

水力模型在雨水管道改造中的应用研究

陈亮

中设计集团股份有限公司

摘要:采用城市综合流域排水模型,建立长沙市岳麓科技产业园象嘴路的雨水管网水力模型,校核评估现状雨水排水系统的排水能力,并针对管网改造和防涝要求提出相应措施,减小超标降雨时积淹水风险。

关键词:水力模型;雨水管道;排水能力;积淹水

城市化建设过程中,不透水面积不断增加,绿地缩减,直接改变了区域雨洪径流形成的下垫面条件,老旧雨水管因管径受限大多不能满足现状排水要求。雨水管道排水能力校核是老旧雨水管道改造的重要环节,一般采用推理公式法进行计算,但其理论假设过于简单,且无法推求完整的流量过程。排水模型法基于对排水系统中检查井、管道、泵站等构筑物的流量、水位、流速、充满度以及泵的启闭等时间序列的仿真模拟,其提供的结果可校核现状管线的上下游标高、管内雨水流速、管道充满度、水力坡度线与管道坡度等,分析现状排水管网系统的超负荷状态和冒溢情况,校核正常降雨的重现期,明确正常排涝的极限降雨量,并以此确定工程改扩建规模。采用水力模型软件构建管网模型,针对研究区域内的现状雨水排水系统进行模拟分析,以期工程改扩建规模提供技术决策支持。

一、背景简介

(一) 研究对象

研究对象为某市政道路下雨水管线系统,现状d800-d1800雨水管线约1.7km。总汇水面积103.3公顷,现状雨水管道收集道路及周边地块雨水,最终排入下游河道。根据病害调查及管道普查数据,该段雨水管道因沉降不均匀,部分管道出现逆坡或平坡现象。经分析,研究管段中由于不均匀沉降等因素造成的管道逆坡、平坡及破损变形段长度480米,约占管道总长度的28%。

(二) 研究思路

管线全线翻新成本较大,且在城市主干路下,车流量密集施工难度大,故考虑依据管线病害调查及管道普查数据,初步确定问题管段。借助水力模型软件对研究区域内的现状雨水排水系统进行模拟分析,以当地最新暴雨强度公式校核系统的排水能力,考查原设计重现期P=1年降雨条件下,现状管线的管内雨水流速、管道充满度、水力坡度线、管道坡度等与《室外排水设计规范》(GB50014-2006)2016版要求的符合性,明确管内雨水壅水或检查井溢水情况,在此基础上,校核管道满管排水和超标降雨时排涝能力,确定瓶颈管段,并提出改造建议。

二、技术标准及模型构建

(一) 技术标准

采用数学模型法进行雨水管道校核,管道原设计降雨重现期P=1年,综合径流系数 $\psi=0.65$,汇流参数为0.02,管道糙率系数 $n=0.014$,地表汇流模型为SWMM模型,雨型为基于当地最新暴雨强度公式的芝加哥雨型。以重现期 $P=n(n \geq 1)$ 年降雨雨型校核管道排水能力,确定满管排水的降雨重现期;以P=50年降雨雨型校核管道排涝能力。

(二) 水力模型拓扑结构建立及降雨模拟

城市综合流域排水模型软件为一种非恒定流模拟分析软件,集成1D和2D水动力学计算模型,通过创建多个表面非结构化网格,构建集成环境中地表和地下系统的交互模型,能对城市雨水系统及水文循环进行动态模拟,对雨水系统排水能力进行分析评估,确定现有管网的局限性。采用管道勘测数据作为模型拓扑结构的输入数据,分别导入检查井(或雨水口)和雨

水管渠数据作为网络模型的节点和节点连接数据,1D建模所需管网数据包括84座雨水检查井和80段雨水管渠。CAD高程数据经分层整理并导入模型软件进行拓扑关系检查后,得到区域高程点x-y-z字段文件,导入模型后得到地面TIN数字高程模型,网格化处理道路和集水区后,建立研究范围内2D排水模型。采用芝加哥雨型建立不同重现期水平的降雨事件,导入下游排出口水位数据,并以网络模型、高程模型、降雨事件及排出口水位为基础构建运行事件进行降雨模拟,以重现期水平内的最大降雨量条件考察管道水力状态。

三、模型结果分析

(一) 现状雨水管道排水能力

原设计标准P=1年降雨模拟结果如表3-1所示。由模拟结果可知,在最大降雨量条件下,问题雨水管段的水流流速均符合规范要求;g管段及相接管段(共4段)水力坡度大于管道坡度,处于超载状态,虽超负荷状态值已达2,但所接检查井未出现溢冒现象。其余管段水力坡度与水面重合,超负荷状态值均小于或等于1,其中h管段及相接上下游管段的超负荷状态值为0.78,水面线接近管内顶。现状雨水管满足P=1年降雨排水能力要求。

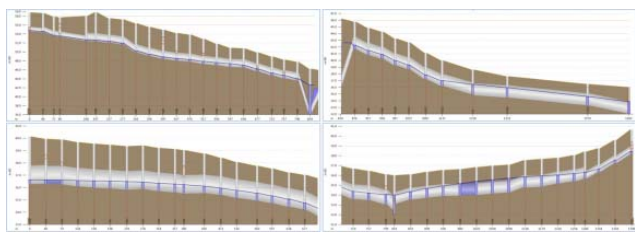


图3-1 雨水管道P=1降雨模拟工况

(二) 现状雨水管满管排水能力

重现期P=3时,研究范围内检查井出现溢冒现象,故P=3年为满足满管条件下,正常排水的极限重现期。问题管段及相接管段超负荷状态较P=1年时更严重,超负荷状态管段达到6段,检查井并未出现溢冒现象,但水面线已接近检查井井盖高程。现状雨水管满足满管条件正常排水要求的极限重现期为3年。

(三) 现状雨水管排涝能力

分析研究现状雨水管道P=50年暴雨排涝校核模拟结果。部分地块积水,交叉口处检查井出现溢水,积水道路长度约400m,积水深度最高达43cm,积淹点为问题管段的上游管段。可知防涝标准情况下,现状雨水系统存在积淹水风险。

四、雨水管线改造方案

模拟结果显示,在重现期P=1年降雨水平下,瓶颈管段a~h段的管内均水无严重壅水,检查井也无溢水,管道内水流状态良好,排水较为通畅;现状雨水管满足满管条件正常排水要求的极限重现期可达3年。根据现状雨水管道的模拟结果,本次老旧管道改造大部分保留利用现状雨水管线,重点改造水力瓶颈段,及管道逆坡段和沉降严重段,同时进行全线管线清淤控制管道淤堵程度,通过低影响开发(LID)设施进行雨水的源头控制和过程消减,最终实现研究区域的排水防涝目标。

(一) 瓶颈段改造

本段雨水管改造工程,以节省工程投资及降低施工影响为原则,在满足快速排除地块及路面雨水的前提下,充分利用现状管道,合理增加部分路段雨水口,对逆坡过大的瓶颈管段和沉降程度严重的管段开挖重敷。此外,在道路交叉口处加密雨

水算,在公交站台处延长原有雨水口连接管至公交站台边缘,并加密雨水算。

(二) 全线清淤

管道改造完成后,建议在雨水管道运行过程中,注意加强对管道的清淤疏浚工作,定期进行雨水口、检查井清掏,及淤积管段清通,保证管道畅通无堵塞,使排水顺利,同时也能延长管道使用寿命。有研究显示大部分城市的清淤频率高于2次/年,大型管道的清淤频率约为1次/3年,中小管道的清淤频率可达1~2次/月,参考同类型项目,本次管网改造建议研究区域沿线雨水管道清淤频率介于1~2次/年。

(三) 片区低影响开发措施

低影响开发技术措施主要包括保护性设计、渗透、径流蓄存、过滤、生物滞留、低冲击景观等。渗透技术主要通过各类工程构筑物与自然设施使雨水入渗以控制和利用雨洪,能有效减少地面径流量,补充地下水。生物滞留技术主要通过降低径流速度,延长径流汇集时间,延迟峰流量等生态化措施降低洪峰流量。本研究集水区中49.4%地块为在建或待建区,建议采用雨水花园、下凹式绿地与绿色屋顶等低影响开发措施增加可渗透土地面积,以控制和管理雨水径流。模拟结果显示,通过对在建和待建区面积25%及占建成区10%的地块进行低影响开发,同时挖开重铺现状瓶颈管段,排水能力可达的5年重现

期的要求,且在P=50年强降雨条件下,车道的积水深度小于15cm,积水时间小于30min。

结论

采用水力模型法建立了长沙市岳麓科技产业园象嘴路的排水管网模型,以当地最新暴雨强度公式校核系统的排水能力,发现:在重现期P=1年降雨水平下,现状瓶颈雨水管段的管内均水无严重壅水,检查井也无溢水,管道内水流状态良好,排水较为通畅;现状雨水管满足满管条件正常排水要求的极限重现期可达3年;在重现期P=50年降雨水平下,地块积水最高达43cm。通过对占在建和待建区面积25%及占建成区10%的地块进行低影响开发,同时改造新建现状排水瓶颈管段,清理淤积沉积物,并采用透水路面改造现状道路,雨水管满足满管条件正常排水要求的极限重现期可达5年,且在P=50年降雨水平下,车道的积水深度小于15cm,可满足排水及防涝的需求。

参考文献

[1] 岑国平,詹道江,洪嘉年.城市雨水管道计算模型[J].中国给水排水.1993,9(1):37-40.
 [2] 李建勇. Infoworks ICM 在城市排水系统分析中的应用[J].中国给水排水.2014,8:8.
 [3] 赵琬玉. InfoWorks ICM 排水管网模型在实际中的应用[J].辽宁大学学报(自然科学版).2015,42(2).

(上接第161页)

等特点,所以它在大跨度市政桥梁施工过程中得到了一定的应用。它还能提高大跨度市政桥梁结构的防渗性,对实际施工过程中的地下基土问题能够进行有效处理。地下连续墙工程技术的主要功能有对基层进行处理,底部清理以及混凝土的浇筑和养护。

其中,修筑导墙也是地下连续墙施工中主要工艺之一。在具体的施工过程中,施工人员要想进行深槽的挖掘施工,在接近地表的时候,槽会出现非常不稳定的情况,这个时候要对槽进行导墙的修筑,加强对导墙的混凝土强度的设计,为后期施工的顺利实施提供了保障^[3]。

四、大跨度市政桥梁施工技术中的关键点

在对大跨度市政桥梁施工过程进行分析的过程中,施工人员要清楚本斜拉桥具有跨度大和施工临时荷载多等特点。如果在实际的施工过程中,施工人员不对施工技术和方式等进行完善和创新,就难以保证施工的质量,导致在施工过程中出现各参数偏差,严重影响施工监控以及桥梁的质量。因此,为了加强大跨度市政桥梁施工技术在具体施工环节的应用,对其中的要点进行了分析。

(一) 牵索挂篮的模拟

首先,在大跨度市政桥梁施工过程中,为了加强对施工技术的合理应用,消除牵索挂篮施工中挂篮对已浇梁体的影响,施工人员要在计算模型中输入挂篮,这不仅提高了施工中桥梁结构内力的稳定性,还保证了变形计算的准确性。施工人员可以利用这个模型,精确模拟其刚度与牵索连接的方式。特别是在进行挂篮前移和分次张拉牵索等过程中,都要进行施工模型的计算。

(二) 确定张拉索力

施工人员在应用大跨度市政桥梁施工技术的过程中,还要将已浇梁段混凝土内力控制在合理的范围内,在具体的施工不能够出现较大拉压应力。如果挂篮在施工中,处在良好的受力状态,这个时候,施工人员一定要注意主梁前端挠度变化最好

不要太大^[4]。

(三) 加强无应力状态在索力调整中的应用

混凝土浇筑是大跨度市政桥梁施工中的重要环节之一,所以在混凝土施工过程中,如果施工人员将索力作为调索的依据,就很难取得高质量的施工效果。在对无应力状态进行索力调整的时候,主要根据索力值和斜拉索无应力长度关系,对锚头的拔出量进行控制。见表2:

表2 青岛市大桥施工局无应力总量变化表

无应力计算量	应变荷载量	工作应变量
100	240	350
130	260	345

这种施工方式在主梁合龙中的应用,在提高调索精度的同时,还能不断优化大跨度市政桥梁施工结构,完善和创新大跨度市政桥梁施工技术。

结束语

总而言之,随着我国科学技术不断发展,以前的大跨度市政桥梁施工技术已经不能满足施工要求了,要想进一步提高施工质量,保证大跨度市政桥梁的稳定性,要加强对大跨度市政桥梁施工技术研究,分析其特点,从而不断提高大跨度市政桥梁施工的质量和效果。

参考文献

[1] 曹泰松.大跨度市政桥梁施工技术探究[J].中华建设,2019(4):132-133.
 [2] 黄永旺.关于大跨度钢结构桥梁的施工技术探究[J].企业科技与发展,2018(5):145-146.
 [3] 中庆建设有限责任公司.全国市政工程行业科技成果展示大跨度市政梁式桥建设关键技术研究[J].市政技术,2019,37(3):9-11.
 [4] 孙焜权.关于大跨度钢结构桥梁的施工技术探究[J].建筑发展,2019,3(3):45-46.