

公路玻璃钢夹砂管涵洞初始环刚度试验研究

魏彬

(天津市交通设施养护管理中心, 天津 300050)

摘要: 为研究公路埋地玻璃钢夹砂管涵洞所需环刚度要求, 为玻璃钢夹砂管应用于公路涵洞工程提供技术支撑, 通过设计初始环刚度进行试验, 分析玻璃钢夹砂管的环刚度、刚度因子和变形率。结果表明, 玻璃钢夹砂管的竖向变形随荷载等级的增加而增大, 两者具有一定的线性关系; 管道变形趋势随着管道长度的增加而减缓, 玻璃钢夹砂管长度是影响管环向刚度的重要因素。

关键词: 涵洞; 玻璃钢夹砂管; 初始环刚度; 竖向变形

中图分类号: U449.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)04-0142-03

玻璃钢夹砂管作为一种新型柔性复合材料, 具有质量轻、耐腐蚀、寿命长、摩阻系数小、施工快捷等优良特性, 已在地下给排水管道领域得到广泛应用, 但较少用于公路地下管涵。与普通地下排水管道相比, 公路埋地管涵除需具有足够刚度等级支撑管顶填土重量外, 还要承受路面上的车辆荷载及路基施工压实机械等荷载, 其受力变形相当复杂。因此, 研究初始环刚度这一关键参数对于玻璃钢夹砂管涵洞的推广应用具有实际工程价值。

环刚度是指玻璃钢夹砂管在荷载作用下抵御变形的能力, 是反映玻璃钢夹砂管力学性能的关键参数。玻璃钢夹砂管的环刚度与管道的变形能力成正比、与直径成反比, 玻璃钢夹砂管的轴向变形能力很大程度上取决于其环刚度。该文通过试验测试不同长度玻璃钢夹砂管在外部线荷载作用下的环刚度、刚度系数、荷载和变形关系, 分析玻璃钢夹砂管环刚度的影响因素和变化规律。

1 试验方案

1.1 试验方法及工况

试验使用土木工程拟动力结构试验系统电液伺服试验加载机。试验开始前, 先对不同尺寸试样进行准确测量, 取试样管周截面的 4 个平分点, 测量各点的轴向长度及管壁厚度, 求平均值, 并多点测量管道内径, 取平均值作为管道测量内径。然后安装试件, 预加载, 让试件与加载装置接触稳定。为更清晰地对比各工况(见表 1)下荷载与变形关系, 设定试验终止荷载为 30 kN。加载方式采用位移控制方法, 加载速率为 5 mm/min。试验终止后导出试验结果及荷载—变形曲线。

表 1 玻璃钢夹砂管环刚度试验工况

工况编号	长度/cm	管径/mm	壁厚/cm
工况 1	40	1 500	5
工况 2	70	1 500	5
工况 3	100	1 500	5

为防止因管壁厚度变化对内径产生影响, 消除内外壁变形差异, 在管内壁水平、垂直方向分别布置位移监测计(见图 1)。

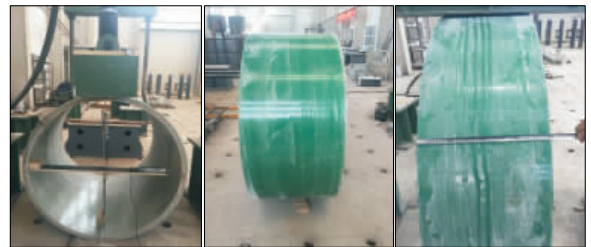


图 1 玻璃钢夹砂管环刚度试验的加载

1.2 计算方法

管环向刚度按(1)计算, 刚度因子按式(2)计算, 管径变形率按式(3)计算。

$$PS = F / \Delta Y \quad (1)$$

$$SF = 0.149 r^3 S \quad (2)$$

$$P = \Delta Y / d \times 100\% \quad (3)$$

式中: PS 为管径变化量 ΔY 对应的管环向刚度(kPa); F 为 ΔY 对应的线荷载(kN/m); SF 为管道环向刚度对应的刚度因子; r 为试样平均半径; P 为管道径向变形率; d 为试样平均内径。

2 试验结果及分析

2.1 环刚度试验结果

长度 40、70、100 cm 玻璃钢夹砂管在不同荷载

作用下的位移分别见表 2~4,荷载—变形曲线分别见图 2~4。

表 2 40 cm 长玻璃钢夹砂管在不同荷载作用下的位移

荷载/kN	位移/mm		荷载/kN	位移/mm	
	竖直	水平		竖直	水平
0	0.0	0.0	20	21.4	19.5
5	4.9	4.6	25	27.1	24.6
10	10.3	9.5	30	32.5	29.2
15	15.8	14.4			

表 3 70 cm 长玻璃钢夹砂管在不同荷载作用下的位移

荷载/kN	位移/mm		荷载/kN	位移/mm	
	竖直	水平		竖直	水平
0	0.0	0.0	20	10.6	8.2
5	3.1	2.8	25	13.4	10.7
10	5.1	4.2	30	16.2	13.3
15	7.9	5.9			

表 4 100 cm 长玻璃钢夹砂管在不同荷载作用下的位移

荷载/kN	位移/mm		荷载/kN	位移/mm	
	竖直	水平		竖直	水平
0	0.0	0.0	20	6.3	6.0
5	1.5	1.4	25	8.0	7.5
10	3.1	3.0	30	9.6	9.0
15	4.8	4.5			

根据公式计算,得 40 cm 长玻璃钢夹砂管在承受 30 kN 荷载时的变形为 16.2 mm,管道的环向刚度为 2.3 MPa、刚度因子为 $2.8 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3$ 、变形率为 2.43%;70 cm 长玻璃钢夹砂管在承受 30 kN 荷载时的变形为 13.3 mm,管道的环向刚度为 2.6 MPa、刚度因子为 $3.2 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3$ 、变形率为 1.08%;100 cm 长玻璃钢夹砂管在承受 30 kN 荷载时的变形为 9.6 mm,管道的环向刚度为 3.1 MPa、刚度因子为 $3.8 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3$ 、变形率为 0.64%。

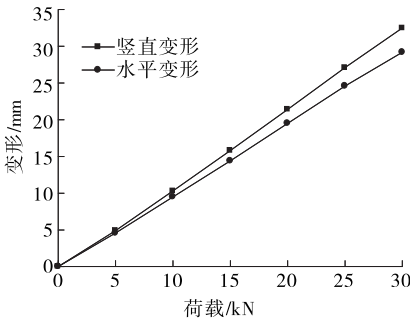


图 2 40 cm 长玻璃钢夹砂管在不同荷载作用下的荷载—变形曲线

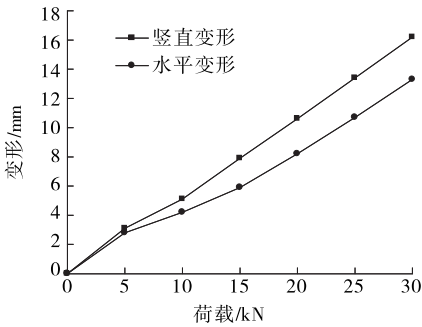


图 3 70 cm 长玻璃钢夹砂管在不同荷载作用下的荷载—变形曲线

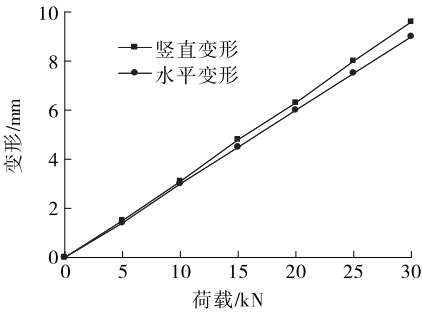


图 4 100 cm 长玻璃钢夹砂管在不同荷载作用下的荷载—变形曲线

2.2 试验结果分析

不同长度玻璃钢夹砂管在承受 30 kN 荷载时的环向刚度、刚度因子和变形率对比见表 5。由于数据显示管道的竖向变形大于横向变形,为了更清晰地对比 3 种工况下竖直变形受管道长度的影响,绘制各长度玻璃钢夹砂管的荷载—竖向变形曲线进行对比(见图 5)。

表 5 不同长度玻璃钢夹砂管在承受 30 kN 荷载时的试验结果对比

长度/ cm	环向刚度/ MPa	刚度因子/ ($\text{kPa} \cdot \text{m}^3$)	变形率/ %
40	2.3	2.8	2.43
70	2.6	3.2	1.08
100	3.1	3.8	0.64

由表 5、图 5 可知:玻璃钢夹砂管在承受相同等级荷载时的环向刚度和刚度因子都随管道长度的增加而增大,变形率随管道长度的增加而降低;管道的竖直变形随荷载的增加而增大,基本呈线性关系,在管道未发生塑性破坏阶段可根据这一规律计算不同长度管道在承受相应荷载等级时的竖直变形;长度越大,玻璃钢夹砂管的荷载—变形曲线斜率越小,变形变化趋势越弱,说明长度的增加可明显提高管道

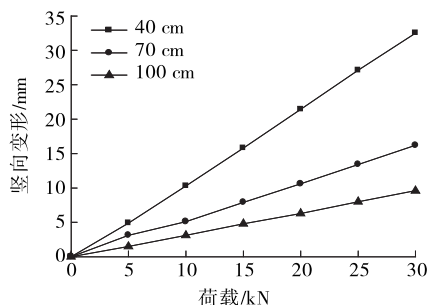


图5 不同长度玻璃钢夹砂管荷载—竖向变形曲线对比

的抵抗变形能力,玻璃钢夹砂管的长度是影响管环向刚度的重要因素。

3 结论

通过环刚度试验对比分析,得到同一直径不同长度玻璃钢夹砂管环刚度、刚度因子和变形率,结论如下:玻璃钢夹砂管在承受相同等级荷载时的环向刚度和刚度因子随着管道长度的增加而增大,变形率随管道长度的增加而降低;玻璃钢夹砂管的竖向变形随着荷载等级的增加而线性增大,两者具有一定的线性关系;管道的变形趋势随着管道长度的增加而减缓,玻璃钢夹砂管的长度是影响管道环向刚度的重要因素。

参考文献:

- [1] 李卓球,岳红军.玻璃钢管道与容器[M].北京:科学出版社,1990.
- [2] 周仕刚,薛元德,沈碧霞.关于玻璃纤维增强塑料夹砂管标准中几个问题的讨论[J].玻璃钢/复合材料,2001(1).
- [3] 周晓珍.浅析玻璃钢夹砂管道优点和运用[J].玻璃钢/复合材料,2001(1).
- [4] 陈成林,周启源.玻璃钢顶管在高速公路涵洞工程的应用[J].公路,2007(5).
- [5] Lee Y G, Kim S H, Park J S, et al. Full-scale field test for buried glass-fiber reinforced plastic pipe with large diameter[J]. Composite Structures, 2015, 120.
- [6] Rafiee R, Amini A. Modeling and experimental evaluation of functional failure pressures in glass fiber reinforced polyester pipes[J]. Computational Materials Science, 2015, 96.
- [7] Rafiee R, Reshadi F. Simulation of functional failure in GRP mortar pipes[J]. Composite Structures, 2014, 113.
- [8] 杨建明,陈建中.玻璃纤维增强塑料夹砂管的环刚度分析[J].玻璃钢/复合材料,2013(6).

收稿日期:2017-09-14

(上接第113页)

当车重增长率由零增长至0.5%时,斜拉索在第100年的疲劳可靠度由5.10下降至0.84。车重的增长对斜拉索疲劳可靠度的影响较大。基于实测车流数据的斜拉索疲劳可靠性评估结果可为桥梁的运营管理提供理论依据。

参考文献:

- [1] 侯金生.基于健康监测的平行钢丝斜拉索疲劳可靠性评定[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.
- [2] 李岩,吕大刚,盛洪飞.考虑随机车载—风载联合作用的斜拉桥拉索疲劳可靠性分析[J].中国公路学报,2012,25(2).
- [3] 殷志祥,高哲,冯瑶.车辆荷载作用下斜拉索疲劳可靠度分析[J].工业建筑,2017,47(6).
- [4] 刘沐宇,陈齐凤,吴志强.考虑微动疲劳的斜拉桥钢绞线斜拉索时变可靠性分析[J].土木工程学报,2012,45(7).
- [5] 杨晓艳,贡金鑫,张启伟.随机车辆荷载作用下斜拉索索力的概率模型及可靠度分析[J].建筑科学与工程学

报,2014,31(2).

- [6] 罗媛,颜东煌,袁明,等.随机重载车辆作用下简支梁桥疲劳可靠度评估[J].中外公路,2017,37(3).
- [7] Wang Y, Zong G, Wang Z, et al. A case study of traffic load for long-span suspension bridges [J]. Structural Engineering International, 2014, 24(3).
- [8] 周泳涛,鲍卫刚,翟辉,等.公路钢桥疲劳设计荷载标准研究[J].土木工程学报,2010,43(11).
- [9] 邓扬,李爱群,刘扬,等.钢桥疲劳荷载效应监测数据概率建模与疲劳可靠性分析方法[J].土木工程学报,2014,47(7).
- [10] 鲁乃唯,罗媛,汪勤用,等.车载下大跨度悬索桥梁动力可靠度评估[J].浙江大学学报:工学版,2016,50(12).
- [11] 鲁乃唯.随机车流下悬索桥加劲梁动力响应概率模型与可靠度研究[D].长沙:长沙理工大学,2014.
- [12] 姚遥.基于实测数据的车辆荷载作用下部分斜拉桥拉索疲劳可靠度研究[A].2009全国土木工程博士学术论坛优秀论文集[C].2009.

收稿日期:2018-01-05