

地震次生灾害中地下给排水管道失效模式研究

周红星, 赵金秀

(唐山学院 土木工程学院, 河北 唐山 063000)

摘要:从砂土液化、基础位移、地震波效应三方面对管道的震害原因进行了分析,结合地下给排水管道的破坏形式,应用单因素分析方法对震害致使管道失效的主要因素进行了研究。研究表明:在地震烈度相同、地质构造相近的情况下大管径管道施工中应优先选择预应力钢筋混凝土管;给排水管道采用混凝土带型基础震害率较低;球墨铸铁管管径在DN200时抗震性能最佳。

关键词:给水排水管道;失效模式;地震次生灾害

中图分类号:TU992.03;P315.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2017)06-0042-04

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2017.06.010

A Research into Water Supply and Drainage Pipelines Failure Mode Caused by Earthquake Secondary Disaster

ZHOU Hong-xing, ZHAO Jin-xiu

(College of Civil Engineering, Tangshan University, Tangshan 063000, China)

Abstract: The authors of this paper have studied the causes of the damage to pipelines from the aspects of liquefaction, foundation displacement and seismic wave effect and on the basis of the failure mode of underground water supply and drainage pipelines, examined the main causes of pipeline failure caused by earthquakes with single factor analysis method. The results show that in the case of the same seismic intensity and similar geological structure, the prestressed concrete pipe should be selected preferentially in the construction of large diameter pipelines, that the seismic damage to water supply and drainage pipelines with concrete belt foundation is low, and that the seismic performance of ductile iron pipes is the best when the pipe diameter is DN200.

Key Words: water supply and drainage pipeline; failure mode; earthquake secondary disaster

地震会对城市公用设施会造成严重的损坏,地下给排水工程作为城镇主要基础设施之一,其质量优劣以及震后修复快慢直接影响到民众的生命安全,因此被称作“生命线地震工

程”^[1]。目前城镇原有的地下给排水管道多数接近使用年限,随着城镇化率的快速提高,在进行旧管网改造、新管网建设过程中深入研究地震次生灾害中的给排水管道破坏情况,对工程

基金项目:河北省科学技术研究与发展计划项目(13214521);唐山市科学技术研究与发展计划项目(131302109b);唐山学院市属重点实验室基金项目(13009B)

作者简介:周红星(1976—),男,河北丰润人,教授,硕士,主要从事给水排水工程安全技术研究。

的设计和施工具有现实意义。

1 地下给排水管道震毁原因

给排水管道埋设在地下,相对地上建筑物来讲在抵抗地震破坏力方面具有一定的优势,但其震毁的原因与地上建筑物有着很大的不同。

1.1 砂土液化

在地震作用下,孔隙水压力上升,饱和状态的疏松粉、细砂土由于吸收过多的水分导致有效应力急剧减小,砂土层从稳定的固态变为非稳的液态。砂土液化会造成两种破坏情况:一种是砂土层初步液化,状态的变化引起管道基础的变化,进而出现不均匀沉降现象或差异沉降现象,使得给排水管道整体性受到破坏,在管道接口或管体薄弱部位会出现破损;另一种是液化进一步深入,不均匀沉降加大,造成管道基础整体破坏,由此出现基础滑裂、管道悬空或管道断裂现象^[2]。

1976年唐山7.8级大地震,唐山市遭受了10~11度的烈度影响,地下取水泵房70%倒塌,设备大多被砸坏;送水泵房80%遭受严重破坏,不能运转;市区管网遭受损坏444处,平均震害率在4.0处/km以上,导致供水全部瘫痪。由砂土液化原因引起管道不均匀沉降而破坏的情况占到37%。图1为唐山大地震时倒塌的一座高26m的水塔,该水塔底座为砖结构,储水池为钢筋混凝土结构,由于管道下部沉降严重,管道向下滑裂42cm,该侧水池基础破坏,水池向北偏东20°方向倒塌。

1.2 基础位移

砂土液化超过极限,基础承载力会急剧减小,导致基础出现裂缝、塌陷甚至大的位移,进而造成地下给排水管线、地上给排水构筑物的毁灭性破坏,而且作为救援工程的“生命线地震工程”甚至会形成严重的二次破坏。唐山大地震曾引起陡河、滦河等河岸出现滑移,滑移带最宽处超过了150m。唐山大地震时断裂的唐山胜利桥(图2)即遭受了河岸滑移后的破坏,桥台倾斜、桥墩断裂,桥身西侧DN250给水管线断裂、桥下雨水泵房被震塌。胜利桥为钢筋混

凝土结构,震后墩断桥毁,给水主管道中的生活用水倾泻到桥下,桥下雨水泵站同时被震塌,夜间的大暴雨进一步加大受灾程度,桥下大量积水不能及时排除,导致交通主线阻塞,给运送抗震救灾物资、抢救伤员等救灾工作也增加了极大的困难。



图1 唐山大地震时倒塌的一座水塔



图2 唐山大地震时断裂的胜利桥

1.3 地震波效应

地震发生后,地下积聚的能量以横波、面波和纵波的形式向四周快速传播。纵波又称P波,是传播速度为5.5~7 km/s的推进波,由于传播速度快最先到达震中,地震中纵波使地面发生上下震动,其产生的震害相对较小。横波又称S波,是在纵波之后第二个到达震中,传播速度为3.2~4.0 km/s,地震中横波使地面发生前后左右的晃动或抖动,其产生的震害相对较大。纵波和横波在地面相遇后产生混合的面波,又称L波,其综合叠加了纵波和横波的破坏率,且只在地面表层传播,因此,波长长、振幅强的面波产生的震害最大,是造成建筑物和给排水设施震毁的最主要原因。埋于地下的给排水管道纵横分布、数量多、场地条件差异性大,管道敷设位置恰好在面波破坏性最强的地面表层,地震发生时其相对于地上给排水设施更易

遭到震毁^[3]。

2 地下给排水管道震毁的表现形式

地下给排水管道在地震中的破坏形式主要表现为接口破坏、管体破损、附件毁坏、管道基础震毁等。地震作用下管道破坏类型中以接口破坏为主,在地震波轴向拉力和纵向压力的破坏下,管道接口会出现松动、脱出、接口破裂等现象。当地震波破坏力超过管道自身所能承受的剪切应力时,管体出现纵向或横向裂纹甚至被折断。给排水附件被破坏的原因相对复杂,地震时剪切力超限、弯曲变形过大、轴向应力过大等因素都会使应力、应变集中作用于附件所处部位,致使给排水附件震毁。管道基础出现滑移、塌陷对管网整体破坏性最强,修复时间长、难度大,直接影响震后的救援工程。表 1 是地下管道不同破坏形式的震害率。

表 1 地下管道不同破坏形式的震害率 %

管道破坏形式	1976 年唐山地震	1923 年关东地震	2008 年汶川地震
接口破坏	89	58	94
管体破损	59	45	81
附件毁坏	66	52	78
基础震毁	58	41	74

由表 1 可知,管道四种破坏形式中接口在地震中破坏率最高,管道基础震毁率相对较低。管道基础震毁率与管体破损率数值接近,表明管道基础震毁是地下管道主体破损的主要原因,因此在给排水工程建设中应注重改善管道基础形式,加大管道基础强度,提高管道基础的抗震性,这对震后生命线救援工程的修复具有重要的意义。

3 影响地下给排水管道破坏的主要因素

引起地下管道破坏的因素主要有地震烈度、管道通过地区的工程地质条件、管道材质、管径以及埋设深度等。

3.1 烈度影响

相同等级的地震,造成的破坏力不同。地震烈度是地震破坏力的主要影响因素,影响地震烈度的因素包括震级、震源深度、距震源的距离、地面状况和地层构造等。一般情况下震级

越大、震源越浅,地震烈度越大^[4]。一次地震只有一个震级,但可以划分出多个烈度区,在不同的烈度区产生的震害完全不同。表 2 为 1976 年唐山大地震中地下管线震害率与烈度间的关系,通过对比可知,地下管线的震害率随着地震烈度增大而增大。

表 2 唐山大地震地下管道震害率与烈度间的关系

地点	烈度	震害率/(处/km)
天津	7.4	0.18
塘沽	8	4.18
汉沽	9	8.18
唐山市区	10	10.18
丰南	11	14.32

3.2 场地条件

场地条件对地下管线的破坏率有明显的影响。地震所在区域的地质构造的稳定性、土壤结构的坚实程度、地下给排水管线的整体性及坚固耐震程度,对于管道是否破坏失效有着直接的关系^[5]。图 3 为管道场地条件与震害率的关系,从中可以看出,在地震烈度相同地区的坚硬场地(岩石基础)的震害率明显低于软弱场地(淤泥质土基础)。因此,给排水管道常用的三种管道基础中混凝土带型基础震害率较低。

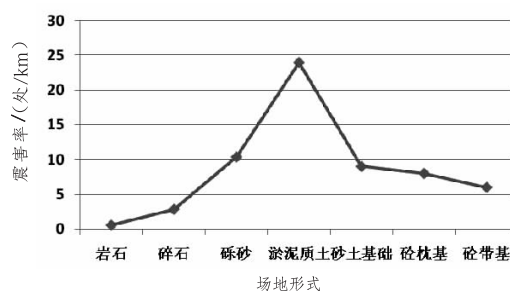


图 3 管道场地条件与震害率的关系

3.3 管道的材质

室外给排水管网常用的管材有金属管和非金属管。在城镇中应用较广的混凝土管道造价低、施工方便,但管材的密封性差、接口易渗水,管材的抗剪切性能差、易破裂。钢管承压能力高,管材的力学性能好,连接方便、便于施工,但耐腐蚀性能差。球墨铸铁管强度高、刚度大、抗腐蚀能力强,但价格较高。图 4 为管道材质与

震害率的关系。通过比较可知,预应力钢筋混凝土管的抗震性能最好;球墨铸铁管道由于兼具钢管和铸铁管的优点,其抗震性能优于钢管;塑料管由于其强度低,抗震性能最差。

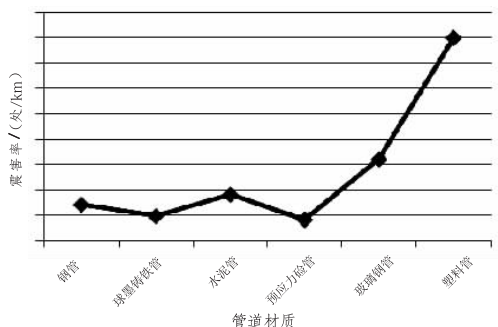


图4 管道材质与震害率的关系

3.4 管径和管道埋深

给排水管道的管径直接影响管道的抗震性能,一般管径大的管道抗震性能好^[6]。随着管径的增大则埋设深度增大,所以说管道的埋深在一定程度上也影响着管道的抗震性能。室外给排水管道起点埋设深度一般为0.75 m,最深可达7~8 m。图5为管径、管道埋深与震害率的关系。

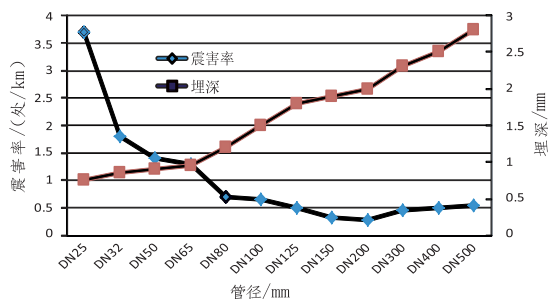


图5 管径、管道埋深与震害率的关系

由图5可知,主管线管径大、敷设深,抗震性能较好,即管道震害率随着管径增大、埋深增加而减小。经比较可知,管径在DN200时抗震性能最佳。DN80以下特别是DN32以下小口径管道因埋深小,土体对其约束较高,受土体影响较大,因此当地面位移或塌陷时震害率较高。

DN400及以上的大口径管道虽然埋深较大,但由于管体长度小、接口多,受震后也易变形破坏。

4 结论及工程应用

地震烈度是影响地下给排水管道震毁失效的主要因素,地震烈度增大地下管道的破坏率会随之增大;场地条件中地质构造、土壤结构直接关系到地震时管道是否毁坏失效;管材、管径及埋深属于设计、施工中可改善因素,调整好这几个参数可在很大程度上降低管道的震害率。

通过管道震害率分析可知:预应力钢筋混凝土管的抗震性能最好,大管径管道施工中应优先选择此管;给排水管道混凝土带型基础震害率较低,工程施工中应优先选用。在震后救援建设应急供水管线时,应优先选用抗震性能最佳的DN200球墨铸铁管或钢管。

参考文献:

- [1] 王明任. 给水管线震害预测方法及实例分析[J]. 四川地震, 2000(4): 23-28.
- [2] 李宏男, 肖诗云, 霍林生. 汶川地震震害调查与启示[J]. 建筑结构学报, 2008(4): 10-19.
- [3] 尹之潜, 杨淑文. 地震损失分析与设防标准[S]. 北京: 地震出版社, 2006: 6.
- [4] 陈尚平. 破坏性地震史料文图选集: 云南卷[M]. 北京: 海洋出版社, 2008: 7.
- [5] 党卫东. 浅谈地震次生灾害对现代城市的影响[J]. 西安建筑科技大学学报: 社会科学版, 2003, 22(3): 19-20.
- [6] 何维华. “汶川5.12”大地震诱发供水管网等损坏的思考[J]. 给水排水, 2009(12): 7-11.

(责任编辑: 李秀荣)