

Analysis of Drainage Pipeline Repair Based on CCTV Detection of Confluent Areas

Anlong Xi

SGIDI Engineering Consulting (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200093, China

Abstract

Urban drainage networks are important facilities for the urban flood control and drainage guarantee system. However, due to problems such as pipeline corrosion and leakage, it leads to road collapse, soil pollution, and economic losses. Based on the drainage pipe repair project in Nanchang Road, Xuhui District, Shanghai, this paper introduces the characteristics of damage in the combined drainage area and proposes targeted repair suggestions based on the detection results, it discusses the design of combined drainage area pipeline repairs, providing a reference for municipal drainage designers. The combined pipeline (made of reinforced concrete) has a total of 6 structural defects. For these defects, an overall repair is adopted using an internal lining soft tube with a bending strength of 125 MPa, a short-term bending elastic modulus of 8000 MPa, and a tensile strength of 80 MPa. The thickness of the internal lining soft tube is calculated to be 12 mm. For corroded inspection wells, aluminum-silicate anticorrosive cement mortar spraying is used for repair. Two temporary submersible pumps (one for use and one for backup) are set up, with a pump flow rate of 90 m³/h and a lift of 5 m.

Keywords

combined sewer; pipe corrosion; pipeline repair; manhole; temporary drainage pipe

基于 CCTV 检测合流区域的排水管道修复分析

席安龙

上海勘察设计院(集团)股份有限公司, 中国·上海 200093

摘要

城市排水管网是城市防汛排水保障体系的重要设施。然而, 由于管道腐蚀、渗漏等问题, 导致道路塌陷、土壤污染、经济损失。结合上海市徐汇区南昌路排水管道修复工程, 排水合流区域管道损坏的特点, 并针对检测结果针对性地提出修复建议, 探讨合流区域管道修复设计, 以供广大市政排水设计相关从业者参考。该段合流管道(钢筋混凝土管材)共存在6处结构性缺陷, 对结构性缺陷处整体修复, 采用的内衬软管抗弯强度为125MPa, 短期弯曲弹性模量为8000MPa, 抗拉强度为80MPa, 经计算内衬软管厚度为12mm, 对腐蚀的检查井采用铝酸盐防腐水泥砂浆喷涂进行修复, 设临时潜污泵2台(一用一备), 水泵流量90m³/h, 扬程5m。

关键词

合流管道; 管道腐蚀; 管道修复; 检查井; 临时排管

1 引言

随着社会经济的快速发展, 人们对城市环境和防汛排水安全也日益重视, 遍布地下的城市排水管网担负着收集和输送雨、污水的作用, 是城市防汛排水保障体系的重要环节, 被人们称之为城市的静脉。

在排水管道运行使用的过程中, 因排水管道结构性损坏造成的污水冒溢、道路积水、水体污染、地面沉降等事故时有发生, 但此类事故征兆不明显, 在日常养护过程中难以发现。同时, 由于管道渗漏等病害, 造成大量污水渗入土壤

和地下水, 造成土壤和地下水的污染^[1]。

近年来, 上海市排水管理部门根据 CJJ68—2016《城镇排水管道与泵站运行、维护及安全技术规程》规定: “功能状况检查的普查周期宜采用 1~2 年 1 次, 易积水点应每年汛前进行功能性状况检查。结构状况检查的普查周期宜采用 5~10 年 1 次。流砂易发地区、湿陷性黄土地区等地质结构不稳定地区的管道、管龄 30 年以上的管道、施工质量差的管道和重要管道的普查周期可相应缩短。”着手开展了排水管道结构性检测和预防性修复工程。

2 项目概况

2.1 基本情况

南昌路(襄阳南路—陕西南路)位于肇嘉浜排水系统,

【作者简介】席安龙(1988-), 男, 中国江苏泰州人, 硕士, 工程师, 从事市政给排水设计研究。

属于合流制排水系统，南昌路（襄阳南路~陕西南路）近襄阳南路段管道，Φ1000建成于1967年，接口为承插式接口，水泥砂浆密封，管道材质为钢筋混凝土，水流方向自西向东，合流管位于道路中心车行道下。

本工程范围主要为对徐汇区内的南昌路（襄阳南路—陕西南路），道路总长290m，沿线排水管道为Φ1000合流管，长度286m。

2.2 管道 CCTV 检测情况

本次检测管道整体结构情况较差，合流管道出现不同程度的结构性缺陷，其中主要缺陷为腐蚀和渗漏现象，且管道的修复指数等级都达到严重的三级，建议进行修复。其中，表1为CCTV检测管道损坏点整理表。

表1 CCTV检测管道损坏点整理表

| 管道编号 | 直径 (mm) | 长度 (m) | 管道材质 | 管内情况 | 修复指数 |
|-------|---------|--------|--------|--------------------------|------|
| H2-H1 | 1000 | 6.8 | 钢筋混凝土管 | 整段2级 腐蚀 | 7.60 |
| H3-H2 | 1000 | 29.6 | 钢筋混凝土管 | 整段2级 腐蚀 | 7.60 |
| H4-H3 | 1000 | 46.5 | 钢筋混凝土管 | 6处1级 渗漏 整段2级 腐蚀 | 7.60 |
| H5-H4 | 1000 | 29.9 | 钢筋混凝土管 | 1处1级 渗漏 整段2级 腐蚀 | 7.60 |
| H6-H5 | 1000 | 41.8 | 钢筋混凝土管 | 整段2级 腐蚀 1处1级 渗漏 | 7.60 |
| H7-H6 | 1000 | 41.7 | 钢筋混凝土管 | 整段2级 腐蚀 | 7.60 |

3 管道修复方案

3.1 紫外光固化内衬修复技术介绍

紫外光固化内衬修复技术是将玻璃纤维编制成软管浸渍光固化树脂预制成内衬软管材料，然后将其拉入原有管道内充气扩张紧贴原有管道，以原有管道为外膜，软管内膜为内膜，再在紫外光的作用下使树脂固化形成具有一定强度的复合内衬管的管道整体修复技术^[2]。

3.2 内衬管初始力学性能指标

内衬管表面应无撕裂、孔洞、切口、异物等表面缺陷，树脂体系应满足待修复污水管道的要求。内衬管应由玻璃纤维增强的骨料材料制作的软管和紫外光固化树脂复合材料组成。根据 T/CECS 717—2020《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》，内衬软管抗弯强度>125MPa，短

期弯曲弹性模量>8000MPa，抗拉强度>80MPa。

3.3 内衬管材料管壁厚度

合流管道为重力流排水，不考虑管内水压。车辆荷载依据道路、桥梁设计规范，标准轴载 BZZ-100，城 B 级计算，取值为 17.79kN/m²。堆积荷载按规范取 10kN/m²。本项目为第三类内衬修复，短期弹性模量取 8000MPa，壁厚计算值为 11.24mm（设计值取 12mm），1kW 紫外灯固化。内衬管壁设计厚度按下式进行计算^[3]：

$$t = 0.721D_0 \left[\frac{(N \times q_t)^2}{E_L \times R_w \times B \times E'_s} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= 0.721 \times 1000mm \times \left[\frac{(2 \times 0.048MPa)^2}{4000MPa \times 0.78 \times 0.3 \times 3MPa} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= 11.24mm$$

其中，D₀为内衬管管道外径，取1000mm；E_L为内衬管的长期弹性模量（MPa），取短期模量的50%；C为椭圆度折减系数，按椭圆度计算，取0.836；N为安全系数，取值为2.0；q_t为管道总外部压力（MPa）。

采用标准组合，包括覆土荷载、地下水压力、活荷载。地下水压力基于荷载组合，取内衬管管顶地下水压力。活荷载按车辆荷载计算，城 B 级，取值为 17.79kN/m²。

R_w为水浮力系数；E'_s为管侧土综合变形模量（MPa）。

4 检查井修复

根据 CCTV 检测报告，有 6 口检查井存在腐蚀和砂浆脱落现象。

4.1 修复技术

铝酸盐防腐水泥砂浆喷涂快速修复技术是一种排水管道、检查井内壁和拱圈开裂的局部和整体修理技术^[4]。

铝酸盐防腐水泥砂浆喷涂快速修复涂层具有隔水性、无毒、无污染、与水泥基材粘结力强、柔韧性好、施工方便、无接缝、整体性好、凝固速度快、轻质、刚柔、抗碱性、修补容易等特点。

4.2 修复材料

铝酸盐防腐水泥由特种铝酸钙胶凝材料与特殊骨料组成，是专门为抵抗腐蚀条件非常恶劣的工业环境而研制的，其中基料中的氧化铝含量不应小于 15%，单质硫含量不应大于 0.5%。其中，表 2 为无机防腐水泥基材料性能要求。

4.3 工艺要求

铝酸盐防腐水泥砂浆喷涂快速修复检查井时，先对检查井周边进行注浆加固，然后封堵注浆孔，凿除碎裂、剥落、酥化的粉饰，嵌补好裂缝重新粉饰，修复窨井底面或流槽，调整井坐标高至修复道路标高一致。

表2 无机防腐水泥基材料性能

| 项目 | 单位 | 龄期 | 性能要求 |
|--------|---------|-----|-------------|
| 凝结时间 | min | 初凝 | ≥ 45 |
| | min | 终凝 | ≤ 360 |
| 氧化铝含量 | % | — | ≥ 55.0 |
| 抗压强度 | MPa | 1d | ≥ 15.0 |
| | MPa | 28d | ≥ 30.0 |
| 抗折强度 | MPa | 1d | ≥ 3.0 |
| | MPa | 28d | ≥ 5.0 |
| 拉伸粘接强度 | MPa | 28d | ≥ 1.0 |
| 抗渗性能 | MPa | 28d | ≥ 1.5 |
| 防腐类型 | 5% 硫酸腐蚀 | 24h | 无起泡、无剥落、无裂纹 |
| | 10% 柠檬酸 | 48h | 无起泡、无剥落、无裂纹 |
| | 10% 乳酸 | | |
| | 10% 醋酸 | | |
| 腐蚀 | | | |

施工前先用冷水清洗机对混凝土表面进行冲刷，确保冲刷后的混凝土有足够的粗糙度，粗骨料裸露；喷涂前，要求混凝土基底处于吸水饱和、表面潮湿但无自由水的状态；然后进行喷涂施工，施工过程中严禁重新搅拌喷涂过的材料；严禁使用回弹的材料；最后采用刮刀找平砂浆及适当收光；喷涂后应采用特种养护剂及时、有效地进行养护。

5 临时排水

5.1 流量计算

根据 SSH/Z 10001—2016《上海市排水管道封堵临时排水方案编制导则（试行）》第 4.1.1 条临时排水设计流量计算公式^[5]：

$$Q_L = \alpha_1 [Q_{dr} + (0.5\alpha_2 + 0.2\alpha_3 + 0.3\alpha_4)\alpha_5 Q_s]$$

其中， Q_L 为临时排水措施设计流量 (L/s)； Q_{dr} 为截流井以前的早流污水量，包括设计综合生活污水量和设计工业废水量 (L/s)； Q_s 为雨水设计流量 (L/s)； α_1 为流量折减系数。

施工避免雨天，因此临时排水设计流量不计雨量，实际计算公式：

$$Q_L = \alpha_1 \times Q_{dr} = 1 \times 24.75 = 24.75 \text{ L/s}$$

临时排水汇水面积主要基于襄阳南路口汇水区确定，共计 10.5ha 住宅用地，1.5ha 商业用地，根据用地类型用水量指标确定，折算 0.9 排水系数，10% 渗入量等参数，计算早流污水量（平均日）约为 16.5L/s。考虑夜间施工时间一般为 21 点至凌晨 5 点，污水量波动已经避开日波动峰值区，预估折算变化系数为 1.5，故径流污水量（夜间波动峰值）约为 24.75L/s。

5.2 管道及水泵布置

经计算，临时排水设计流量为 24.75L/s，约等于 89.10m³/h。设临时潜水泵 2 台（一用一备），水泵流量 90m³/h，扬程 5m。设 DN150 临时管道，材料为钢管。

施工前采用先排临管，鉴于施工时间为夜间快速施工，且临时时间短，单次间距考虑 2 个井位，距离较短，临管采用明敷。施工时应避开下雨日期施工，将街坊支管接入临管，并配备潜水泵（施工车辆内存放备用潜水泵），将临管内的废水提升后分别排入下游管道，以保证施工期间地区的正常排水。

本工程建议安排在非雨天施工，临泵在此期间设置，分段实施，预计工期 2 个月。管道封堵后，设临时设施，布置“临管+临泵”，将管道内积水排空。因 CCTV 检测时对管道进行了疏通清理，故此排空管道后，开展预处理工作。其中，如图 1 所示为南昌路襄阳南路口的临时排水示意图，如图 2 所示为南昌路的临时排水示意图。

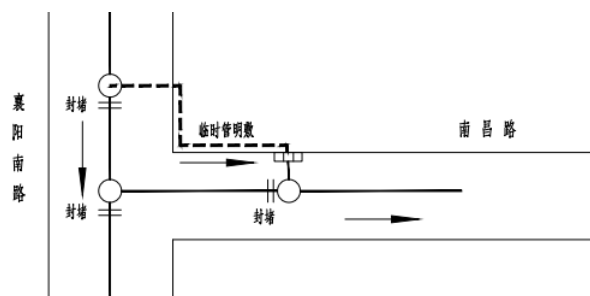


图 1 临时排水示意图（南昌路襄阳南路口）

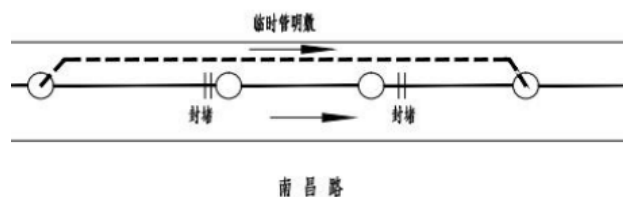


图 2 临时排水示意图（南昌路）

6 结语

论文以南昌路（襄阳南路—陕西南路）管道修复工程为例，对受损排水管道检测进行了介绍，结合《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》《上海市排水管道封堵临时排水方案编制导则（试行）》对检测的排水管道进行了结构性修复，并提出了管道临时排水方案，为受损管道修复设计和施工提供了合理的理论技术依据，同时为以后的管道修复工程提供良好的工程借鉴。

参考文献

- [1] 马涛,郭跃华,王蔚蔚,等.城镇排水管道原位固化修复工程碳排放计算与分析[J].环境工程,2023,41(11):54-58+63.
- [2] 陈波.紫外光固成型内衬技术(UV-CIPP)在市政管道修复中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023(14):149-151.
- [3] 石东优,张军,李静,等.城镇排水管道CIPP紫外光固修复技术应用[J].给水排水,2024,60(2):113-120+126.
- [4] 孙振平,金惠玲,李欢欢,等.大口径排水管道涵修复技术与修复材料[J].混凝土世界,2023(6):66-70.
- [5] SSH/Z10001—2016.上海市排水管道封堵临时排水方案编制导则[S].