسنی، نعمت؛ قیاسوند، مصطفی (زمستان ۱۳۹۴). بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران جهت مقاوم‌سازی. فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۵ (۴)، ۳۰۸-۳۱۴.

Study of Seismic Vulnerability for Retrofitting Water Supply Network of Tehran District 11

Reza Rahnema¹, Reza Rsti², Nemat Hasani³ & Mustafa Ghiasvand⁴

1. A graduate student in disaster management, University of martyr Bhshty.thran (Author)

2. Faculty of Water and Environment, University of martyr Bhshty.thran

3. Faculty of Water and Environment, University of martyr Bhshty.thran

4. Master of Remote Sensing, University of martyr Bhshty.thran

ABSTRACT

Background and objective: Lifelines in Iran, including the water supply, are not designed properly for coping with earthquake impacts. The history of these systems return back to about half a century ago, while the Lifeline Earthquake Engineering lasts no longer than about 3 decades. Therefore, lack of seismic design in water supply system of the country is inevitable. As a part of water supply system, buried pipes are vulnerable to ground motions, faults, passing through lands with landslide potentials and liquefactions. Based on this, it is necessary to forecast future performance of such structures during earthquakes occurrence. Tehran, as one of Iran's major cities, is located on an earthquake prone area with many active faults. Tehran 11 district is also very important district from exposure to earthquake hazards point of view. So, risk assessment and evaluating pipe lines performance in transforming and distributing water in the District 11 water supply network is of great importance.

Method: With utilization of attenuation relations and Hasus probabilistic hazard assessment method and by using programing VBA in Excel and utilization of GIS software, damages to the said water supply network will be assessed.

Findings: The result shows that the there won't be many damages to the water supply network of District 11 of Tehran due to the Tehran north fault possible activities and only rigid pipes with small diameter will be damaged.

Conclusion: Referring to the afore said network analysis which is done based on Tehran north fault activity, it is determined that flexible big size pipes and also pipes with the same quality connections bear less damages. Results of this research can be used for prioritization in line with retrofitting of Tehran District 11 water supply network.

Keywords: Lifelines, Buried Pipes, Seismic Vulnerability, Earthquake, Fault

► **Citation (APA 6th ed.):** Rahnema R, Rsti R, Hasani N, Ghiasvand M (2015, Winter). Study of Seismic Vulnerability for Retrofitting Water Supply Network of Tehran District 11. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 5(4), 308-314.

مقدمه

خطوط لوله شبکه آب تنها قسمت مهم شبکه آب نیست اما بیش‌ترین خسارت لرزه‌ای ناشی از زلزله به این قسمت‌ها و خصوصاً به اتصالاتی‌های این خطوط وارد می‌شود. سامانه‌های خطوط لوله به دلیل گستردگی و عبور از نواحی مختلف در معرض خطرات گوناگون قرار می‌گیرند و همچنین به علت پر مولفه بودن و پیچیدگی آن‌ها سبب می‌گردد که در برابر خطرات زمین‌لرزه از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار باشند. همچنین سامانه‌های خطوط لوله به ویژه خطوط لوله مدفون به عنوان یکی از شریانهای حیاتی در کاهش و یا افزایش خسارات و آسیب‌پذیری ناشی از خطرات زمین‌لرزه نقش کلیدی دارند. لوله‌های مدفون در سطح وسیعی از شهرها پراکنده شده و در تمامی مناطق اعم از مناطق با خطرپذیری بالا، متوسط و کم به چشم می‌خورند. لذا مصون ماندن آنها در زلزله‌های احتمالی امری امکان‌ناپذیر و غیرممکن می‌باشد. در نتیجه بهترین نوع برخورد با این بالای طبیعی و مدیریت صحیح، شناخت دقیق و درست از آسیب‌های احتمالی وارده می‌باشد (رفیعی انزاب و نعیمه؛ نعمت حسنی و رضا راستی اردکانی، ۱۳۹۲).

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) قابلیت مدیریت همزمان داده‌های مکانی و توصیفی و همچنین انجام تحلیل‌های مختلف را دارا بوده و می‌تواند منجر به استانداردسازی داده‌ها، کاهش هزینه‌ها، داشتن یک شبکه پایدار، بهبود مدیریت حوادث و امداد، بهبود کیفیت اطلاعات، عدم تکرار داده‌ها، بهنگام بودن داده‌ها، به اشتراک‌گذاری داده‌ها، یکپارچه‌سازی و بهبود پروسه‌های مربوط به شبکه‌های آبرسانی شود.

همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌گردد بیشتر آسیب‌پذیری لوله‌های مدفون طی زلزله‌های گذشته، ناشی از بیرون کشیدگی اتصالات بوده که عامل اصلی این بیرون زدگی‌ها، هندسه لوله می‌باشد به این معنا که هرچه قطر لوله بیشتر باشد سطح تماس لوله و خاک بیشتر خواهد بود که باعث می‌شود نیروی بیشتری از خاک به لوله انتقال یابد و از سوی دیگر ضخامت دیواره لوله محل توزیع این نیروها می‌باشد، پس می‌توان گفت؛ هندسه لوله رابطه مستقیم با کرنشهایی دارد که در طول لوله رخ می‌دهند، این کرنش‌ها عامل اصلی بیرون زدگی اتصالات می‌باشند، در مدل ارزیابی خسارت

ارائه شده HAZUS-SR یک عامل اصلی برای میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای لوله‌های مدفون، نیروهای ناشی از بیشینه سرعت زمین مطرح می‌شود، که در فرمول‌های ارائه شده برای محاسبه این مؤلفه، فاصله از گسل مُسبب بسیار اهمیت دارد.

جدول ۱: نمونه‌هایی از آسیب‌پذیری سامانه آبرسانی در زلزله‌های گذشته (امیدوار، بابک؛ ناصر مهردادی و رامین احمدیان، ۱۳۹۲)

زلزله	نحوه آسیب به شبکه
زلزله ۱۹۶۴ نی گاتا ژاپن	بیرون کشیدگی اتصالات، گسیختگی لوله‌ها و خرابی اتصالات تویی
زلزله ۱۹۷۱ سان فرناندو	بیرون زدگی اتصالات، ترک خوردگی خطوط لوله چدنی
زلزله ۱۹۷۵ هاپچینگ چین	شکست در لوله‌ها
زلزله ۱۹۷۸ میاگی - کن - اکی، ژاپن	شکستگی لوله‌های مدفون در اثر پدیده روانگرایی
زلزله ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی	بیشترین خسارت در اقطار کوچک لوله‌ها
زلزله ۱۹۹۴ نورتریج	خرابی خطوط انتقال در محل گسل‌ها
زلزله ۱۹۹۵ کوبه ژاپن	آسیبهای عمده به محل اتصالات، تغییر شکل و کمانش در لوله‌ها، بیشترین آسیب به لوله‌های آریست سیمان وارد شد
زلزله ۱۹۹۹ کوجایی ترکیه	آسیب به خطوط انتقال بتنی، آسیب به خطوط لوله در اثر روانگرایی، حرکت گسل، گسترش جانبی و تکانهای شدید زمین
زلزله ۱۹۹۹ جی جی تایوان	آسیب در اثر شکندگی و در رفتگی در اتصالات
زلزله ۲۰۰۳ بم	خرابی در منهولها و شکست در اتصال لوله‌ها به منازل
زلزله ۲۰۰۴ نیگاتای ژاپن	آسیب گسترده به منهول‌ها در اثر روانگرایی، خسارت به لوله‌های آریستی

با عنایت به خلاصه گزارشات ارائه شده در جدول ۱ می‌توان گفت که مُد خرابی لوله‌های مدفون آسیب در محل اتصالات می‌باشد، همچنین لوله‌های تُرد آسیب بیشتری نسبت به لوله‌های منعطف دارند. در صورت استفاده از لوله‌های انعطاف پذیر، می‌توان آسیب‌ها را به میزان ۷۰٪ در ناحیه ارتجاعی کاهش داد.

این پژوهش با هدف ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای لوله‌های مدفون، شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران را براساس شرایط ساختگاهی و درس از زلزله‌های گذشته مورد بررسی قرار می‌دهد.

روش

بر پایه روش احتمالاتی از نرم افزار جی آی اس^۱ استفاده شده است و با دریافت لایه های اطلاعاتی (به صورت نقشه و جداول) مختصات نقاط، دریافت و با بهره گیری از نرم افزار Excel محاسبات انجام شده و دوباره جهت کارتوگرافی به نرم افزار جی آی اس منتقل می گردد، دلیل استفاده از نرم افزار کمکی اکسل ناموجود بودن حلقه^۲ در اطلاعات توصیفی نرم افزار جی آی اس می باشد، همچنین جهت بهره گیری از فرمول های موجود، به دلیل وابستگی مابین ستون ها^۳ (در جدول مربوط به اطلاعات توصیفی) نمی توان محاسبات را در یک ستون به انجام رساند که حاصل آن افزایش بی مورد اطلاعات توصیفی می باشد که پژوهش حاضر با استفاده از محیط برنامه نویسی VBA در نرم افزار اکسل از این حلقه ها بهره مند شده است. برای تحلیل لرزه ای در منطقه مورد مطالعه از روش احتمالاتی استفاده خواهد شد. این رهیافت شامل ۴ مرحله می باشد، که در ادامه شرح داده خواهد شد.

انتخاب کانون: برای به دست آوردن یک سناریو زلزله علاوه بر بزرگای زلزله، نیاز به یک چشمه نقطه ای به عنوان کانون زلزله می باشد که این چشمه لرزه را بر روی گسل هایی که منطقه مورد مطالعه را مورد تهدید قرار می دهد انتخاب می گردد (احمدیان، ۱۳۹۲ - ص ۴۹).

شناسایی چشمه های لرزه زا: در این قسمت نزدیک ترین گسل به خطوط لوله شناسایی می شود. که جهت مشخص نمودن یک کانون مناسب جهت برآورد سناریو نزدیک به واقعیت بر روی هر گسل، با میانگین گیری از فاصله های مختلف نقاط روی گسل نسبت به مرکز، تقسیم بندی های هر لوله به دست آمده و مرکزها انتخاب شده است. با این وجود همواره در تعیین و شناسایی چشمه های لرزه زا، عدم قطعیت فضایی وجود دارد. در بیشتر مواقع فرض می شود که تمام انرژی در کانون زلزله آزاد می شود؛ اما واقعیت این است که انرژی از تمام طول گسیختگی گسل آزاد می شود (این انرژی در سطح زمین خود را به صورت تغییر مکان، سرعت و شتاب نشان

می دهد). بخشی از گسل ممکن است به ساختگاه نزدیک تر باشد تا فاصله کانون تا ساختگاه (احمدیان، ۱۳۹۲ - ص ۱۵). کیورخیان و آنژ (۱۹۷۷) یادآور شدند که سطح گسیختگی یک زمین لرزه بزرگ می تواند انرژی بیشتری از کانون زمین لرزه که در فاصله دورتری واقع است، در یک ساختگاه آزاد کند.

تعیین بزرگا: حداکثر بزرگای محتمل هر گسل را می توان با استفاده از اطلاعات زمین شناختی هر منطقه و رابطه بزرگای زلزله با طول گسیختگی تعیین کرد. رابطه مورد استفاده برای طول گسیختگی و حداکثر بزرگای زلزله برای هر گسل به صورت رابطه (۱) است؛

$$M = a + b \log(L)$$

رابطه ۱

در این رابطه M حداکثر بزرگای محتمل زلزله، a و b ضرایب لرزه خیزی، L طول گسیختگی بر حسب متر می باشد.

بر اساس مطالعات سلمونز (۱۹۸۲) و کیورخیان^۴ (۱۹۷۷)، برای گسل های با طول ۳۰۰ تا ۱۳۰۰ کیلومتر، طول گسیختگی بین ۱۷ تا ۳۷ درصد و برای گسل های کوتاه تر از ۳۰۰ کیلومتر تا ۵۰ درصد طول هم امکان گسیختگی وجود دارد. یعنی هر چه طول گسل بیشتر باشد، میزان گسیختگی گسل، نسبت کمتری با طول آن دارد. بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط مهاجر اشجعی و نوروزی ضرایب a و b برای ایران به ترتیب ۵/۴ و ۱ می باشد.

برای برآورد آسیب پذیری شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران، اثرات زلزله احتمالی تنها ناشی از فعالیت احتمالی گسل شمال تهران منظور می گردد. بر طبق محاسبات انجام گرفته با کمک رابطه (۱)، بزرگای این گسل محاسبه شده و در محاسبات بعدی دخیل می شود.

انتخاب رابطه کاهندگی: انتخاب رابطه کاهندگی مناسب از اهمیت بسزایی در چگونگی قابلیت اعتماد نتایج نهایی حاصل از تحلیل خطر برخوردار است. در این پژوهش از روابط کاهندگی زارع (۱۹۹۹) و قدرتی (۲۰۰۷) برای حداکثر سرعت زمین که برای مناطق ایران مناسب می باشند.

مدل کاهندگی برای محاسبه بیشینه سرعت زمین در رابطه ۲ آمده است (Zare, ۱۹۹۹):

1. ArcGIS
2. Loop
3. Fields

رابطه ۲

$$\log A = a.M + B.X - \log X + C_i.S_i + \sigma_P$$

A: پارامتر لرزه‌ای مورد نظر (شتاب یا سرعت بیشینه زمین)

M: بزرگای گشتاوری زلزله

X: فاصله کانونی زلزله (کیلومتر)

C: ضریب ساختگاه (S)

σ : انحراف معیار

ضرایب مورد استفاده در رابطه کاهندگی فوق براساس منطقه مورد نظر از جدول ضرایب مربوط به فرمول استخراج شده است. مدل کاهندگی برای محاسبه بیشینه شتاب و سرعت زمین قدرتی^۱ و همکاران (۲۰۰۷) بصورت زیر می باشد.

رابطه ۳

$$\ln y = C1 + C2.MS + C3.Ln R + C4.R + \sigma$$

y: پارامتر لرزه‌ای مورد نظر (شتاب (cm/sec²) یا سرعت

بیشینه زمین (cm/sec))

MS: بزرگای سطحی زمین لرزه

R: فاصله کانونی زلزله (کیلومتر)

σ : انحراف معیار

ضرایب ثابت مربوط به این فرمول از جداول مربوطه که براساس منطقه می باشد، جایگزین شده است.

برآورد احتمال وقوع خسارت و آسیب پذیری

با توجه به اینکه پژوهشی در زمینه آسیب پذیری لوله های مدفون برحسب زمین، شرایط ساختمگاه و شتاب لرزه ها انجام نشده است، بنابراین از مدل های آسیب پذیری سایر کشورها استفاده می شود که در این پژوهش از مدل هزوس^۲ (رابطه ۴) که از روش های برآورد آسیب FEMA-US، استفاده شده است (هزوس، ۱۹۹۹).

رابطه ۴

$$R.R \approx 0.0001 \times PGV^{(2.3)}$$

در این رابطه، R.R؛ نرخ تعمیرات (تعداد نقاط نیازمند تعمیر بر روی لوله های موجود در واحدهای مربعی ۵۰۰×۵۰۰ متر) و PGV ماکزیمم سرعت زمین می باشد. با فرض اینکه PGV در طول

لوله تابعی پیوسته باشد، خطوط لوله به طول های مشخصی تقسیم می شود که در هر یک از این طول ها مقدار PGV، ثابت و منفرد می باشد.

در برنامه، جهت محاسبه نرخ خرابی به منظور مقاوم سازی بایستی چندین نقطه از گسل فعال شوند. لذا از لایه گسل، لایه ای نقطه ای تهیه می شود. فاصله هر نقطه از گسل با تمام نقاط روی لوله محاسبه شده و در رابطه های مد نظر جایگذاری می شود.

با این وجود به تعداد نقاط فعال شدن گسل بایستی در لایه نقطه ای لوله ها فیلد اضافه کرد که این امر داده های اضافی و ناکارآمد زیادی را در اطلاعات توصیفی اضافه می کند، لذا در نرم افزار اکسل با بهره گیری از برنامه نویسی VBA تنها در یک فیلد و به تعداد نقاط (لایه نقطه ای لوله ها) آرایه ساخته می شود و از یک شرط تبعیت خواهد کرد؛ هر نقطه ای از گسل که بیشترین آسیب را به هر نقطه از خط لوله می رساند در آرایه ضبط می شود.

با این اوصاف بیشترین نرخ خرابی لوله با توجه به جنس، قطر، نوع اتصال و عمر لوله مشخص شده که می توان براساس اولویت بندی جهت مقاوم سازی آن اقدام لازم را به عمل آورد (شکل ۱)، مولفه هایی که جهت آسیب های وارده به خط لوله مد نظر این پژوهش بوده است عبارتند از؛ فاصله از گسل مسبب، اتصالات، قطر لوله، جنس لوله و عمر لوله ها.

قبل از برآورد آسیب پذیری لوله های شبکه آبرسانی، لازم است تا ضریب آسیب پذیری با توجه به جنس لوله (آزبست، پلی اتیلن و ...)، نوع اتصال به کار رفته، قطر و عمر لوله ها اعمال شود. این ضرایب (جدول های ۲ تا ۴) به منظور همسان سازی لوله های مختلف موجود در شبکه مورد استفاده واقع می شوند.

1. Ghodrati

2. Hazus

3. Repair Rate

جدول ۴: ضرایب همسان سازی عمر لوله (ALA, ۲۰۰۵)

عمر لوله	ضریب آسیب
زیر ۱۰ سال	۰/۹
بین ۱۰ تا ۲۰ سال	۱
بیش از ۲۰ سال	۱/۲

مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه ۱۱ شهر تهران که در مرکز شهر واقع شده و دارای بافتی قدیمی می باشد که مساحت آن برابر ۱۲/۶ کیلومتر مربع است و حدوداً ۱/۸ درصد از کل مساحت تهران را می پوشاند که از این نظر هفدهمین منطقه تهران می باشد. منطقه ۱۱ از نظر اقتصادی و سیاسی و اجتماعی یکی از مناطق مهم تهران است که از لحاظ تراکم جمعیتی و جمعیت شناور و مهمان آن در طول روز هم بسیار حائز اهمیت است مرزهای این منطقه در تهران از شمال به خیابان انقلاب و خیابان آزادی، از شرق به خیابان های وحدت اسلامی و حافظ، از جنوب به میدان راه آهن و خیابان شوش و از غرب به خیابان های شهید نواب صفوی و شهید ابراهیمی (عباسی) و میدان حق شناس محدود می شوند.

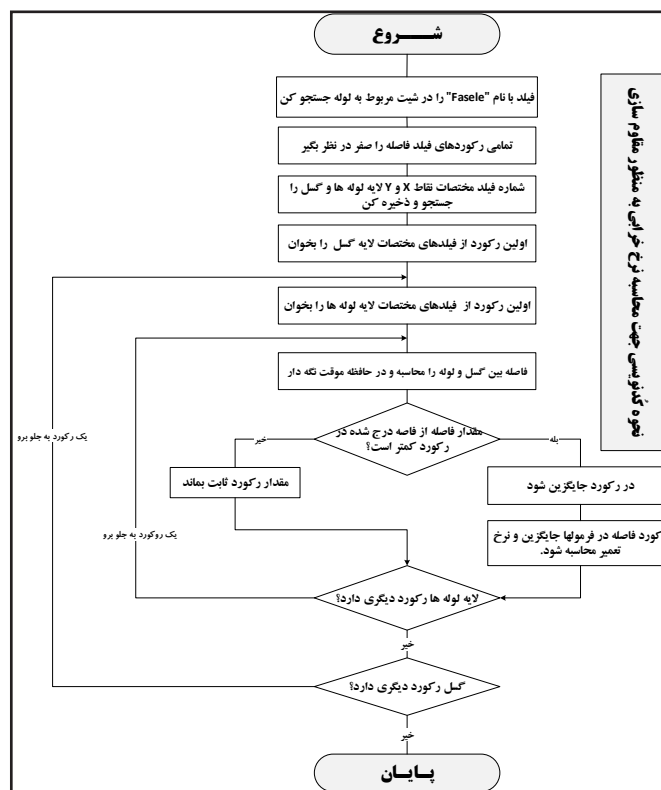
یافته ها

با استفاده از برنامه نوشته شده، آسیب های وارد بر سامانه آبرسانی (۱۱ مورد آسیب جزئی و یک مورد آسیب کلی) منطقه مورد نظر برآورد گردیده و نتایج بدست آمده به صورت نمودار و نقشه های خروجی برنامه GIS ارائه شده است.

در اثر فعالیت گسل شمال تهران و زلزله احتمالی ناشی از آن، در طول شبکه آبرسانی، آسیب هایی به وجود خواهد آمد. آسیب ها در بعضی مناطق زیاد و در بعضی دیگر جزئی خواهد بود. قسمتهایی از شبکه هم در برابر تکان های زلزله بدون آسیب باقی می ماندند، اصولاً از نشت لوله به عنوان آسیب جزئی و از شکست لوله به عنوان آسیب کلی نام برده می شود، نقشه آسیب های وارد بر لوله های با قطر ۲۰۰ میلیمتر و بیشتر در شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ را می توانید در شکل های ۲ و ۳ ملاحظه کنید.

نتایج نشان می دهد که:

هر چه طول لوله به کار رفته در شبکه آبرسانی بیشتر باشد، نرخ



شکل ۱: مراحل محاسبه نرخ تعمیر لوله های مدفون

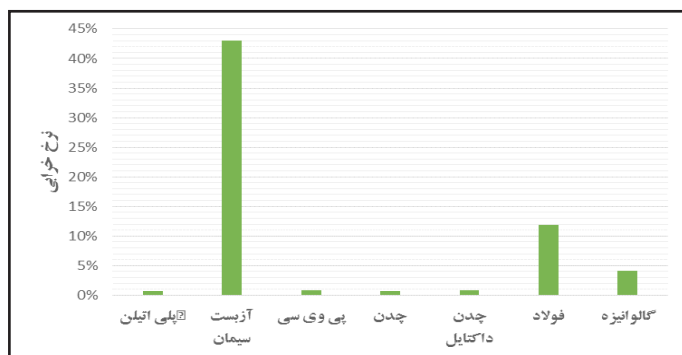
جدول ۲: ضرایب مربوط به همسان سازی اتصالات به کار رفته در

لوله ها (ALA, ۲۰۰۵)

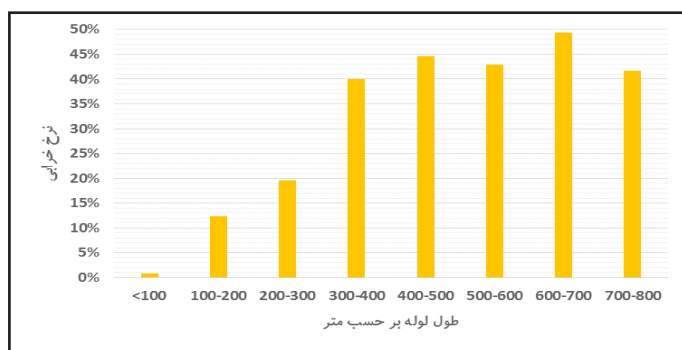
نوع لوله	نوع اتصال	ضریب جنس	ضریب نسبت به لوله
چدن داکتایل	نر و مادگی	۱	۲
	گلندی		۱/۵
	فلنجی		۴
لوله پلی اتیلن	جوش الکترو فیوژن	۲	۱/۵
	جوش بات فیوژن		۲
	جوش ساکت		۳
آزبست	مانشون	۲/۵	۲
فولادی	جوش	۰/۸	۱/۳

جدول ۳: ضرایب همسان سازی قطر لوله ها (ALA, ۲۰۰۵)

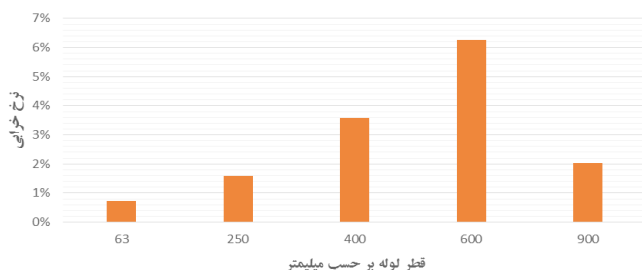
قطر لوله	ضریب آسیب
تا ۲۵۰ میلیمتر	۱/۲
۲۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر	۱
بیش از ۵۰۰ میلیمتر	۰/۹



شکل ۴: میزان نرخ خرابی لوله‌های شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران با جنس‌های مختلف در شبکه



شکل ۵: میزان نرخ خرابی وارد بر لوله‌های شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران با طول‌های مختلف در شبکه



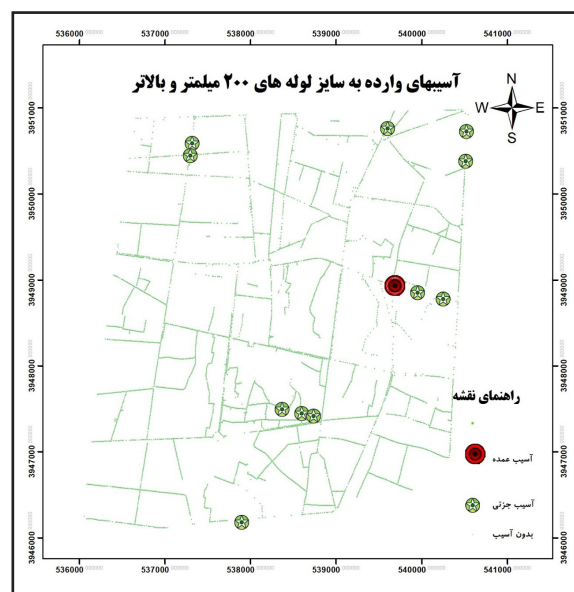
شکل ۶: میزان نرخ خرابی وارد بر لوله‌های شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران با قطرهای مختلف در شبکه

نتیجه‌گیری

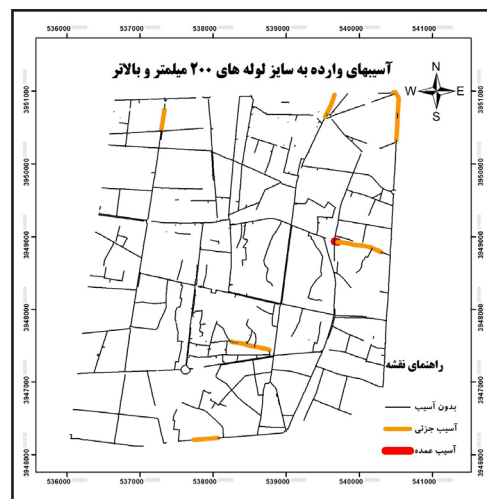
نتایج بدست آمده نشان‌دهنده مقاومت نسبتاً خوب شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ در اثر فعالیت گسل شمال تهران است. نقاط آسیب‌پذیر شبکه آبرسانی، مشخص شده و می‌توان مناطقی که احتمال آسیب در آنها کمتر یا بیشتر است را تعیین نمود. همچنین میزان خسارت برای هر منطقه برآورد می‌شود. از این برآورد می‌توان در مقاوم‌سازی شبکه قبل از وقوع زلزله احتمالی بهره گرفته و میزان خسارات را

تعمیرات آن نیز بیشتر است (شکل ۴).

لوله‌های آذبتی، بیشتر از انواع دیگر دچار آسیب می‌شوند. بعد از آن هم لوله‌های فولادی و گالوانیزه آسیب می‌بینند (شکل ۵). در هنگام بروز زلزله لوله‌ها با قطره‌های مختلف در معرض خطر قرار می‌گیرند و بنا به مقاومتی که از خود نشان می‌دهند به میزانی آسیب خواهند دید، براساس محاسبات و خروجی برنامه، بیشترین آسیب متوجه لوله‌ها با قطر ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. نتایج برای قطره‌های مختلف در نمودار شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل ۲: نمایش آسیب‌های عمده و جزئی شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران بر روی نقاط معرف لوله برای لوله‌های با قطر ۲۰۰ میلی‌متر و بیشتر



شکل ۳: نمایش آسیب‌های عمده و جزئی شبکه آبرسانی منطقه ۱۱ تهران بر روی هر قسمت از لوله‌های با قطر ۲۰۰ میلی‌متر و بیشتر

شبکه های فاضلاب در اثر زلزله های گذشته و معرفی شبکه فاضلاب مناسب برای مناطق زلزله خیز. سومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران،
http://www.civilica.com/Paper-ESPME03-ESPME03_532.html
 رفیعی انزاب، نعیمه؛ نعمت حسنی و رضا راستی اردکانی (۱۳۹۲). بررسی عوامل موثر در تعیین ابعاد مش بندی در ریزپهنه بندی آسیب پذیری خطوط لوله مدفون. هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان،
http://www.civilica.com/Paper-NCCE07-NCCE07_0529.html

منابع انگلیسی:

- American Lifelines Alliance (2005). Seismic Guidelines for Water Pipelines.
 HAZUS - FEMA'S (1999). METHODOLOGY FOR ESTIMATION POTENTIAL LOSS FROM DISASTER.
 Zare, M.R. Ghafory-Ashtiany, and P.-Y. Bard. (1999). Attenuation law for the strong-motions in Iran. In Proceedings of the Third International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, Tehran, volume 1, pages 345-354.
 Ghodrati Shojaei, M., Taghavi, S.A., Seyfabadi, S.J., Bathe, B., Dehghani, R., (2007). Age, Growth and Mortality Rate of the Narrow-Barred Spanish Mackerel *Scomberomorus commerson* in Coastal Waters of Iran from length frequency data. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science. http://www.trjfas.org/uploads/pdf_321.pdf
 Selimmons, B. (1982). Determination of Design Earthquake Magnitude for Microzonation. Proc. of the Third International Earthquake Microzonation Conf, Vol. 1, U.S., National Science Foundation, Washington, D.C., Pp. 119-130.
 Der Kiureghian, A., and A. H.-S. Ang (1977). A fault-rupture model for seismic risk analysis. Bull. Seism. Soc. Am., 67 (4): 1173-1194. Translated into Chinese in Earthquake Engineering Abroad, 4, 1981, Institute of Engineering Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Harbin, China, 20-34. <http://www.bssaonline.org/content/67/4/1173.abstract>

به حداقل رساند، همچنین می توان با افزودن جدول زمانبندی رفع هر آسیب براساس نفر ساعت، زمان مورد نیاز جهت رفع خرابی در مکان های احتمالی قطع خدمت رسانی و تامین آب به مشترکین را پیش بینی کرد. هزینه های مورد نیاز به منظور مقاوم سازی را محاسبه نمود. با استفاده از این برآورد می توان یک برنامه زمان بندی مناسب جهت مقاوم سازی یا بهسازی شبکه، با تکیه بر یک اولویت بندی مناسب فراهم می کند.

در نتیجه به منظور مقاوم سازی شبکه می توان گفت:

- هرچه قطر لوله بزرگتر باشد، نرخ خرابی آن نیز کمتر است.
- اگر لوله ها منعطف تر باشند (در محدوده ارتجاعی نرمی بیشتری داشته باشند) کمتر آسیب خواهند دید.
- جایگزینی خطوط لوله و اتصالات ترد با سیستم خطوط لوله انعطاف پذیر هماهنگ نبوده و باعث خرابی می شود.
- استفاده از اتصالات و زانویی های با امکان تغییر زاویه برخورد در شبکه باعث کاهش آسیب های وارده به شبکه می شود.
- استفاده از لوله های کوتاه در سیستم خطوط لوله، آسیب پذیری کم شبکه را با خود به همراه دارد.

منابع

منابع فارسی:

- احمدیان، رامین (۱۳۹۲). ارزیابی خسارت شبکه فاضلاب شهر کرمانشاه در اثر زلزله (پایان نامه کارشناسی ارشد). دانشگاه تهران.
 امیدوار، بابک؛ ناصر مهردادی و رامین احمدیان (۱۳۹۲). ارزیابی خسارت