

Analysis of the causes of road surface collapse of a certain motor vehicle

Zhengwen Zhao

Anhui Construction Engineering Testing Technology Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230031, China

Abstract

As an important infrastructure for urban transportation, motor vehicle lanes play a crucial role in the operation of urban traffic. However, due to complex factors such as design, construction, or environmental impact, road collapses can occur. Therefore, timely detection and analysis of the causes of collapsed road surfaces are of great significance. This article focuses on the local collapse of the road surface in a certain motor vehicle lane. Through on-site investigation and systematic testing, it was finally analyzed that the size and reinforcement of the sewage pipe did not meet the standards and could not withstand the external pressure bearing capacity, resulting in the collapse of the road surface.

Keywords

motor vehicle lane; Collapse; testing; cause analysis

某机动车道路面塌陷原因分析

赵正文

安徽建工检测科技集团有限公司, 中国·安徽 合肥 230031

摘要

机动车道作为城市交通的重要基础设施,对城市的交通运转起着至关重要的作用,然而由于设计、施工或环境影响等复杂因素导致路面塌陷,因此,对塌陷路面及时检测进行原因分析具有重要意义。本文针对某地机动车道路面出现局部塌陷,进行现场勘查与系统检测,最终分析出污水管尺寸及配筋未达标承受不住外压承载力导致路面塌陷。

关键词

机动车道; 塌陷; 检测; 原因分析

1 引言

在现代城市交通体系中,机动车道作为城市的“动脉血管”,承担着大量的交通流量,对城市的正常运转起着至关重要的作用。然而,近年来道路路面塌陷事故频繁发生,不仅给城市交通秩序带来了极大的混乱,导致交通拥堵加剧,增加了市民的出行时间和成本,还对行人和车辆的安全构成了严重威胁。

从众多工程案例发现,道路路面塌陷的诱因,是多种复杂因素相互交织的结果^[1-4]。从地质条件来看,不同地区的地质结构差异显著,部分区域的土质松软、地下水丰富,使得上方土体失去支撑,这为路面塌陷埋下了隐患;在工程建设方面,周边工程施工可能会破坏地下土体结构的稳定性,施工过程中的不当操作,如过度挖掘、降水不合理等,都可能导致土体位移、失水固结,进而引发路面塌陷。另外,道路自身的设计与施工质量也不容忽视,设计时对交通流量

预估不足、路面结构强度不够,施工中使用劣质材料、施工工艺不达标等,都可能使路面在使用过程中过早出现病害,最终引发塌陷。

因此,对机动车道路面塌陷原因展开深入、系统的分析意义重大。这不仅有助于及时发现潜在的安全隐患,采取针对性的预防措施,保障道路的安全畅通,还能为后续城市道路的规划、设计、施工和维护提供宝贵经验,进一步提升城市基础设施的安全性和可靠性,促进城市的可持续发展。本文将结合现场勘查、科学检测手段,并且对照规范要求全面剖析某地机动车道路面塌陷的原因,为解决这一城市顽疾提供有益的参考。

2 工程概况

某道路为东西走向,道路总长 5268.34m,道路红线宽 50m。设计等级为城市主干道,计算行车速度 50km/h,路面交通等级重型,抗震设防烈度 6 度,设计年限 15 年。设计道路 C 标段机动车道自上而下依次为 40 mm 厚 AC-13C 细粒式改性沥青混凝土、50 mm 厚 AC-16C 中粒式沥青混凝土、70 mm 厚 AC-25 粗粒式沥青混凝土、下封层、玻纤格栅及透层、60 mm 厚 4.5% 水泥稳定碎石层、400 mm 厚级配砂砾石底基层、

【作者简介】赵正文(1996-),男,中国安徽铜陵人,本科,助理工程师,从事材料和市政公路研究。

回填土层、污水管、180° 砂石基础。污水管采用开挖法施工，管材选用钢筋混凝土Ⅲ级耐腐管，管材公称内径 1200 mm，管道接口为承插式橡胶圈接口。路基填土压实度自上而下依次为 96%、94%、93%。由于其机动车道处出现塌陷，为此对机动车道塌陷、污水管塌陷和破裂原因进行检测、鉴定。

3 道路施工、塌陷及污水管网使用情况调查

监理单位介绍：道路 B、C 标段污水管网及其上部填土、砂砾层由两家单位施工，工期 50 天，所用污水管由同一厂家生产，污水管 180° 砂石基础未有振捣压实。施工单位介绍：C 标段污水管上方填土用夯压机分层（每层 300 mm 厚）夯实，至超出填土高度一半时用挖掘机压实。未见污水管质保证书、污水管配筋图以及闭水试验记录等施工质保资料。

道路污水管网于 2008 年 12 月 28 日投入使用，污水沿路由西向东流入污水处理厂，2015 年 12 月 1 日发现流入污水处理厂的污水明显减少，2015 年 12 月 3~4 日检查发现 26# 污水检查井积水，积水水面距路面 1.2m，27# 污水检查井仅少量积水位于底部，26#、27# 污水检查井底部沉积了砂、石、砖块和生活垃圾，26#、27# 污水检查井固体沉积物顶部距污水管内壁顶约 200mm。2015 年 12 月 17 日 14:30 发现 C 标段距 26# 污水检查井东侧约 4m 位置发生道路塌陷，塌陷位置位于污水管上部，塌陷处东西向最大长度约 17m、南北向最大宽度约 10m，塌陷深度约 2m，如图 1 所示。



图 1 道路塌陷现场状况

4 塌陷现场勘查

道路塌陷后，相关单位对塌陷处进行了开挖，塌陷处东、西两侧开挖后的污水管状况如下：①塌陷处污水管已破裂成块，开挖至污水管埋深处时仅挖出少量碎块（分析其他碎块移位）；塌陷处东、西两侧污水管顶有纵向裂缝分布，其中东侧污水管顶裂缝宽度约 10mm；塌陷处西侧两节污水管已脱开。②塌陷处东侧污水管已被块石、卵石等固体堵塞，仅管顶有较小空隙。③ 26# 污水检查井东侧污水管固体沉积物顶部距污水管内壁顶约 400mm。④ 26# 污水检查井处的开挖坑有水子污水管外侧往污水管内部倒流；26# 污水检查井处预留的横穿桃溪东路雨水管底混凝土垫层与底部填土间有较大间隙。

5 道路施工质量抽检

5.1 道路构造、层厚及污水管埋深

经过对已开挖的 C 标段 K1+760 处机动车道检测：道路

自上而下依次为 150mm~170mm 厚沥青混凝土、400mm 厚水泥稳定碎石层、360mm 厚砂砾石层、400mm 厚块石、砂、粘土混合填层、约 5900mm 填土层、内径 1200mm 钢筋混凝土污水管、砂砾石层。使用全站仪测得塌陷处东侧污水管顶距沥青路面的距离约为 7250mm。观测污水管接头处有橡胶圈。

5.2 污水管基础

设计污水管为 180° 砂石基础，实测塌陷处东侧的 1 节污水管两侧自管顶以下 1.1m 高度未见砂、石，污水管两侧基础不符合实际要求；观测塌陷处开挖时污水管底基础为砂砾石层。

5.3 填土压实度

从污水管上部取土做击实试验，测得管顶填土最大干密度为 1.79g/cm³，最佳含水率为 16.1%。从污水管上部距管顶 450mm、2100mm 用环刀法取土检测填土的压实度，检测结果汇总于表 1。

表 1 填土压实度检测结果汇总表

取土部位	湿密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	干密度 (g/cm ³)	压实度 (%)
管顶 450mm 处	1.89	22.7	1.54	84.9
管顶 2100mm 处	1.90	24.9	1.52	87.1

环刀法检测表明：管顶填土压实度低于 93%，填土含水率高于其最佳含水率。

6 塌陷处污水管检测

从开挖的道路塌陷处取出 1 节破裂的污水管（见下图 2），对其长度、内径、壁厚、钢筋配置、裂缝分布等进行检测。



图 2 塌陷处污水管

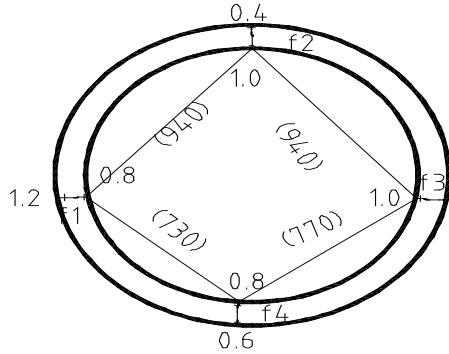
6.1 污水管接头型式与尺寸

观测取出的污水管为钢筋混凝土柔性接口乙型承插管，实测总长 2105mm，有效长度 2005mm，竖向内径 (f₂↔f₄ 向)1195mm，水平向内径 (f₁↔f₃ 向)1210mm，管身壁厚 111mm，喇叭口一端壁厚 120mm，另一端壁厚 105mm。被测污水管接头型式符合设计要求，其有效长度符合产品优等品要求，但其壁厚负偏差 (-9mm) 超出产品标准合格品要求 (-4mm)。分析 f₂↔f₄ 向因承压变形，内径小于 f₁↔f₃ 向。

6.2 污水管裂缝

取出的污水管有 4 条裂缝沿管长方向分布，4 条裂缝分别编号 f1、f2、f3、f4。4 条裂缝长度即管全长；裂缝均已

贯穿管壁；裂缝宽度管内、外壁有差异，f1、f3 裂缝外壁缝宽大内壁缝宽小，f2、f4 裂缝外壁缝宽小内壁缝宽大。管裂缝剖面分布示意图 3（括号内数字为裂缝间弦长）。内壁裂缝见图 4 所示。管裂缝分布位置及内外壁裂缝宽度差异与管因承压变形而致竖向、水平向内径差异对应，裂缝为承受外压受力裂缝。



附图：管裂缝分布及内、外壁裂缝最大宽度示意图
注：（ ）中数字为裂缝间弦长，单位：mm

图 3 管裂缝分布及内外壁裂缝最大宽度示意图



图 4 管内壁裂缝

6.3 取出的污水管钢筋配置

对取出的污水管钢筋配置进行检测，实测情况如下：

钢筋品种及直径：从钢筋外形估计其为冷拔钢丝，直径为 4.6mm；钢筋层数：单层；环向筋：螺距 100mm，钢筋骨架两端密缠 1 圈环向筋；纵向筋：连续 5 个环向间距 500mm、820mm、310mm、400mm、340mm，钢筋根数多于 6 根；钢筋位置及保护层厚度：破口处环向筋内壁保护层厚 14mm（不在管内壁 2/5 处），管内壁有 2 处环筋裸露在外并生锈，环筋外侧有防腐涂层。

对照《管体结构尺寸与配筋设计图册》I、III 级管配筋设计和 GB/T 11836-2009^[5]：取出的破裂污水管配筋量太低；部分部位环筋位置不符合产品标准要求；各处环筋保护层厚薄不匀，部分部位环筋保护层太薄，甚至在内壁处露筋并锈蚀。

6.4 25# 污水井 ~26# 污水井间的污水管观测

为便于分析道路塌陷原因，从 25# 污水井进入 25# 污水井 ~26# 污水井间的污水管道使用矿灯照明进行观测：管道底部积水，管内壁部分部位积存淤泥和垃圾。自 26# 污水井西侧起各节污水管依次编为 G1、G2、G3、G4、G5、G6、G7、G8、……，G1 管已和 G2 管脱开并严重塌陷，

G2 和 G3 管脱开（脱开间隙约 100mm）且接口处 G2 管下陷 40mm~50mm，G3 和 G4 管接口处 G3 管下陷约 30mm，G4、G5、G6 管无积水的管顶有裂缝，管内壁最大缝宽 4.0mm。G7 以后的其他管接口间隙宽窄不等，甚至同一管接口间隙也宽窄不等，大部分管接口间隙大于 20mm；部分管接口处东侧管有轻微下陷。

7 道路塌陷、污水管塌陷、污水管破裂成因分析

根据现场实测、调查结果，综合分析道路 K1+760 处机动车道塌陷、污水管塌陷和破裂成因如下：

①污水管配筋量太低、部分部位环筋位置不符合产品标准要求、壁厚负偏差较大，使其外压承载力达不到 III 级钢筋混凝土排水管要求，是塌陷处污水管破裂、移位或开裂的主要原因，施工质量对塌陷处污水管破裂、移位或开裂有不利影响。②污水管破裂或开裂后，污水渗入基础致基础沉降而引起污水管塌陷，污水管塌陷致接口脱开，污水流出加速又加剧了污水管塌陷进而使其破裂、移位或开裂，污水管破裂、移位，污水排出受阻，水位上升，引起路基流失、路面塌陷，堵塞 26#、27# 污水井及 26# 污水井 ~27# 污水井间的污水管道。管道开裂后管道中的固体沉积物促使污水渗出对污水管塌陷有影响。

8 结论与建议

经现场调查与分析：机动车道发生塌陷的位置位于污水管的上部，塌陷处污水管已破裂、移位或开裂。污水管配筋量太低、部分部位环筋位置不符合产品标准要求、壁厚负偏差较大，使其外压承载力达不到 III 级钢筋混凝土排水管要求，是塌陷处污水管破裂、移位或开裂的主要原因，施工质量（如基槽回填压实度不满足相应的回填压实和检测要求）对塌陷处污水管破裂、移位或开裂存在不利影响，从而引起路基流失、路面塌陷。

抽查检测表明：除塌陷区外，道路其他位置的污水管也有不同程度的开裂、塌陷等结构和功能缺陷，检测 29 段有 16 段有长度不等（各段可测破裂长度 6m~60m 间）的三级破裂及严重塌陷，有三级破裂及严重塌陷的段数占 29 段的 55.2%。破裂及严重塌陷的污水管应停止使用。间隔破裂及严重下陷的污水管（段数占所测 29 段的 55.2%），在路面工程完工后适修性差，建议 W20~W50 段污水管报废填实，在机动车道外侧重新采用顶管法施工污水管。

参考文献

- [1] 刘海俊.市政道路埋设塑料排水管道塌陷原因分析[J].山西建筑,2015,41(36):147-148.
- [2] 韩舒.关于城市道路空洞检测及预防道路塌陷工作的探讨[J].山西建筑,2020,46(12):135-136.
- [3] 邓宗梁.某道路工程污水管道塌陷事故的原因分析[J].绿色环保建材,2021,(01):89-90.
- [4] 孙树荣,秦超.关于道路塌陷原因的分析[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2024,42(10):119-121.
- [5] 混凝土和钢筋混凝土排水管: GB/T 11836-2009[S].北京: 中国建筑工业出版社,2009.