مدیریت بحران زلزله در سامانه های آب رسانی ایران بر اساس تجربیات زلزله های اخیر

عباس فتحی آذر کلخوران[۱]، رضا راستی[۲]

۱- دانشگاه شهید عباسپور

۲- دانشگاه شهید عباسپور

Fathi.azar.abbas@gmail.com

خلاصه

از سال ۲۰۱۰ تا کنون زلزله های بزرگی در سطح جهان رخ داده است که خرابی های زیادی به جود آورده اند. در این میان می توان به سه زلزله بزرگ ۲۰۱۰ شیلی، ۲۰۱۰-۲۰۱۱ کریس چرچ و ۲۰۱۱ شمال شرقی ژاپن اشاره کرد که باعث به وجود آمدن خرابی هایی در سامانه های آبرسانی در آن مناطق شده اند. این زلزله ها در مناطقی که از لحاظ لرزه خیزی تقریبا همانند منطقه ایران هستند، رخ داده اند. از این رو در این مقاله سعی شده است بر اساس تجربیات و آسیب های وارده به سامانه های آبرسانی در این زلزله ها توصیه هایی در زمینه مدیریت بحران برای عملکرد مناسب سیستم های آبرسانی در ایران بعد از زلزله ارائه شود. همچنین رهنمودهایی برای برنامه ریزی های میان مدت و بلند مدت در زمینه کاهش آسیب های لرزه ای به سامانه های آبرسانی بیان شود. ابتدا در مورد مدیریت بحران و جایگاه آن مطالبی بیان می شود. سپس خلاصه ای از مشاهدات خرابی ها در زلزله های اخیر آورده شده و در نهایت توصیه هایی برای سیستم های آبرسانی در ایران ارائه شده است.

کلمات کلیدی: مدیریت بحران، سامانه های آبرسانی، زلزله ۲۰۱۱ ژاپن، زلزله ۲۰۱۰ شیلی، زلزله ۲۰۱۰و۲۰۱۱ کریس چرچ

۱. مقدمه

حوادث غیر مترقبه و بلایای طبیعی طبق تعریف عبارتند از وقوع عملی در طبیعت با چنان شدتی که وضعی فاجعه انگیز ایجاد کند که شیرازه زندگی روزمره ناگهان از هم گسیخته شده و مردم دچار رنج و درماندگی شوند و به غذا و پوشاک و سرپناه و مراقبتهای بهداشتی و سایر ضروریات زندگی محتاج گردند. ایران در منطقه ای با خطر لرزه خیزی بالا قرار دارد. بنابر این زلزله یک سناریوی محتمل از حوادث طبیعی می باشد. از طرفی پس از وقوع زلزله یکی از ضروریترین احتیاجات مردم، نیاز به آب می باشد. این نیاز از چند منظر اهمیت پیدا می کند اول اینکه برای نیازهای آشامیدنی نیاز است. دوم اینکه برای مسائل بهداشتی نیاز است. و در وحله ی سوم برای مسائلی چون اتفاع حریق ایجاد شده ناشی از زلزله نیاز می باشد.

باید به این موضوع توجه داشت که یکی از آفت های مدیریتی در ایران اجرای راه حل های کوتاه مدت در بازه های زمانی طولانی می باشد. این امر مانع از پرداختن به راه حل های بلند مدت می باشد. برای درک بهتر نیاز به برنامه های بلند مدت، مدیران و برنامه ریزان باید در شرایط عادی بحران آفرینی کنند. به عنوان مثال با یک محاسبه ساده به نظر می رسد که بعد از وقوع زلزله در شهری مانند تهران، برای مصارف آشامیدنی و بهداشتی، ۴ میلیون نفر به مدت ۸۲ روز بدون آب خواهند ماند. اما در صورت اجرای یک برنامه مدیریتی میان مدت ۱۲ ساله با هزینه ای بالغ بر ۲۹ میلیون دلار، این تعداد به ۱.۷ میلیون نفر به مدت ۳۰ روز کاهش پیدا می کند.

---

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد زلزله

[۲] استادیار

این مقاله خلاصه ای است از یک مطالعه جامع که در آن اطلاعات مربوط به خرابی های زلزله های بزرگ که اخیرا رخ داده اند جمع آوری شده و با تلفیق دانش فنی و بینش مدیریتی و در نظر گرفتن شرایط کنونی سیستم های آبرسانی در سطح کلان شهر های کشور، راهکارهایی برای برنامه ریزی های بلند مدت ارائه شده است.

۲. تعریف و جایگاه مدیریت بحران

مدیریت بحران علم نوینی است که در سطح کشوری ، استانی و شهری می تواند شکلهای گوناگونی داشته باشد. در مدیریت بحران ، خطرات بالقوه و منابع موجود مورد ارزیابی قرار گرفته و کوشش می شود که با برنامه ریزی های کارشناسانه بین منابع و تواناییهای موجود و همچنین خطرات احتمالی موازنه برقرار شود تا با استفاده از منابع موجود بتوان بحران را کنترل نمود. بحران از هر نوع که باشد ، آثار قابل ملاحظه ای برجامعه خواهند داشت. لذا برای پیشگیری از وقوع و یا کاهش اثرات بلایای طبیعی و مدیریت بر چگونگی یک امداد و نجات و اسکان موقت و بازسازی نواحی آسیب دیده، همه جوامع نیازمند به مدیریت بحران می باشد. اغلب بحرانها دارای شرایط مشترک ذیل هستند:

۱. نیاز به تصمصم گیریهای سریع دارد.
۲. راه حل ها عمدتاً محدود می باشند.
۳. تصمیمات غلط ممکن است عواقب وخیمی داشته باشد.

داشتن یک برنامه عملیاتی دقیق برای انواع بحرانهایی که بعد از وقوع زلزله روی می دهد(کمبود آب و آتش سوزی) به همراه وجود گروههای استراتژیکی و تاکتیکی می توان وضعیت نابهنجار پس از بحران را به کلی تغییر دهد. این برنامه ها به همراه گروههای عمل کننده می بایست بحران را به سرعت و به طور کار آمدی تحت کنترل در آورند زیرا زیانبار ترین نتیجه سوءمدیریت در یک بحران طبیعی، خسارات بلند مدت و تلفات رو به افزایش آن می باشد. لذا اجرای موارد زیر می توان تا حد زیادی در موفقیت عملکرد مدیریت بحران موثر واقع شود.

۱. اقدامات مورد نیاز در مرحله آمادگی پیش از بحران

در این مرحله نقشه های آسیب پذیری از خطوط لوله و المان های سیستم آبرسانی تهیه می شود و تمهیداتی برای تعمیر و بازیابی آنها بعد از وقوع زلزله دیده می شود. مثلا اگر می دانیم در یک منطقه خاص ۲۰۰ متر لوله آسیب پذیری بالایی دارند، باید قبل از زلزله ۲۰۰ متر لوله در منطقه ای نزدیک آن منطقه آماده باشد تا در صورت آسیب دیدن لوله سریعا جایگزین شود.

۲. اقدامات مورد نیازدر مرحله آغاز بحران

در این مرحله که بلافاصله پس از وقوع حادثه شروع می شود ، قاعدتاً زمانی برای برنامه ریزی و تصمیم گیری های عمده وجود ندارد و همه چیز باید از قبل پیش بینی شده باشد و فقط دستور العمل های منتج از سناریوی بحران متناسب حداکثر ظرف مدت ۲۴ ساعت اول پس از آغاز بحران به مرحله اجرا گذاشته شوند.

۳. اقدامات مورد نیاز در مرحله بحران

گرچه در این مرحله بر خلاف مرحله آغاز بحران، فرصت اندکی جهت تفکر و برنامه ریزی وجود دارد ولی اقدامات لازم الاجرا در این مرحله نیز می بایست از قبل پیش بینی و برنامه ریزی باشند. فعالیت های این مرحله باید در فاصله ۲ تا ۶ روز پس از وقوع بحران انجام شوند.

۴. اقدامات مورد نیاز در مرحله بازسازی

چهارچوب کلی اقدامات مورد نیاز در این مرحله عبارت است از تعیین تعداد ، ترکیب و شرح وظایف کمیته های لازم که این مورادر در مرحله آمادگی پیش از بحران اندیشیده اند و مدون شده است . درعین حال در این مرحله زمان محدودی جهت بازبینی برنامه ریزیهای قبلی و تعدیلات جزئی در جهت بهینه سازی اقدامات وجود دارد.

۳. زلزله شیلی

این زلزله تاثیر شدیدی روی شهر Concepcion که جمعیتی در حدود ۱۳۰۰۰۰۰ نفر دارد گذاشت . از طرفی سیستم آب رسانی این شهر برای زلزله طراحی نشده بود . لرزش شدید زمین و روانگرایی باعث خرابی های خطوط لوله بود . روانگرایی باعث خرابی در خطوط انتقال با قطر بالا شده بود. (در حدود ۳۰۰۰ خرابی).

قطع اب برای برخی مصرف کنندگان تا یک ماه هم طول کشید. البته نکته قابل توجه این که یکی از شرکت های توزیع اب به نام Essbio لوله های HDPE را در حدود یک دهه قبل از زلزله در سیستم توزیع به کار برده بود و در حالی که باقی قسمت های سیستم توزیع آسیب های زیادی دیده بودند ، به این لوله ها آسیبی نرسیده بود.

این زلزله همچنین قسمت هایی از شیلی را نیز لرزاند که اغلب مناطق زراعی بودند . در دهه های گذشته دولت شیلی اقدام به ایجاد ۲۰۰۰ چاه و منبع آب برای روستا های آن منطقه کرده بود که معمولا کمتر از ۱۰۰ نفر جمعیت داشتند. در تمام منطقه از یک تیپ استاندارد مخازن هوایی استفاده شده بود. اما طراحی ها جوابگوی حرکات شدید زمین نبودند و حداقل ۷۳ مورد از این مخازن فرو ریختند که در برخی موارد باعث مرگ افراد شده بود.

به کار انداختن مجدد سرویس آب پس از زلزله بخاطر قطع منابع برق و خطوط ارتباطی، به شدت تحت تاثیر قرار گرفت. از آنجا که شرکت های سرویس دهنده آب عادت به استفاده از تماس صوتی به عنوان تنها راه ارتباط داشتند، بنابر این پس از قطع شبکه سراسری تلفن تلاش برای بازیابی سرویس آب چند روز به تاخیر افتاد.

۴. زلزله کریس چرچ

سه زلزله سطحی در سپتامبر ۲۰۱۰ و فوریه ۲۰۱۱ و جون ۲۰۱۱ در این منطقه رخ داد. که زندگی ۴۰۰۰۰۰ نفر را تحت تاثیر قرار داد. تاسیسات آب رسانی در هر سه زلزله آسیب دیدند.

خطوط لوله و المان های شبکه آب رسانی در این منطقه طراحی لرزه ای نشده بودند و تا قبل از زلزله فقط چند منبع آب بهسازی لرزه ای شده بودند. جنبش نیرومند زمین و روانگرایی موجب آسیب به خطوط لوله و چاه ها شد. تعداد زیادی از لوله ها در اثر روانگرایی خراب شدند. تعدادی از مخازن چوبی و فولادی که مهار مناسبی نداشتند جابجا شدند. و تعداد زیادی از منابع بتنی پیش تنیده آسیب جدی دیدند (نشت آب) یا خراب شدند (کل آب آنها تخلیه شد). بزرگترین منبع ذخیره آب شهر در اثر تغییر شکل زمین کاملا از بین رفت. مدت زمان قطعی آب در این زلزله ها میان مدت بود و اکثرا بعد از ۱۰ روز پس از هر زلزله مجدا وصل شدند.

درس های جالبی که گرفته شد: مسئولین شهر بعد از اولین زلزله تعدادی لوله از جنس HDPE در سیستم توزیع کارگذاری کرده بودند که در زلزله های بعدی هیچ کدام از این لوله ها آسیب ندیدند در صورتی که لوله های قدیمی که نزدیک این لوله ها بودند آسیب دیده بودند.

تعدادی آتش سوزی در سطح شهر اتفاق افتاد که نیازمند اقدام آتش نشانی بود ولی گسترش آتش اتفاق نیافتاد. خسارات وارده به سیستم آب هیچ تاثیری روی خروجی آب شیرهای آتش نشانی نداشت.

۵. زلزله توهوکو

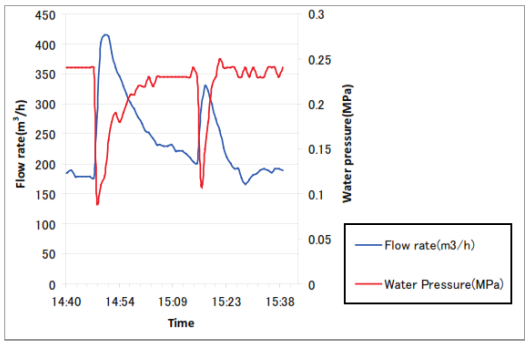
زلزله با بزرگای ۹ ریشتر در مارس ۲۰۱۱ منطقه توهوکو ژاپن را لرزاند. این زلزله زندگی ۳۵ میلیون نفر را تحت تاثیر قرار داد. نزدیکترن شهر پرجمعیت به مرکز این زلزله شهر Sendai بود که در حدود ۱.۵ میلیون نفر جمعیت داشت. بزرگای بالای زلزله حتی باعث خرابی در سامانه آب رسانی شهرهایی که در فاصله دورتر نیز بودند مانند Chiba و Tokyo و Kanagawa شد.

همچنین این زلزله باعث ایجاد تسونامی شد. بیش از ۹۵٪ خرابی ها ایجاد شده توسط تسونامی بوده که چند هزار متر از خط ساحلی به طرف ساحل آمده بود. در مناطقی که خارج از محدوده تسونامی بوده تقریبا خرابی مشاهده نشده. در مناطق خارج از محدوده ی تسونامی تاثیری روی منابع آب نداشت.

جالب ترین نکته ای که می توان در مورد این زلزله بیان کرد، اتفاق غیر معمولی بود که در شبکه توزیع آب روی داد.

اتفاق غیر معمولی در محل هایی که لوله های آب آسیب ندیده بوند اتفاق افتاد . درست در زمان زلزله یک کاهش فشار شدید و افزایش جریان در شبکه ی آب چندین شهر مشاهده شد.

در ادامه تاریخچه مقدار جریان و فشار را در شبکه توزیع آب در Tokyo به نمایش در آمده است، شکل ۱ . همانطور که از نمودار پیداست مقدار جریان به سرعت بعد از زلزله افزایش و مقدار فشار کاهش یافته است . واین فشار کم و جریان بالا طی ۲۰ دقیقه بعدی به جای خود بازگشته و همین اتفاق بار دیگر در پس لرزه ی بعدی اتفاق افتاده است.



Time histories of the flow rate and water pressure at a water distribution plant of Tokyo.

شکل ۱- نمودار تاریخچه زمانی افت فشار و افزایش جریان در شهر Tokyo در زلزله بزرگ ژاپن

یک تحقیق در مورد ۲۰ شرکت منطقه ای توزیع آب صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان می دهد که در کدام شهرها این اتفاق نامعمول صورت گرفته است . این اتفاق نامعمول حتی در شهر هایی که شدت JMA زلزله کمتر از ۵ بوده یعنی سه شهر Yamagata و Nagoya و Osaya نیز اتفاق افتاده است، جدول ۱.

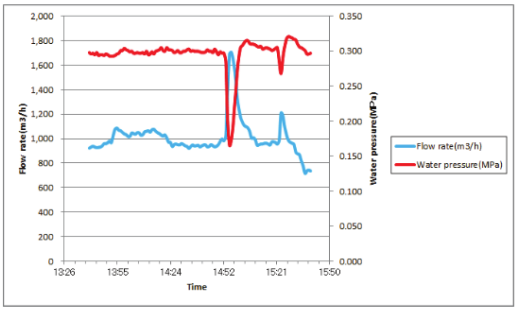
جدول ۱ – وقوع یا عدم وقوع اتفاق نا معمول در شهرهای اطراف کانون زلزله

Occurrence of the unusual phenomena of water distribution system in each cities.

Name	Seismic Intensity	Occurrence
Sapporo City	3	N/A
Aomori City	4	N/A
Morioka City	5+	N/A
Akita City	5+	N/A
Sendai City	6−	Yes
Yamagata City	4	Yes
Niigata City	4	N/A
Mito City	6−	N/A
Utsunomiya City	5+	Yes
Chiba Prefecture	5+	Yes
Tokyo Metropolitan	5−	Yes
Saitama City	5+	Yes
Yokohama City	5+	N/A
Kofu City	5−	N/A
Nagoya City	4	Yes
Kanazawa City	3	N/A
Osaka City	3	Yes
Kobe City	2	N/A
Hiroshima City	1	N/A

احتمال می رود این پدیده نه تنها به بزرگای زلزله بلکه به فاکتور های دیگری مانند مشخصات زمین و فرکانس زلزله نیز بستگی دارد.که بحث در این مورد خارج از چهارچوب این مقاله می باشد.

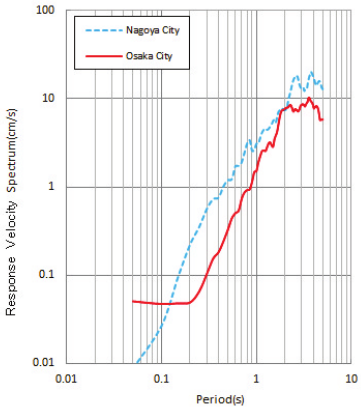
اتفاقی که در شهر Sendai افتاد دقیقا در شهر Osaka نیز اتفاق افتاد . نمودار زیر تاریخچه جریان و فشار را نشان می دهد .



Time histories of the flow rate and water pressure at a water distribution plant of Osaka.

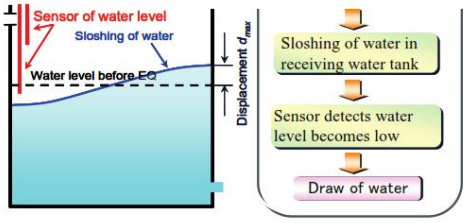
شکل۲- نمودار تاریخچه زمانی افت فشار و افزایش جریان در شهر Osaka در زلزله بزرگ ژاپن

نمودار زیر طیف پاسخ سرعت را برای زلزله بزرگ ژاپن نشان می دهد که برای شتابنگاشت های ثبت شده در شهر های Nagoya (K-net AIC004) و شهر Osaka (OSK005) بدست آمده،شکل ۳. همانطور که از شکل طیف مشخص است، مقدار حداکثر طیف در پریودهای بیشتر از ۱ ثانیه می باشد.



شکل ۳ - طیف پاسخ سرعت برای زلزله بزرگ ژاپن

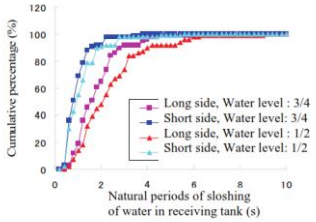
به نظر می رسد یکی از دلایل این پدیده غیر معمول موج زدن آب در مخازن باشد. هنگامی که در اثر زلزله آب داخل مخزن موج می زند، سنسورهایی که سطح آب را تشخیص می دهند دستور شروع ریختن آب به داخل مخزن را می دهند . همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است. حال اگر این اتفاق در چند مخزن به طور همزمان رخ دهد شاهد کاهش شدید فشار خواهیم بود .[۳].



Mechanism of draw of water from distribution pipe to receiving tank by sloshing during earthquake.

شکل ٤ – شکل شماتیک نحوی موج زدن آب داخل مخزن

موج زدن آب داخل مخزن به ابعاد مخزن و ارتفاع آب داخل مخزن بستگی دارد. طبق مطالعات انجام شده بر روی مخازن شهر Osaka پریود طبیعی موج زدن آب را تخمین زده شده است. در ادامه شکل مربوط به درصد تجمعی پریود طبیعی موج زدن آب در مواردی که ارتفاع آب ½ و ¾ ارتفاع مخزن باشد آورده شده است، شکل ۵. ارتفاع آب متغیر است وبستگی به مصرف آب دارد .



Cumulative percentage of natural period of water in receiving water tank

شکل ۵ - درصد تجمعی پریود طبیعی مخازن آب

همانطور که مشاهده می شود در بیش از ۸۰٪ حالات پریود طبیعی موج زدن آب بیش از ۱ ثانیه است . پس طول موج های بلند زلزله که بیشتر از ۱ ثانیه باشد می تواند باعث موج زدن آب شود .در هرحال مطالعات دقیقتری برای مشخص کردن دلایل این پدیده غیر معمول باید صورت گیرد و این آشفتگی برای عکس العمل های اورژانسی بعد از زلزله باید در نظر گرفته شود .

۶. محدودیت ها

معمولا اطلاعات منتشر شده از نوع و شدت خرابی های سامانه های آبرسانی بعد از زلزله در بازه چندین ماه تا یک سال از زمان وقوع آن، ناقص هستند و حتی گاهی وجود این نقص می تواند باعث اشتباه در نتیجه گیری ها شود. از طرفی دولت ها بخاطر مسائل امنیتی اجازه انتشار تمام اطلاعات مربوط به سامانه های حساس را نمی دهند. بنابراین مطالعات و نتایج ارائه شده در این مقاله ممکن است خالی از اشکال نباشند.

در سالهای اخیر تعدادی از خطوط لوله و مراکز تصفیه آب در ایران بهسازی شده اند که با توجه به تجربیات مشاهده شده در زلزله های اخیر کار ارزشمندی محسوب می شود. اما باید در نظر داشت بهسازی لرزه ای که ما امروز شروع خواهیم کرد، نزدیک به ۲۰ سال است که در ژاپن شروع شده است بطوری که نزدیک ۷۵٪ خطوط لوله آب در ژاپن هم اکنون طراحی لرزه ای شده اند. در صورتی که در ایران این مقدار در بهترین حالت به ۱٪ می رسد. لذا مقایسه بحران آب بعد از زلزله در ژاپن و ایران منطقی نخواهد بود.

۷. نتیجه گیری

در این بخش ابتدا به بیان نتایج گرفته شده از زلزله های اخیر پرداخته شده است. سپس راهکارهایی برای برنامه ریزی میان مدت و بلند مدت ارائه شده است.

خلاصه ای از آسیب های وارده به سامانه های آب در جدول زیر آورده شده است، جدول ۳.

جدول ۲ – آسیب های وارده به سیستم های آبرسانی در سه زلزله اخیر

گروه مورد بررسی	زلزله ۲۰۱۰ شیلی	زلزله های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ کریس چرچ	زلزله ۲۰۱۱ ژاپن
آسیب به لوله های انتقال با قطر بزرگ	زیاد	مشخص نیست	زیاد
آسیب به لوله های پخش با قطر کوچک	هزاران مورد	هزاران مورد	هزاران مورد
آسیب به لوله های پخش از جنس HDPE با قطر کوچک	بدون آسیب	بدون آسیب	بدون آسیب
آسیب به لوله های چدن شکل پذیر Kubota chain-hointed	مشخص نیست	مشخص نیست	بدون آسیب
آسیب به منابع ذخیره آب از جنس فولاد، چوب، بتن پیش تنیده	بسیار کم	زیاد	کم
آسیب به منابع ذخیره آب از جنس فولاد، چوب، بتن پیش تنیده بخاطر خرابی زمین	بدون آسیب	کم	بدون آسیب
آسیب به منابع ذخیره مقاوم در برابر زلزله	مشخص نیست	مشخص نیست	کم
آسیب به تصفیه خانه ها	کم	مشخص نیست	کم
آسیب به ایستگاههای پمپاژ	مشخص نیست	کم	مشخص نیست
آسیب به چاه ها	مشخص نیست	زیاد. مخصوصا در نواحی روانگرا	کم
آسیب به منابع ذخیره هوایی	زیاد	مشخص نیست	مشخص نیست
آتش سوزی	۲ مورد	۱۰ مورد	۱۲۴ مورد

با توجه به وقایع اتفاق افتاده در زلزله های اخیر طرح سوالات زیر و ارائه پاسخ به این سوالات در حالتی که شرایط عادی حکم فرما است الزامی به نظر می رسد.

۱ . سامانه های آبرسانی چقدر و چه نوع آسیبهایی می بینند؟

۲ . مدت بازیابی و بازسازی چقدر است؟

۳ . چه جمعیتی برای چه مدت بدون آب شهری می مانند؟

۴ . رابطه مسئولین با مردم چگونه باید باشد و تاب آوری جامعه چقدر است؟

۵ . چه تدارکاتی باید دیده شود؟

رعایت نکات زیر خالی از لطف نمی باشد.

- باید در نظر داشت که سیستم آبرسانی بعد از زلزله حتما آسیب خواهد دید. لذا برنامه ریزی ها باید برای کاهش اثرات این خرابی و تسریع در بازیابی سیستم باشند.
- برای مدیریت سامانه های آب رسانی از سیستم های ارتباطی و اطلاع رسانی استفاده شود که در هنگام زلزله آسیب نبینند تا بعد از وقع زمینلرزه ارتباط بین سازمانی برای کنترل شرایط بحرانی و تسریع در امر بازیابی و بازسازی بدون هیچ مشکلی برقرار باشد.
- با توجه به اتفاق غیرمعمول در زلزله ژاپن که ۲۰ دقیقه به طول انجامید بعلاوه بعد از وقوع پس لرزه دوباره رخ داد، می توان احتمال تکرار این اتفاق در ایران را نیز متذکر شد این امر می تواند روی دبی خروجی و فشار آب خروجی از شیرهای آتش نشانی تاثیر گذارد. لذا قبل از وقوع فاجعه بخاطر گسترش آتش سوزی باید اقدامات فنی لازم را انجام داد.
- با توجه به کشته شدن چند نفر در زلزله شیلی در اثر خراب شدن مخازن آب، باید فیوزهای سازه ای برای مخازن تعبیه کرد تا با هدایت آسیب ناشی از زلزله در صورت خراب شدن مخازن تلفات جانی به همراه نداشته باشند.
- مدیران و برنامه ریزان نباید تعداد کارکنان و عوامل اجرایی که بعد از زلزله بازسازی و بازیابی سیستم های آبرسانی را بر عهده دارند را بیش از ۱۰۰٪ عوامل و کادر اجرایی در حالت عادی در نظر گیرند هرچند توانایی مدیریت عواملی بیش از این تعداد را داشته باشند. و بهتر است این گروه اجرایی برای شرایط بحران از شهرهای همسایه باشند.

برنامه بلند مدت(حداقل ۲۰ سال و حداکثر ۱۰۰ سال) پیشنهادی برای جایگزین کردن لوله ها

به نظر می رسد جایگزین کردن لوله ها در مناطقی با خطر لرزه ای متوسط، فقط با در نظر گرفتن مسائل لرزه ای منطقی نباشد. لذا در این مناطق باید هر دو عامل نشت و مخاطرات زلزله از جمله روانگرایی و لغزش وعواملی از این دست را در نظر گرفت اما در مناطقی با خطر نسبی بالا و در مناطقی که خط لوله با گسل برخورد کرده و در مناطقی که جمعیت زیادی را پوشش می دهند در نظر گرفتن مخاطرات زلزله برای جایگزینی لوله ها کافی می باشد. لوله هایی برای جایگزینی در اولویت های اول (که در ۱۰ سال آینده باید جایگزین شوند) قرار می گیرند که در ۵ سال گذشته در یک کیلومتر بیش از ۳ بار نشت داشته اند. لوله هایی که تا کنون نشتی نداشته اند باید در جای خود باقی بمانند مگر لوله هایی که در مناطقی با خطر لرزه خیزی بالا قرار دارند.

مدل (Benefit Cost Ratio) برای تعویض لوله ها

تعویض سالیانه طولی از خط لوله بدون داشتن اساس مهندسی و مدیریتی امری کاملا غیر اقتصادی خواهد بود. برای مثال برای شهر الف (با خطر لرزه ای بالا و خاک سست و خورنده) مقدار ۱٪ تعویض در سال اقتصادی خواهد بود در صورتی که برای شهر ب (خطر لرزه ای پایین و خاک سخت و غیر خورنده) مقدار ۰.۳٪ تعویض در سال اقتصادی خواهد بود. اساس مطالعات اقتصای بر پایه ی نسبت مجموع سودهای منتج از تعویض لوله (عدم خرابی در زلزله و عدم تعویض بعد از زلزله) به مجموع هزینه های تعویض لوله است.

$$BCR = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{سال}}} \text{هزینه تعمیر در هر سال}}{\text{هزینه تعویض}} \qquad (1)$$

برای ارائه یک مدل مناسب باید هم اثرات لرزه ای و هم اثرات خوردگی خط لوله را در نظر گرفت به عبارت دیگر BCR کل مساوی خواهد بود با مجموع BCR برای زلزله و BCR برای خوردگی.

برای BCR زلزله باید در نظر داشت که در یک برنامه بلند مدت باید تمام لوله ها در مناطقی که در معرض تغییر شکل ماندگار زمین (PGD) هستند مانند مناطق روانگرا و مناطق قابل لغزش و.. تعویض شوند. در مورد BCR خوردگی اگر اطلاعاتی در مورد نشت لوله در دسترس نبود می توان از آزمایشات ژئوالکتریک استفاده کرد و مقاومت خاک را از روش Wenner بر حسب اهم – سانتی متر به دست آورد. طبق یک حکم کلی درخاکهایی که مقاومت بیش از ۱۰۰۰۰ اهم – سانتی متر باشد نشت ۵۰٪ کمتر از خاک هایی با مقاومت ۵۰۰۰ اهم- سانتی متر است و ۸۰٪ تا ۹۰٪ کمتر از خاک هایی با مقاومت ۱۵۰۰ اهم-سانتی متر است.

۸. مراجع

1. http://www.pref.miyagi.jp/kigyo/
2. http://www.minami-nagareyama.org/20110311/report03a.htm
3. Murata, K. and Miyajima, M.: Influence of Receiving Water Tank Sloshing on Water Distribution System, Journal of Japan Earthquake Engineering, Vol. 7, No. 1, pp. 27-42, 2007