dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.96690.2479

Developing the Performance of Sewage Pipelines Repairing Using Trenchless Methods (Case Study: Isfahan)

F. Karimian[1], R. Moeini[2], M. Zare[3]

1. MSc Student, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Isfahan, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan,Isfahan, Iran (Corresponding Author) r.moeini@eng.ui.ac.ir
3. Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan,Isfahan, Iran

(Received Aug. 28, 2017 Accepted Dec. 11, 2017)

To cite this article :
Karimian, F., Moeini, R., Zare, M., 2018, "Developing the performance of sewage pipelines repairing methods using trenchless methods. (case study Isfahan)" Journal of Water and Wastewater, (In press). Doi: 10.22093/wwj.2017.96690.2479 (In Persian)

Abstract

Nowadays, the using modern trenchless methods for repairing sewer networks have been developed in most countries. Generally, for repairing the sewage lines using trenchless methods, bypassing the repair zone is necessary. For this purpose, the damaged tube is blocked upstream of the damaged pipe using plugs and packers, and to prevent rejection, the sewage is pumped to the downstream pipes. However, the pumping of sewage is a very costly task. In this study, an effective method named "minimum pumping" (MP) is suggested using the capacity of the upstream pipes and manholes. In the proposed method, the timing needed to repair the damaged tube can be managed in a way that the cost of pumping is reduced. Here, as a case study, sewage pipes in Nazar Boulevard and Mirzakochek Khan Boulevard in Isfahan City in Iran have been repaired using the proposed method and the results are presented and analyzed. The results indicated that the proposed method is an effective method for reducing the cost of repairing in sewage networks. Using the proposed method, the pumping rate and, consequently its costs, were reduced from 35% to 50% for Nazar Boulevard sewer network and from 70% to 85% for Mirzakochek Khan Boulevard.

Keywords: Repair, Sewer, Trenchless Method, Pumping rate.

Archive of SID

www.SID.ir

توسعه عملکرد روش‌های تعمیر خطوط لوله فاضلاب به کمک روش‌های نوین حفاری‌های بدون ترانشه (مطالعه موردی: شهر اصفهان)

فرزاد کریمیان[۱]، رامتین معینی[۲]، محمدرضا زارع[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه هیدرولیکی، گروه عمران، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲- استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
(نویسنده مسئول) r.moeini@eng.ui.ac.ir
۳- استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

(دریافت ۹۶/۶/۶ پذیرش ۹۶/۹/۲۰)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
کریمیان، ف.، معینی،ر.، زارع، م.ر.، ۱۳۹۷، " توسعه عملکرد روش‌های تعمیر خطوط لوله فاضلاب به کمک روش‌های نوین حفاری‌های بدون ترانشه (مطالعه موردی: شهر اصفهان) " مجله آب و فاضلاب، (در انتظار چاپ). Doi: 10.22093/wwj.2017.96690.2479

چکیده

امروزه استفاده از روش‌های مدرن نظیر روش حفاری بدون ترانشه برای تعمیر شبکه فاضلاب، در اغلب کشورهای دنیا توسعه یافته است. در برخی از روش‌های تعمیر و نوسازی بدون ترانشه در خطوط لوله فاضلاب، انسداد لوله فاضلاب بالادست و پمپاژ فاضلاب به لوله‌های پایین دست ضروری است. به این منظور بالادست لوله آسیب‌دیده به کمک تجهیزاتی به نام پلاگ و پکر مسدود می‌شود و سپس برای جلوگیری از پس‌زدگی، فاضلاب به سمت لوله‌های پایین‌دست پمپاژ می‌شود که با توجه به میزان و زمان پمپاژ، این انتقال بسیار هزینه‌بر است. در این پژوهش روشی به نام "پمپاژ حداقلی" (MP) پیشنهاد شد که با بهره‌گیری از ظرفیت لوله‌ها و آدم‌روهای بالادست زمان مورد نیاز برای تعمیر لوله آسیب‌دیده فراهم شود و در نتیجه هزینه پمپاژ کاهش یابد. در این پژوهش به‌عنوان مطالعه موردی، لوله‌های فاضلاب چهارراه نظر و بلوار میرزاکوچک‌خان اصفهان با استفاده از روش پیشنهادی تعمیر شد و نتایج به‌دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده قابلیت‌های روش پیشنهادی در کاهش هزینه تعمیر شبکه‌های فاضلاب شهرها است. با استفاده از روش پیشنهادی میزان پمپاژ و در نتیجه هزینه آن، در منطقه چهارراه نظر شهر اصفهان بین ۳۵ تا ۵۰ درصد و در منطقه بلوار میرزاکوچک‌خان شهر اصفهان بین ۷۰ تا ۸۵ درصد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: تعمیر، شبکه فاضلاب، روش حفاری بدون ترانشه، میزان پمپاژ

۱- مقدمه

شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در عمر مفید خود همواره در معرض آسیب‌ها و خطراتی از جمله نفوذ ریشه درختان، خوردگی، ترک‌خوردگی و خرابی بر اثر فشار ناشی از ماشین‌آلات سنگین و ریزش بخشی از لوله است. همچنین شبکه‌های فاضلابی که عمر زیادی دارند، به‌دلیل خوردگی، در برابر آسیب‌های ذکر شده، مقاومت کمتری از خود نشان می‌دهند (Allouche et al., 2014).

به‌طور مثال شبکه فاضلاب شهر اصفهان قدمتی ۵۰ ساله دارد و این امر موجب آسیب‌پذیری هرچه بیشتر این شبکه شده است، به گونه‌ای که هر لحظه این امکان وجود دارد که فاجعه جبران‌ناپذیری بر اثر فروریزش یکی از خطوط لوله به وجود آید. بنابراین، بازسازی و نوسازی شبکه‌های موجود لازم و ضروری است.

بازسازی و نوسازی خطوط لوله شبکه فاضلاب به دو روش

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.96690.2479

کلی حفاری ترانشه باز و بدون ترانشه[1] انجام می‌شود. در حفاری ترانشه باز پس از برچیدن سطح رویی ابتدا حجم خاک موجود بر روی لوله آسیب‌دیده برداشته شده و پس از عملیات تعمیر مجدداً سطح به حالت اول بازگردانده می‌شود. در صورتی که، روش‌های بدون ترانشه نیازی به برداشتن و مجددا برگرداندن حجم خاک موجود بر روی لوله نیست و عملیات تعمیر با استفاده از آدم‌روها و تجهیزات ویژه انجام می‌شود (Matthews et al., 2015). در بین کشورهای پیشرفته استفاده از روش‌های بازسازی بدون ترانشه به‌دلیل عدم ایجاد مشکلات اجتماعی از محبوبیت بیشتری برخوردار است. با این وجود، در ایران همچنان استفاده از روش‌های تعمیر ترانشه باز رواج بیشتری دارد و به ندرت از روش‌های بدون ترانشه و مدرن استفاده می‌شود.

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تعمیر به روش حفاری بدون ترانشه از دو منظر اجتماعی و اقتصادی مناسب‌تر و کم هزینه‌تر است (Lee and Chin, 2005, Lee et al., 2008, Rojers and Knight, 2014, Matthews et al., 2015, Asgari et al., 2016)

بازسازی و تعمیر به روش بدون ترانشه نیز به روش‌های مختلفی انجام می‌شود. در این زمینه نیز پژوهش‌های مختلفی انجام شده است و انواع روش‌های بازسازی و تعمیر لوله‌ها، در روش بدون ترانشه و همچنین مزایا و معایب انواع روش‌های بازسازی و نوسازی خطوط لوله بررسی شده است (Hadad and Kadkhodayebolghoor, 2009, Najafi, 2011, Jefrin et al., 2012, Sterling et al., 2014, Amiresmaeili, 2016, Abel, 2016, Masoumi, 2016).

پوشش‌دهی داخلی با استفاده از لوله‌های عمل‌آوری شده در محل[2] (CIPP) یکی از مهم‌ترین روش‌های تعمیر به روش بدون ترانشه است که برای شبکه های فاضلاب توسعه یافته است و در حال حاضر نیز بیشترین کاربرد را در بازسازی خطوط فاضلاب دارد. در این روش، انجام تعمیرات نیازمند خشک بودن مسیر لوله آسیب دیده است. لذا بالادست لوله آسیب دیده در صورت امکان با استفاده از تجهیزات انسداد به نام پلاگ[3] و پکر[4] مسدود می‌شود (Najafi, 2011). انسداد لوله بالادست موجب می‌شود که فاضلاب، به‌تدریج پشت پلاگ و یا پکر انباشته شده و در معابر و منازل مسکونی پس بزند. پس‌زدگی فاضلاب مشکلات فراوانی را به همراه خواهد داشت، لذا فاضلاب بالادست با استفاده از تجهیزات پمپاژ به لوله‌های پایین‌دست منتقل می‌شود که این عمل بسیار هزینه بر است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که پژوهش‌های کمی در رابطه با انسداد و مشکلات پمپاژ فاضلاب انجام شده است. در پژوهشی در رابطه با فاضلاب برگشتی از آدم‌روها و مشکلات ناشی از آن، تأکید شده است که پس‌زدگی فاضلاب موجب ایجاد انواع بیماری می‌شود و اثرات مخرب زیست‌محیطی دارد. در این پژوهش راه‌کارهایی در جهت کاهش آسیب‌های ناشی از فاضلاب برگشتی ارائه شده است (Berry et al., 1994).

در پژوهش دیگری امکان تعمیر لوله‌های فاضلاب یک منطقه در آمریکا و عوامل مختلفی که می‌تواند در هنگام تعمیر لوله موجب اخلال در کار شود، بررسی شده است.

در این پژوهش امکان استفاده از روش‌های تعمیر لوله فاضلاب به‌صورت موردی در یک منطقه در آمریکا بررسی شده و روش‌هایی برای انسداد لوله‌های فاضلاب، جهت تعمیر آنها، ارائه و تجهیزات انسداد لوله‌های مذکور معرفی شده است (Shirodkar et al., 2010).

اکثر پژوهش‌های انجام شده در این حوزه بر نوع روش تعمیر و مسائل و مشکلات اجرایی آن تمرکز داشته‌اند. در این پژوهش‌ها، افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌های تعمیر به‌صورت جدی مورد توجه پژوهشگران نبوده است. بنابراین در این پژوهش سعی بر آن شد که با ارائه روشی کارآمد، عملکرد روش‌های تعمیر توسعه یافته و هزینه‌ها تا حد امکان کاهش یابد.

همچنین در این پژوهش روشی پیشنهاد شد که با استفاده از آن میزان پمپاژ فاضلاب و در نتیجه هزینه تعمیر لوله به روش حفاری بدون ترانشه کاهش یابد.

در روش پیشنهادی، تأثیر زمان شروع و مدت زمان تعمیر نیز در افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌ها بررسی می‌شود. به‌عنوان مطالعه موردی، تعمیر لوله‌های شبکه فاضلاب چهارراه نظر و بلوار میرزاکوچک‌خان اصفهان با استفاده از روش پیشنهادی بررسی و هزینه قبل و بعد از اعمال روش پیشنهادی مقایسه شد. بررسی نتایج نشان‌دهنده عملکرد ویژه روش پیشنهادی در تعمیر شبکه‌های فاضلاب موجود است.

[1] Trenchless
[2] Cured-In-Place Pipe (CIPP)
[3] Plug
[4] Packer

Archive of SID

www.SID.ir

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش روشی به نام "پمپاژ حداقلی" پیشنهاد شد که با استفاده از آن، عملکرد روش‌های تعمیر لوله‌های شبکه فاضلاب به روش بدون ترانشه توسعه می‌یابد. هدف از روش پیشنهادی کاهش هزینه پمپاژ و در نهایت کاهش هزینه تعمیر است. روش پیشنهادی بر مبنای استفاده از حداکثر ظرفیت هیدرولیکی لوله‌های بالادست استوار است. به این معنی که از ظرفیت هیدرولیکی لوله‌ها و آدم‌روهای بالادست لوله آسیب‌دیده برای انباشت فاضلاب، بدون امکان وقوع پس‌زدگی فاضلاب در معابر شهری و زیرزمین خانه‌ها، استفاده می‌شود.

در این روش پس از انسداد لوله بالادست قسمت آسیب‌دیده، فاضلاب به‌تدریج در پشت تجهیزات انسداد انباشته شده و متناسب با مشخصات فیزیکی لوله‌ها، حجم برخی از لوله‌های بالادست از فاضلاب پر می‌شود. پس از پرشدن لوله‌ها و با افزایش میزان جریان، به تدریج فاضلاب وارد آدم‌روهای متصل به لوله‌های پر شده نیز می‌شود. با گذشت زمان آدم‌روها نیز از فاضلاب پر شده و در نتیجه فاضلاب، پس‌زده و مشکلاتی را ایجاد می‌نماید.

محاسبه مدت زمان بین لحظه انسداد تا زمان پس‌زدگی فاضلاب، در کاهش میزان پمپاژ تأثیرگذار است زیرا در حالت معمول، پمپاژ فاضلاب از لحظه انسداد لوله بالادست آغاز می‌شود. در حالی که در روش پیشنهادی، پمپاژ فاضلاب زمانی آغاز می‌شود که ظرفیت لوله‌های بالادست از فاضلاب پر شده و در عین حال مشکلی از بابت پس‌زدگی فاضلاب به وجود نیاید.

لازم به ذکر است که پمپاژ فاضلاب می‌تواند از زمان انسداد لوله نیز آغاز شود، با این تفاوت که میزان پمپاژ از حالت معمول کمتر بوده و استفاده از ظرفیت هیدرولیکی مقاطع بالادست امکان‌پذیر است. با اعمال این روش علاوه بر این که از حداکثر ظرفیت لوله‌های بالادست استفاده شده است، میزان پمپاژ و در نتیجه هزینه پمپاژ نیز کاهش می‌یابد.

همچنین، در صورتی که برخی از پارامترهای مؤثر در سرعت انباشت فاضلاب پشت پلاگ، از جمله دبی فاضلاب، زمان مورد نیاز برای تعمیر لوله، شیب و قطر لوله‌ها و میزان فشار وارد بر لوله و پلاگ، مناسب باشد، می‌توان فقط از ظرفیت هیدرولیکی مقاطع بالادست استفاده نمود. در این حالت هزینه پمپاژ فاضلاب به‌طور کامل حذف می‌شود. در این پژوهش تأثیر برخی از این عوامل از جمله مدت زمان تعمیر نیز به‌منظور افزایش عملکرد، مد نظر قرار می‌گیرد.

لازم به‌ذکر است که بر اساس استاندارد AISI عمر مفید لوله تا زمانی است که بیش از ۲۵ درصد از ضخامت اولیه لوله کاهش یابد (Molinas and Mommandi, 2009). به‌عبارت دیگر طبق استاندارد مذکور، اگر ضخامت لوله فاضلاب به کمتر از ۷۵ درصد ضخامت اولیه برسد، آن لوله قابل استفاده نبوده و باید ترمیم و یا تعویض شود. بنابراین، در این پژوهش فرض بر این است که لوله‌های بالادست خط لوله تعمیری شبکه‌های فاضلاب مورد مطالعه بیش از ۲۵ درصد کاهش ضخامت ندارند و همچنین لوله‌ها فاقد خوردگی و ترک‌خوردگی است تا از بروز مشکلات زیست‌محیطی جلوگیری شود.

به‌منظور بررسی عملکرد روش پیشنهادی در کاهش هزینه‌های بازسازی و نوسازی لوله‌های فاضلاب در روش حفاری بدون ترانشه، در این پژوهش، صرفاً هزینه‌های پمپاژ منظور شد و از سایر هزینه‌ها صرف‌نظر شد. برای محاسبه هزینه‌های پمپاژ در حالت کلی دو روش وجود دارد. روش اول استفاده از فهرست بهای موجود و روش دوم آنالیز تجهیزات، امکانات و نیروی انسانی است. در روش اول هزینه پمپاژ با استفاده از آیتم‌های موجود در فهرست بها محاسبه می‌شود. در روش دوم هزینه‌های مربوط به عملیات پمپاژ با آنالیز هزینه‌های نیروی انسانی، تجهیزات و کلیه عوامل مورد استفاده تعیین می‌شود و می‌تواند به‌صورت آیتم‌های ستاره‌دار در پیمان برای محاسبه هزینه منظور شود.

در حالت کلی، اگر بتوان آیتم یا آیتم‌هایی در یک فهرست بها به‌منظور برآورد هزینه اجرایی آن عملیات مشخص نمود، اولویت با روش اول است زیرا به‌صورت رسمی مبلغی برای آن منظور شده است. ولی برای تعیین هزینه واقعی توسط پیمانکار، استفاده از روش دوم ارجح است. در این پژوهش با توجه به این که این هزینه می‌تواند در پروژه‌های مختلف و در شرایط مختلف تحت‌الشعاع قرار گیرد، از روش اول که مبنای قراردادی دارد، استفاده شد. فرضیات زیر با توجه به شرایط موجود در شبکه فاضلاب اصفهان در نظر گرفته شد

۱- لوله‌ها با استفاده از روش حفاری بدون ترانشه تعمیر می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.96690.2479

۲- میزان دبی فاضلاب در شرایطی است که یک دوم حجم لوله پر باشد.

۳- طول لوله آسیب دیده برابر ۱۵۰ متر و فاصله بین آدم‌روهای این شبکه به‌طور میانگین ۵۰ متر است. در روش‌های حفاری بدون ترانشه اصولاً در یک زمان فقط امکان انجام تعمیرات مابین دو آدم‌رو وجود دارد، لذا خط لوله مذکور باید در سه مرحله تعمیر شود.

۴- مدت زمان انجام تعمیرات در طول ۵۰ متر با نظر کارشناسان شرکت آب و فاضلاب به‌طور میانگین در بهترین شرایط ۶ ساعت برای روش بدون ترانشه (روش CIPP[1]) در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که مدت زمان تعیین شده برای تعمیر لوله مابین دو آدم‌رو است. لذا با توجه به فرض سوم، مدت زمان تعمیر خط لوله مورد نظر در حالت بدون ترانشه برابر ۱۸ ساعت منظور شد.

۵- قطر لوله آسیب دیده برابر ۲۵۰ میلی‌متر است.

۶- جنس لوله‌ها بتنی (ضریب مانینگ برابر ۰/۰۱۵) و شیب خط لوله مورد نظر برابر ۰/۰۰۱ است.

با توجه به فهرست بهای پایه رشته ساخت و ترمیم قنات سال ۹۵ شماره ردیف ۱۰۰۳۰۱، هزینه پمپاژ و تخلیه آب با پمپ ۲ اینچی به انضمام متعلقات مربوط برابر ۱۱۱۵۰۰ ریال به ازای هر دستگاه و به‌مدت یک ساعت پمپاژ است. لازم به ذکر است اصولا پمپاژ به‌صورت قیمت جدید در پیمان وارد می‌شود زیرا با توجه به حجم، نوع پمپ و محل آبکشی این هزینه‌ها بسیار متغیر هستند. بنابراین با توجه به فرضیات و نکات ذکر شده و در حالت عدم اعمال روش پیشنهادی و همچنین استفاده از رابطه مانینگ، دبی فاضلاب عبوری در لوله آسیب دیده برابر ۰/۰۰۸ متر مکعب بر ثانیه است. همچنین، با توجه به این موضوع که در فهرست بهای مذکور مقدار دبی پمپ منظور نشده است، لذا میزان دبی پمپ برابر یک لیتر بر ثانیه فرض می‌شود. مقایسه دبی فاضلاب با مشخصات پمپ مورد نظر نشان دهنده آن است که برای انتقال فاضلاب لوله مذکور، به ۸ عدد پمپ ۲ اینچی نیاز است. بنابراین با منظور نمودن مدت زمان تعمیر در حالت بدون ترانشه، هزینه پمپاژ ۱۶۰۵۶۰۰۰ ریال محاسبه شد. به‌همین ترتیب محاسبه میزان و هزینه پمپاژ در شرایط فرض مذکور برای سایر اقطار نیز امکان‌پذیر است. در شکل ۱ هزینه پمپاژ فاضلاب با استفاده از پمپ ۲ اینچی بر حسب قطر لوله در روش بدون ترانشه و برای سه حالت دبی یک چهارم، یک دوم و سه چهارم پر ارائه شده است که در محاسبات، مدت زمان انجام تعمیرات برای حالت بدون ترانشه ۱۸ ساعت فرض شد. مقادیر ارائه شده در شکل ۱ نشان‌دهنده آن است که افزایش دبی و قطر لوله فاضلاب موجب افزایش تصاعدی هزینه پمپاژ می‌شود. شایان ذکر است که هزینه موجود در فهرست بها مربوط به پمپاژ آب است و پمپاژ فاضلاب با توجه به دارا بودن مواد جامد و در نتیجه چگالی بالاتر نسبت به آب، هزینه بیشتری نسبت به مقدار محاسبه شده در این پژوهش خواهد داشت. همچنین با توجه به اظهار نظر کارشناسان اداره آب و فاضلاب، مدت زمان تعمیر خطوط لوله فاضلاب برای قطرهای بالاتر به‌طور تصاعدی افزایش می‌یابد و حتی به چند روز نیز می‌رسد. در مجموع، هزینه‌های پمپاژ به عوامل مختلفی از جمله محل اجرای پروژه، میزان دبی لوله، زمان تعمیرات و فاصله بین آدم‌روها بستگی دارد و برای هر پروژه باید به‌صورت مجزا محاسبه شود. در ادامه با توجه به نتایج ارائه شده در حل مسائل نمونه، این مورد قابل مشاهده است که در صورت اعمال روش پیشنهادی حداقل میزان کاهش پمپاژ در بدترین شرایط ممکن برابر ۳۵ درصد مقدار قبل از اعمال این روش است. بنابراین با اعمال روش پیشنهادی حداقل به میزان ۳۵ درصد در هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌شود. همچنین در استفاده از روش پیشنهادی ابتدا لازم است که مقاطع (لوله‌ها و آدم‌روها) امکان تحمل فشار وارده بر اثر افزایش فشار آب را داشته باشند که این مورد در پژوهش‌های بعدی مورد توجه قرار خواهد گرفت.

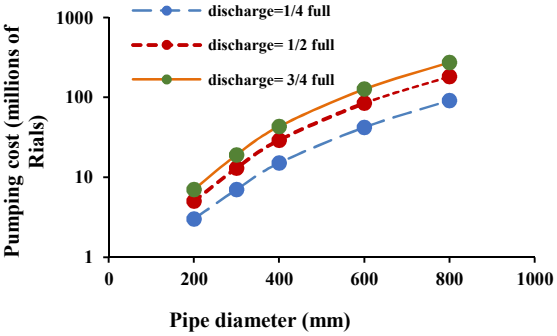


Fig. 1. The sewage pumping cost to repair the pipe using a 2-inch pump for different diameters and three discharge cases of one-fourth, one-third and three-quarters full (repair using trenchless method)

شکل ۱- هزینه پمپاژ فاضلاب برای تعمیر لوله با استفاده از پمپ ۲ اینچی برای قطرهای مختلف و سه حالت دبی یک چهارم، یک دوم و سه-چهارم پر (تعمیر به روش بدون ترانشه)

[1] Cured-in-Place Pipe (CIPP)

Archive of SID
www.SID.ir

در شکل ۲ روند کلی تعمیر خط لوله شبکه فاضلاب با استفاده از روش پیشنهادی، ارائه شده است.

۳- معرفی مناطق مورد مطالعه

در این پژوهش به‌منظور بررسی عملکرد روش پیشنهادی، لوله‌های شبکه فاضلاب دو منطقه اصفهان با استفاده از روش پیشنهادی تعمیر و نتایج، تجزیه و تحلیل شد.

۳-۱- شبکه فاضلاب چهارراه نظر اصفهان

چهارراه نظر در بخش غربی شهر اصفهان واقع شده و از تقاطع خیابان‌های نظر شرقی، میرفندرسکی و چهارباغ بالا تشکیل شده

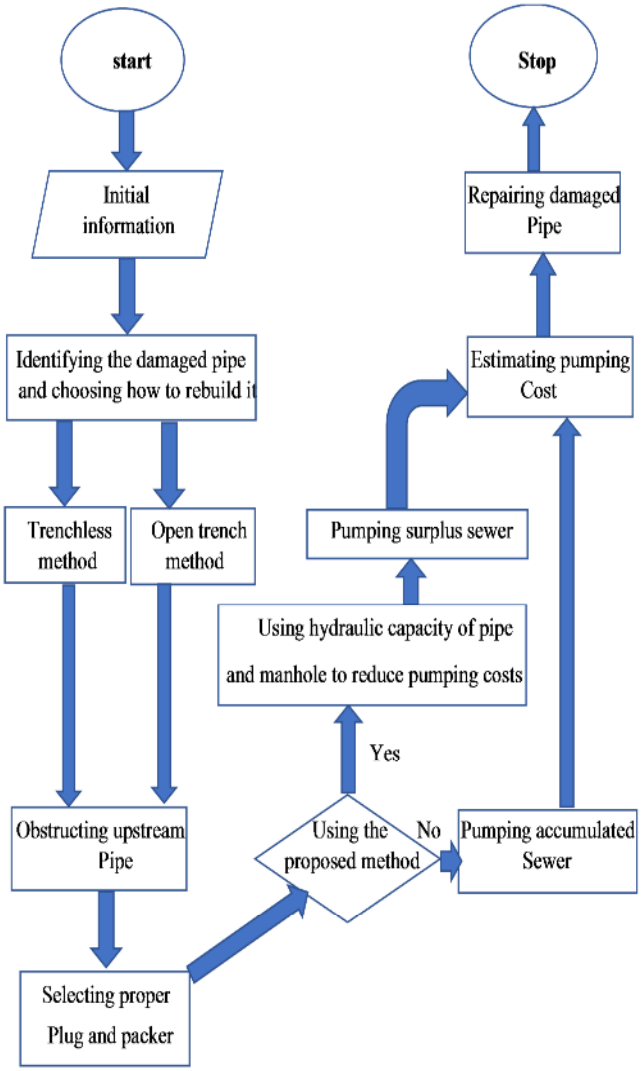


Fig. 2. The general process of repairing the pipe using the proposed method

شکل ۲- روند کلی تعمیر لوله با استفاده از روش پیشنهادی

است. لوله‌های شبکه فاضلاب مذکور دارای مقطع دایره‌ای و از جنس بتن و پلی‌اتیلن دو جداره و با قطرهای ۲۵۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۱۴۰۰ میلی‌متر است. در شکل ۳ جانمایی شبکه فاضلاب مذکور به‌صورت شماتیک ارائه شده است که شامل ۱۴ لوله فاضلاب و ۱۵ آدم‌رو است. همچنین در جدول ۱ اطلاعات مربوط به لوله‌های این شبکه ارائه شده است. در این شبکه، لوله‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۵ کاندیدای تعمیر با استفاده از روش پیشنهادی هستند.

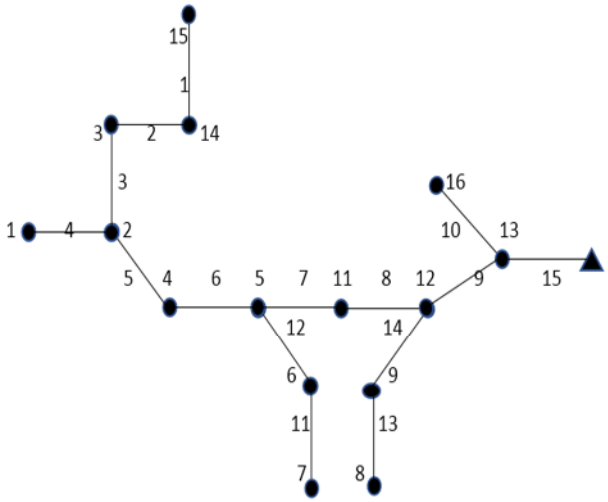


Fig. 3. The sewer network layout in Isfahan's Nazar intersection

شکل ۳- جانمایی شبکه فاضلاب چهارراه نظر اصفهان

۳-۲- شبکه فاضلاب بلوار میرزا کوچک‌خان اصفهان

منطقه دوم مورد مطالعه بلوار میرزا کوچک‌خان، حد فاصل خیابان باغ زیار تا خیابان نظرغربی، واقع در جنوب غربی شهر اصفهان است. این کلکتور شامل ۳۸ لوله فاضلاب با شیب یک هزارم و جنس پلی‌اتیلن دو جداره است. قطر همه لوله‌ها برابر ۸۰۰ میلی‌متر و قطر تمامی آدم‌روها برابر ۲۰۰۰ میلی‌متر است.

یکی از ویژگی‌های این شبکه فاضلاب این است که قطر و شیب لوله‌های شبکه یکسان است. دبی لوله‌های این شبکه با استفاده از فرمول مانینگ برابر ۰/۴۲ متر مکعب بر ثانیه برای حالت کاملاً پر محاسبه شده است. به‌دلیل عدم وجود میزان دقیق دبی فاضلاب در این پژوهش، محاسبات برای سه حالت پرشدگی لوله انجام شده است که عبارت‌اند از: ۱- یک چهارم لوله‌ها پر باشد ۲- لوله نیمه پر باشد ۳- سه چهارم لوله پر باشد. سپس نتایج حاصل از این سه حالت مقایسه شدند.

Archive
www.SID.ir

جدول ۱- اطلاعات شبکه فاضلاب چهارراه نظر اصفهان

Table 1. Details of the Isfahan's Nazar intersection sewer network

Pipe number	Pipe length (m)	Pipe Slope	Upstream elevation (m)	Downstream elevation (m)	Pipe diameter (mm)
1	13	0.004	94.1	94.05	400
2	37	0.004	94.05	93.9	400
3	9	0.004	93.9	93.86	400
4	20	0.001	93.32	93.3	1200
5	6	0.002	92.88	92.87	1200
6	23	0.001	92.87	92.85	1200
7	18	0.001	92.85	92.83	1200
8	30	0.001	92.83	92.8	1200
9	6	0.002	92.8	92.79	1200
10	20	0.002	95.74	95.69	400
11	10	0.001	93.28	93.27	350
12	10	0.002	93.27	93.25	600
13	32	0.002	94.2	94.12	400
14	13	0.002	94.12	94.09	400
15	10	0.004	92.79	92.75	1200

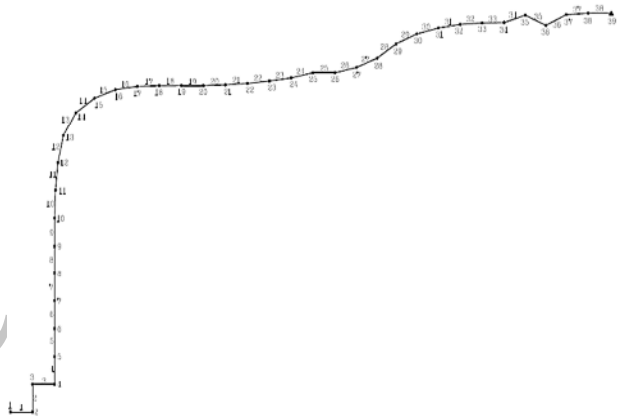


Fig. 4. The sewer network layout in Isfahan's Mirzakoochak Khan boulevard

شکل ۴- جانمایی شبکه فاضلاب بلوار میرزاکوچک‌خان اصفهان

در شکل ۴ جانمایی شبکه مورد مطالعه ارائه شده است. در این منطقه، لوله‌های شماره ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ کاندیدای تعمیر با استفاده از فرمول پیشنهادی هستند.

۴- نتایج و بحث

در این بخش، لوله‌های دو شبکه فاضلاب مورد مطالعه با استفاده از روش پیشنهادی، تعمیر و نتایج تجزیه و تحلیل شد. به این منظور، شبکه فاضلاب این مناطق در نرم افزار SewerGEMS مدل‌سازی شد و سپس در هر مرحله قطر یکی از لوله‌ها (لوله کاندید تعمیر) در اندازه‌های مختلف به تدریج کاهش یافت. همزمان با کاهش قطر لوله، نمودار مربوط به میزان بالازدگی فاضلاب در آدم‌روهای بالادست ترسیم و بررسی شد تا زمانی که این بالازدگی مشکلی از لحاظ پس‌زدگی فاضلاب در منازل مسکونی و معابر شهری به وجود نیاورد. در واقع ضریب اطمینان لازم به‌منظور جلوگیری از پس‌زدگی فاضلاب در زیرزمین‌ها و انشعابات فرعی نیز منظور شد. بنابراین، در این پژوهش حداقل اختلاف قابل قبول تراز فاضلاب در آدم‌روها تا سطح زمین، دو متر منظور شد. قطر به‌دست آمده از تحلیل شبکه در نرم‌افزار، نشان دهنده میزان پمپاژ مورد نیاز برای جلوگیری از بالازدگی است.

در ابتدا لوله‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۵ شبکه فاضلاب چهارراه نظر اصفهان با استفاده از روش پیشنهادی تعمیر شد. در تعمیر لوله‌های این شبکه محدودیتی از نظر زمان تعمیر منظور نشد.

در جدول ۲ نتایج تحلیل شبکه فاضلاب چهارراه نظر برای چهار لوله مورد نظر، ارائه شده است. از اقطار محاسبه شده در این جدول به‌منظور تعیین میزان فاضلابی که باید پمپاژ شود، استفاده شد. به این مفهوم که میزان پمپاژ فاضلاب، برابر با دبی عبوری از لوله‌ای با قطر موجود در جدول است و بنابراین مقادیر آن برای لوله‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۵ به‌ترتیب برابر ۰/۰۹، ۰/۸۹، ۰/۷۱ و ۱/۳۲ متر مکعب بر ثانیه است. به عبارت دیگر اگر لوله آسیب دیده با لوله‌ای با قطر ارائه شده در جدول جایگزین شود، مشکلی از لحاظ پس‌زدگی فاضلاب به وجود نمی‌آید. در جدول ۳ مقادیر هزینه پمپاژ فاضلاب در زمان تعمیر لوله‌های کاندید در روش حفاری بدون ترانشه، با و بدون استفاده از روش پیشنهادی ارائه شده است. لازم به ذکر است که در این پژوهش منظور از هزینه

Archive
www.SID.ir

جدول ۲- حداقل قطر مورد نیاز به منظور جلوگیری از پس‌زدگی و حداکثر هد فاضلاب بالادست در شبکه فاضلاب چهارراه نظر

Table 2. Minimum required diameter to prevent sewer setback and maximum upstream sewer head in Nazar intersection sewer network

Pipe	Diameter			
	3	6	9	15
Primary (mm)	400	1200	1200	1200
Calculated (mm)	200	550	450	500
Maximum upstream head sewer (m)	2	3.5	3.3	3.5
Upstream hydraulic capacity (m^3)	37.7	131	330.7	371.4

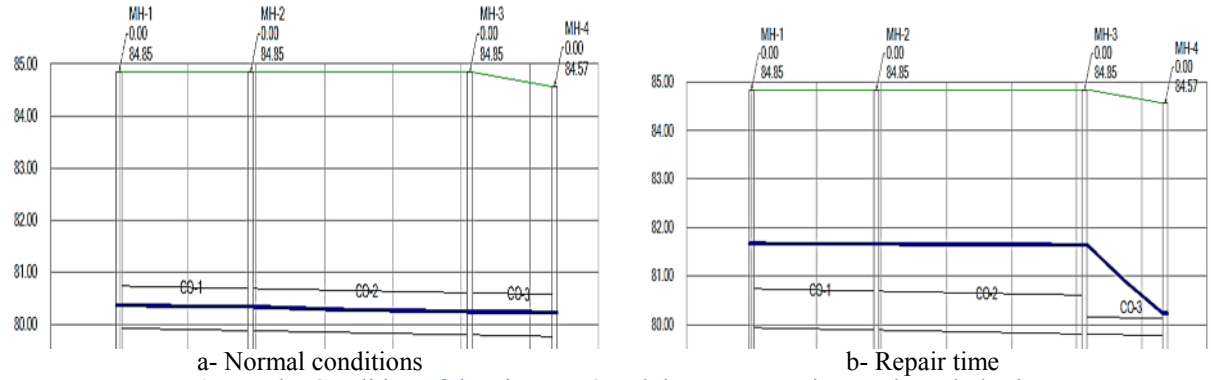
جدول ۳- هزینه پمپاژ (میلیون ریال) در شبکه فاضلاب چهارراه نظر با و بدون استفاده از روش پیشنهادی برای روش حفاری بدون ترانشه

Table 3. Pumping costs for Nazar intersection sewer network with and without the proposed method for trenchless repair

Cost Pipe	3	6	9	15
Pumping cost without using the proposed method (Million Rials)	120.42	1525.32	1184.13	2287.98
Pumping cost with using the proposed method (Million Rials)	80.3	932.2	592.1	1271.1

تعمیر، هزینه پمپاژ فاضلاب بالادست به لوله‌های پایین‌دست در زمان تعمیر است. مقادیر جدول ۳ با فرض مدت زمان تعمیر برابر ۱۸ ساعت و استفاده از پمپ ۲ اینچی برای پمپاژ، محاسبه شده‌اند. مقایسه هزینه‌های ارائه شده، نشان دهنده آن است که استفاده از روش پیشنهادی در کاهش هزینه پمپاژ بسیار مؤثر است. به عبارت دیگر میزان کاهش هزینه پمپاژ برای لوله‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۵ به‌ترتیب برابر ۳۵، ۴۰، ۵۰ و ۴۵ درصد است. لازم به ذکر است به‌دلیل این که شبکه فاضلاب چهارراه نظر از لوله‌های با قطر زیاد تشکیل شده و مدت زمان تعمیر، ۱۸ ساعت فرض شده است و همچنین دبی منظور شده برای این شبکه با فرض پر بودن سه چهارم حجم لوله است، بنابراین میزان کاهش هزینه پمپاژ در حد قابل انتظار این پژوهش نبود. با این وجود، میزان کاهش هزینه پمپاژ در حدود ۵۰ درصد بود که نشان از عملکرد موفقیت‌آمیز روش پیشنهادی در رسیدن به هدف پژوهش است.

شکل ۵ میزان پر شدن یک نمونه از لوله‌ها و آدم‌روهای شبکه فاضلاب مذکور، قبل و بعد از اعمال روش پیشنهادی برای روش حفاری بدون ترانشه و همچنین چگونگی استفاده از ظرفیت لوله‌ها و آدم‌روهای بالادست را نشان می‌دهد. در این شکل، اعدادی که بر روی لوله‌ها درج شده نشان‌دهنده شماره لوله، اعدادی که در تراز بالایی آدم‌روها نوشته شده نشان‌دهنده شماره آدم‌رو و تراز زمین، اعداد درج شده بر روی محور عمودی نمودارها، تراز ارتفاعی و خطوط پر رنگ، شیب خط هیدرولیکی در لوله‌ها و آدم‌روها را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در این شکل، لوله پمپاژ فاضلاب در محل لوله آسیب‌دیده منظور شده است، در حالی که در عمل این لوله در سطح زمین قرار می‌گیرد و عملیات انتقال فاضلاب در سطح زمین انجام می‌شود. نتایج به‌دست آمده از شکل‌ها نشان‌دهنده آن است که روش پیشنهادی به میزان قابل قبولی در رسیدن به اهداف پژوهش، موفقیت‌آمیز بوده است.



a- Normal conditions b- Repair time

Fig. 5. The Condition of the pipe No. 3 and the upstream pipes and manholes in a) normal conditions and b) repair time

شکل ۵- وضعیت جریان لوله شماره ۳ و لوله‌ها و آدم‌روهای بالادست آن در الف) شرایط عادی و ب) زمان تعمیر

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- حداقل قطرهای مورد نیاز به منظور جلوگیری از پس‌زدگی در شبکه فاضلاب بلوار میرزا کوچک‌خان اصفهان

Table 4. Minimum required diameter to prevent sewer backpressure in Isfahan's Mirzakoochak Khan boulevard sewer network

Discharge(m^3/s)	Pipe number				
	7	14	21	28	35
	Minimum required diameter (mm)				
0.105	250	250	250	250	300
0.21	300	300	300	350	350
0.315	350	400	350	400	400

جدول ۵- حداکثر هد فاضلاب و ظرفیت هیدرولیکی بالادست در زمان انسداد در شبکه فاضلاب بلوار میرزا کوچک‌خان اصفهان

Table 5. Maximum upstream sewer head and hydraulic capacity at the time of blocking in Isfahan's Mirzakoochak Khan boulevard sewer network

Discharge (m^3/s)	Pipe number				
	7	14	21	28	35
	Sewer head (m)				
0.105	3.2	2.4	2.2	2.8	1.3
0.21	2.5	2.5	3.2	2.2	2.1
0.315	2.4	2.7	3.2	2.2	2.3
Upstream hydraulic capacity (m^3)	288.9	583.9	881.4	1184.8	1601.5

به‌عبارت دیگر حجم زیادی از فاضلاب بالادست لوله آسیب‌دیده به واسطه ظرفیت لوله‌ها و آدم‌روهای بالادست ذخیره شده و بنابراین میزان پمپاژ فاضلاب به طور محسوسی کاهش می‌یابد.

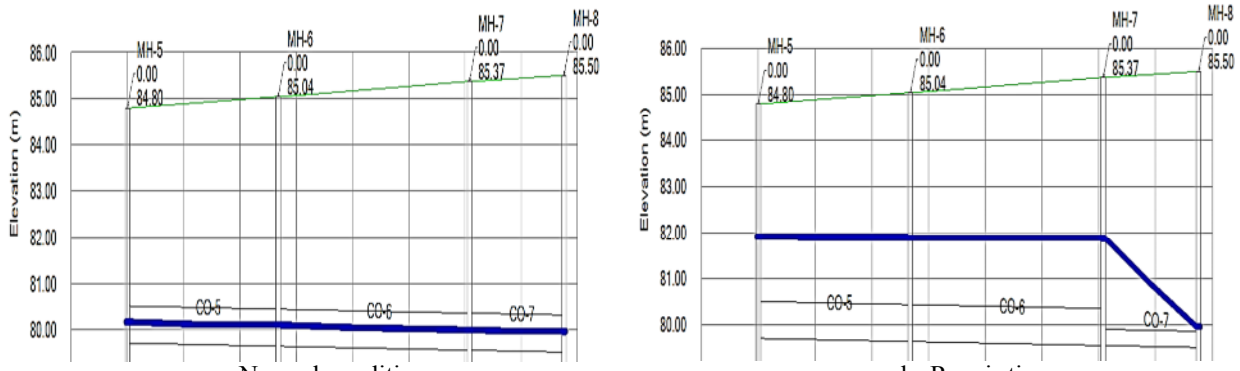
در ادامه لوله‌های مورد نظر شبکه فاضلاب بلوار میرزا کوچک‌خان، با استفاده از روش پیشنهادی در روش حفاری بدون ترانشه تعمیر شد. برای تعمیر لوله‌های این شبکه دو حالت با محدودیت زمان و بدون محدودیت زمان تعمیر (زمان تعمیر ۱۸ ساعت) منظور شد. همچنین به‌منظور تحلیل هیدرولیکی این شبکه، سه حالت دبی منظور شد که عبارت‌اند از: ۱- یک چهارم حجم لوله پر باشد ۲- نیمی از حجم لوله پر باشد ۳- سه چهارم حجم لوله پر باشد. در این روش، در هر مرحله قطر یکی از لوله‌ها در اندازه‌های مختلف به تدریج کاهش می‌یابد. همزمان با کاهش قطر لوله میزان بالازدگی فاضلاب در آدم‌روهای بالادست محاسبه شد، تا زمانی که پس‌زدگی فاضلاب در زیرزمین خانه‌ها و خیابان روی دهد. قطر به‌دست آمده از تحلیل شبکه در این حالت، نشان‌دهنده میزان پمپاژ مورد نیاز برای جلوگیری از بالازدگی است.

نتایج تحلیل شبکه مذکور برای پنج لوله مورد نظر در جدول ۴ ارائه شده است. با استفاده از اقطار این جدول میزان فاضلابی که باید پمپاژ شود، تعیین می‌شود. به‌عبارت دیگر، میزان پمپاژ فاضلاب، برابر با دبی عبوری از لوله‌ای با قطر موجود در جدول ۴ است. در این روش اگر لوله آسیب دیده، با لوله‌ای با قطر ارائه شده در جدول جایگزین شود، مشکلی از لحاظ پس‌زدگی فاضلاب به وجود نمی‌آید. همچنین در جدول ۵ مقادیر حداکثر ارتفاع فاضلاب انباشته شده در لوله‌های بالادست لوله آسیب‌دیده در زمان انسداد و اعمال روش پیشنهادی و ظرفیت هیدرولیکی بالادست لوله‌های تعمیری ارائه شده است.

شکل ۶ وضعیت جریان فاضلاب و میزان پر شدن لوله‌ها و آدم‌روهای شبکه به ازای دبی سه چهارم پر، قبل و بعد از اعمال روش پیشنهادی و همچنین چگونگی استفاده از ظرفیت لوله‌ها و آدم‌روهای بالادست را برای یک لوله نمونه تعمیری با استفاده از روش پیشنهادی (لوله شماره ۷) نشان می‌دهد. در ادامه در جدول ۶ مقادیر هزینه پمپاژ فاضلاب در زمان تعمیر لوله‌های کاندید، با و بدون استفاده از روش پیشنهادی در روش حفاری بدون ترانشه ارائه شده است. مقادیر جدول ۶ با فرض مدت زمان تعمیر برابر ۱۸ ساعت و استفاده از پمپ ۲ اینچی جهت پمپاژ، محاسبه شده‌اند. مقایسه هزینه‌های ارائه شده، نشان دهنده آن است که با استفاده از روش پیشنهادی در این منطقه در بدترین شرایط حداقل ۷۰ درصد و در بهترین شرایط حداکثر ۸۵ درصد هزینه پمپاژ کاهش می‌یابد.

این نکته قابل ذکر است که موضوع مدت زمان تعمیر لوله و در

Archive of SID
www.SID.ir



a- Normal conditions b- Repair time

Fig. 6. The Condition of the pipe No. 7 and the upstream pipes and manholes in a) normal conditions and b) repair time (three quarters full discharge)

شکل ۶- وضعیت جریان لوله شماره ۷ و لوله‌ها و آدم‌روهای بالادست آن در a) شرایط عادی و b) زمان تعمیر (دبی سه چهارم پر)

جدول ۶-هزینه پمپاژ شبکه فاضلاب بلوار میرزا کوچک‌خان با و بدون استفاده از روش پیشنهادی برای روش حفاری بدون ترانشه

Table 6. Pumping costs values of Mirzakoochak Khan boulevard sewer network using with and without proposed method for trenchless method

Method	Discharge (m^3/s)	Pipe number				
		7	14	21	28	35
Without using the proposed method	0.105	210.73	210.73	210.73	210.73	210.73
With using the proposed method	0.105	37.74	37.74	37.74	37.74	60.21
Without using the proposed method	0.21	421.47	421.47	421.47	421.47	421.47
With using the proposed method	0.21	60.21	60.21	60.21	92.322	92.322
Without using the proposed method	0.315	632.2	632.2	632.2	632.2	632.2
With using the proposed method	0.315	92.322	132.17	92.322	132.17	132.17

نتیجه پمپاژ نیز از جمله چالش‌های این پژوهش در جهت رسیدن به کمترین هزینه ممکن است. بنابراین در ادامه این چالش نیز بررسی و نتایج آن ارائه شد. لازم به ذکر است که کاهش مدت زمان تعمیر در برخی از موارد امکان‌پذیر نیست و به شرایط و روش انتخابی تعمیر وابسته است. دلیل طرح این موضوع، انجام مقایسه‌ای در رابطه با میزان پمپاژ و هد فاضلاب انباشته شده در لوله و آدم‌روهای بالادست در زمان‌های مختلف تعمیر است. بدیهی است که در حالت کلی اگر زمان تعمیر و در نتیجه زمان پمپاژ کاهش یابد، میزان پمپاژ نیز برای جلوگیری از پس‌زدگی فاضلاب کاهش می‌یابد. نتایج جدول ۴ و شکل ۶، با فرض نامحدود بودن زمان تعمیر (برابر ۱۸ ساعت) ارائه شده است و لیکن در حالت کلی، با توجه به نوع و میزان خرابی، مدت زمان تعمیر محدود است. اگر مدت زمان تعمیر مشخص و محدود باشد، نتایج متفاوت خواهد بود. بنابراین در این پژوهش شبکه فاضلاب مذکور برای حالت‌هایی که مدت زمان تعمیر مشخص و محدود باشد نیز تحلیل شده است. نتایج تحلیل در این حالت در جدول ۷ ارائه شده است که به ترتیب برای شرایطی است که زمان مورد نیاز برای تعمیر برابر ۱، ۲ و یا ۵ ساعت باشد. در این جداول نیز حداقل قطر لازم برای جلوگیری از پس‌زدگی جریان، ارائه شده است. همچنین در جدول ۸ مقادیر حداکثر هد فاضلاب انباشته شده در لوله‌های بالادست لوله آسیب‌دیده در زمان انسداد و اعمال روش پیشنهادی برای زمان‌های تعمیر ۱، ۲ و ۵ ساعت ارائه شده است. با مقایسه مقادیر جداول ۸ و۵ می‌توان نتیجه گرفت که کاهش زمان تعمیر، تاثیر زیادی بر روی حداکثر هد فاضلاب بالادست نخواهد داشت و در برخی موارد هد بالادست کاهش و در برخی موارد افزایش می‌یابد. البته در هیچ یک از موارد، حداکثر هد فاضلاب بالادست موجب پس‌زدگی فاضلاب بالادست نمی‌شود.

شکل ۷ وضعیت جریان فاضلاب و جریان پرشدگی، بعد از اعمال روش پیشنهادی برای زمان‌های تعمیر متفاوت یک لوله نمونه (لوله شماره ۱۴) با استفاده از روش پیشنهادی در روش

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- قطرهای لوله‌های مورد نیاز به‌منظور جلوگیری از پس‌زدگی فاضلاب در زمان‌های تعمیر مختلف

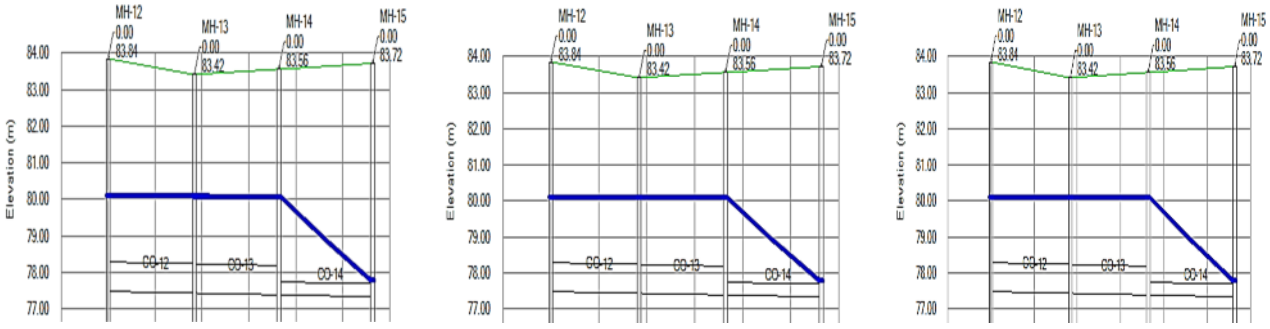
Table 7. Pipe diameters required to prevent sewer backpressure for different pipe repairing time

Repair time (hour)	Discharge m^3/s	Pipe number				
		7	14	21	28	35
		Diameter (mm)				
1	0.105	200	20	20	20	30
	0.21	300	200	100	100	100
	0.315	350	300	300	300	350
2	0.105	200	150	100	100	150
	0.21	300	250	250	300	300
	0.315	350	350	350	400	400
5	0.105	200	250	200	250	250
	0.21	300	300	300	350	350
	0.315	350	350	350	400	400

جدول ۸- حداکثر هد فاضلاب بالادست در زمان انسداد در شبکه فاضلاب بلوار میرزا کوچک‌خان اصفهان در زمان‌های مختلف تعمیر

Table 8. Maximum upstream sewage head at the time of blocking in Isfahan's Mirza koochak khan boulevard sewer network for different pipe repairing time

Repair time (hour)	Discharge (m^3/s)	Pipe number				
		7	14	21	28	35
		Maximum sewage head (m)				
1	105.0	5.2	3.3	8.2	5.1	1.1
	21.0	5.2	7.2	2.3	3	1.2
	315.0	4.2	5.4	4	5.3	7.2
2	105.0	2.4	4.3	4	3	7.2
	21.0	5.2	8.2	2.3	2.3	3
	315.0	4.2	7.2	2.3	3.2	3.2
5	105.0	5.4	8.3	2.4	3.2	6.2
	21.0	5.2	8.2	2.3	2.2	2.2
	315.0	4.2	7.2	2.3	4.2	3.2



(a) **(b)** **(c)**

Fig. 7. The Condition of the pipe No. 14 and the upstream pipes and manhole at repair times a) 1, b) 2 and c) 5 hours (Three quarters full discharge)

شکل ۷- وضعیت جریان لوله شماره ۱۴ و آدم‌روهای بالادست آن در زمان‌های تعمیر a)۱، b) ۲ و c) ۵ ساعت (دبی سه چهارم پر)

www.SID.ir

جدول ۹- مقادیر هزینه پمپاژ شبکه فاضلاب بلوار میرزا کوچک‌خان با و بدون استفاده از روش پیشنهادی در حالت دبی نیمه پر($۰/۲۱ m^3/s$) و برای زمان‌های مختلف تعمیر

Table 9. Pumping costs for Mirzakoochak Khan boulevard sewer network with and without the proposed method in half full discharge condition (0.21 m^3/s) and for various repair times

Method	Repair time (hour)	Pipe number				
		7	14	21	28	35
Without using the proposed method	1	23.415	23.415	23.415	23.415	23.415
	2	46.83	46.83	46.83	46.83	46.83
	5	117.075	117.075	117.075	117.075	117.075
With using the proposed method	1	3.456	1.226	0.223	0.223	0.223
	2	6.913	4.237	4.237	6.913	6.913
	5	17.282	17.282	17.282	26.202	26.202

حفاری بدون ترانشه را نشان می‌دهد. در جدول ۹ مقادیر هزینه پمپاژ فاضلاب در زمان تعمیر لوله‌های کاندید، با و بدون استفاده از روش پیشنهادی در روش حفاری بدون ترانشه ارائه شده است.

لازم به ذکر است که، منظور از هزینه تعمیر، هزینه پمپاژ فاضلاب در زمان تعمیر است. همچنین، مقادیر جدول متناسب با مدت زمان تعمیر هر لوله و با فرض استفاده از پمپ ۲ اینچی برای پمپاژ، محاسبه شده‌اند. با مقایسه مقادیر محاسبه شده می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش مدت زمان تعمیر لوله، هزینه پمپاژ فاضلاب به مقدار زیادی کاهش می‌یابد.

مقایسه هزینه‌های ارائه شده در جدول ۹ (با استفاده از روش پیشنهادی) با هزینه‌های جدول ۶ (در حالت دبی نیمه پر و با استفاده از روش پیشنهادی)، نشان دهنده آن است که با کاهش زمان تعمیر در این منطقه حداقل ۷۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد هزینه پمپاژ، نسبت به حالت زمان نامحدود کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر میزان کاهش هزینه پمپاژ برای لوله‌های شماره ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ در حالت دبی برابر ۰/۱۰۵ مترمکعب بر ثانیه، به‌ترتیب برابر ۸۲، ۸۲، ۸۲، ۸۲ و ۷۱ درصد است.

همچنین میزان کاهش هزینه پمپاژ برای لوله‌های شماره ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ در حالت دبی برابر ۰/۲۱ مترمکعب بر ثانیه، به‌ترتیب برابر ۸۵، ۸۵، ۸۵، ۷۸ و ۷۸ درصد است. علاوه بر این میزان کاهش هزینه پمپاژ برای لوله‌های شماره ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ در حالت دبی برابر ۰/۳۱۵ مترمکعب بر ثانیه، به ترتیب برابر ۸۵، ۷۹، ۸۵، ۷۹ و ۷۹ درصد است. البته ذکر این نکته ضروری است که برای کاهش مدت زمان تعمیر باید متناسب با نوع خرابی، قطر لوله و شرایط محل، روش تعمیر را تغییر داد. بر اساس نظر کارشناسان، همواره امکان تغییر روش تعمیر و کاهش مدت زمان تعمیر وجود ندارد، ولی در صورتی که این امکان فراهم باشد، در برخی از موارد هزینه تعمیر کاهش و در برخی موارد افزایش می‌یابد که برای محاسبه این هزینه نیاز به انجام پژوهش‌های میدانی و موردی است.

بررسی نتایج به‌دست آمده از تعمیر شبکه‌های فاضلاب نمونه چهارراه نظر و بلوار میرزاکوچک‌خان اصفهان با استفاده از روش پیشنهادی نشان‌دهنده آن است که، استفاده از ظرفیت لوله‌ها و آدم‌روهای بالادست لوله آسیب دیده، موجب کاهش میزان پمپاژ می‌شود، که این میزان کاهش پمپاژ در بدترین شرایط در حدود ۳۵ درصد و در بهترین شرایط حدود۸۵ درصد نیز می‌شود.

لازم به ذکر است که بررسی‌های انجام شده در این زمینه نشان داد که پژوهش‌های مشابهی بر اساس این رویکرد پیشنهادی انجام نشده است و بنابراین این پژوهش می‌تواند افق جدیدی برای پژوهشگران این حوزه ارائه نماید. با بررسی نتایج، در تعمیر شبکه فاضلاب با استفاده از روش پیشنهادی موارد زیر لازم است مورد توجه قرار گیرد:

اجرای عملیات تعمیر در صورت امکان در زمان‌های مصرف کم آب انجام شود تا میزان دبی فاضلاب تولیدی حداقل باشد. شایان ذکر است که زمان‌های مصرف کم آب، با توجه به فصل سال، اغلب از ساعت ۱۲ شب تا ۵ صبح و ساعت ۲ تا ۶ بعدازظهر است.

Archive of SID

www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.96690.2479

پیشنهاد می‌شود که حتی‌الامکان از روش‌هایی برای تعمیر استفاده شود که بتوان در مدت زمان کمتری عملیات تعمیر را انجام داد.

در شرایطی که اجرای عملیات تعمیر نیازمند زمانی طولانی باشد، می‌توان در صورت امکان عملیات تعمیر را به صورت مقطعی و در چند مرحله انجام داد به گونه‌ای که اجرای عملیات با زمان‌های اوج مصرف آب تداخل نداشته باشد.

در شرایطی که نیاز به خشک بودن کامل لوله آسیب‌دیده نیست و این امکان وجود دارد که مقدار محدودی از فاضلاب در لوله آسیب دیده عبور کند، می‌توان با استفاده از تجهیزات انسدادی که قابلیت عبور جریان دارند و با اعمال روش پیشنهادی، مقداری از جریان فاضلاب از طریق لوله آسیب‌دیده به لوله‌های پایین‌دست انتقال داد.

در مناطقی که شیب زمین و در نتیجه شیب خطوط لوله فاضلاب زیاد است، استفاده از روش پیشنهادی باید با احتیاط بیشتری انجام شود، زیرا شیب زیاد لوله‌ها موجب افزایش سرعت انباشته شدن فاضلاب بالادست می‌شود. همچنین نوع تجهیزات انسداد نیز باید به گونه‌ای انتخاب شود که از مقاومت بالایی در برابر فشار ناشی از فاضلاب انباشته شده برخوردار باشد.

کاربرد این روش در جاهایی است که نیاز به بستن جریان باشد. به عنوان مثال در کلیه روش‌های بازسازی و نوسازی خطوط لوله فاضلاب به روش ترانشه باز می‌توان از این روش استفاده نمود. همچنین در مورد حفاری بدون ترانشه نیز این روش در مواردی از قبیل انواع روش‌های پوشش‌دهی، لوله‌های در محل عمل‌آوری شونده، تعمیرات نقطه‌ای از داخل، انهدام لوله، بازسازی آدم‌رو و تعمیرات و بازرسی ایستگاه‌های پمپاژ کاربرد دارد.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش روشی برای افزایش عملکرد پمپاژ و کاهش هزینه‌های پمپاژ در حین تعمیرات و بازسازی شبکه در روش حفاری بدون ترانشه ارائه شد. عملکرد این روش بر روی تعمیر لوله‌های دو شبکه فاضلاب چهارراه نظر و بلوار میرزاکوچک‌خان شهر اصفهان بررسی شد. به بیان دیگر، در این پژوهش روشی پیشنهاد شد که با بهره‌گیری از آن در زمان تعمیر خطوط لوله فاضلاب، می‌توان هزینه پمپاژ و در نتیجه هزینه تعمیر را به میزان زیادی کاهش داد. در روش پیشنهادی از ظرفیت هیدرولیکی بالادست لوله‌های آسیب‌دیده استفاده شد و با استفاده از آن هزینه پمپاژ و در نتیجه هزینه تعمیر کاهش یافت. علاوه بر این تأثیر مدت زمان تعمیر در کاهش هزینه‌های تعمیر بررسی شد. استفاده از روش پیشنهادی در تعمیر خطوط لوله شبکه فاضلاب مورد مطالعه نشان داد که با استفاده از آن، هزینه‌ها در بدترین شرایط، ۳۵ درصد و در بهترین شرایط، ۸۵ درصد کاهش یافت. امید است که نتایج حاصل از پژوهش حاضر، مسئولان و مقامات عالی رتبه کشوری در زمینه آب و فاضلاب را در جهت استفاده از روش‌های نوین بازسازی و نوسازی خطوط لوله و افزایش عملکرد آن ترغیب نماید.

۶- قدردانی

نویسندگان مقاله از حمایت‌های دانشگاه اصفهان صمیمانه تشکر می‌کنند علاوه بر این از اداره آب و فاضلاب استان اصفهان که اطلاعات لازم برای انجام این تحقیق را در اختیار محققان قرار دادند نیز تشکر می‌نمایند.

References

Abel, T. 2016. Changes in strength parameters of pipelines rehabilitated with close-fit trolining liners – numerical analysis based on laboratory tests. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 16**,** 30-40.

Allouche, E., Alam, S., Simicevic, J., Sterling, R., Condit, W. & Matthews, J. 2014. A pilot study for retrospective evaluation of cured-in-place pipe (CIPP) rehabilitation of municipal gravity sewers. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 39**,** 82-93.

Amiresmaeili, V. 2016. Rehabilitation in sewer networks. *International Conference and Exhibition on Trenchless Technology*, University of Isfahan, Isfahan, Iran. (In persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Asgari, M., Hashemifesharaki, F. & Zare, M. 2016. Investigating indirect costs of implementing, rehabilitating and rehabilitating underground installations in conventional open trench (case study of Isfahan). *International Conference on Trenchless*, University of Isfahan, 1-9. (In persian)

Berry, M., Bioshop, J., Blackburn, C. & Cole, E. 1994. Suggested guidelines for remediation of damage from sewage backflow into buildings. *Journal of Environmental Health*, 52**,** 1-9.

Hadad, A. & Kadkhodayebolghoor, M. 2009. Rebuilding urban water network. *1st National Conference on Engineering and Infrastructure Management*, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian)

Jefrin, J., Subash, I. & Manoj Kumar, V. 2012. CIPP: A trenchless rehabilitation overview. *International Journal of Advanced Technology in Civil Engineering*, 1 (2)**,** 31-36.

Lee, D, G. & Chin, W, S. 2005. Development of the trenchless rehabilitation process for underground pipes based on RTM. *Composite Structures*, 68**,** 267-283.

Lee, D. G., Yu, H., N., Kim, S. S. & Hwang, I. U. 2008. Application of natural fiber reinforced composites to trenchless rehabilitation of underground pipes. *Composite Structures*, 86**,** 285-290.

Masoumi, M. 2016. Reviewing the pipeline reconstruction standards in order to select and design a modernization method. *International Conference on Trenchless*, University of Isfahan, Isfahan, Iran. (In Persian)

Matthews, J. C., Allouche, E. N. & Sterling, R. L. 2015. Social cost impact assessment of pipeline infrastructure projects. *Environmental Impact Assessment Review*, 50**,** 196-202.

Molinas, A. & Mommandi, A. 2009. Developmen of new corrosion/abrasion guidelines for selection of culvert pipe materials. *Report No. CDOT-2009-11*, Colorado Department of Transportation DTD Applied Research and Innovation Branch, Colorado.

Najafi, M. 2011. "Pipeline rehabilitation systems for service life extension" In: *Service life estimation and extension of civil engineering structures*, Karbhari, V. M. & Lee, L. S. (Eds.), Woodhead Publishing, Sawstone, Cambridge.

Rogers, C. & Knight, M. 2014. The evolution of international trenchless technology research coordination and dissemination. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 39**,** 1-5.

Shirodkar, D., Spero, M. & PE–President-Danby, L. 2010. Rehab of a 100-Year old brick storm sewer. *Underground Construction*, 38**,** 2-10.

Sterling, R., Allouche, E., Alam, S. & Simicevic, J. 2014. A pilot study for retrospective evaluation of cured-in-place pipe (CIPP) rehabilitation of municipal gravity sewers. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 39**,** 82-93.

www.SID.ir