

切槽法推定空心薄壁墩剩余预应力

徐登云¹, 曹汝娟², 强亚平²

(1. 兰州交通大学 土木工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 阜阳市公路工程有限责任公司, 安徽 阜阳 236000)

摘要:切槽法依据局部应力解除法的力学原理, 为测试混凝土结构构件中某一点的工作应力, 在测试点上、下开两条一定深度的横槽, 使测区内混凝土产生弹性恢复变形。通过对试验过程中混凝土应变测量, 即可推定空心薄壁墩剩余预应力。

关键词:切槽法; 空心薄壁墩; 弹性恢复变形; 剩余预应力

中图分类号: TU37

在混凝土工作应力测试中, 常采用半破损或微破损的方法检测, 其中包括: 钻孔法、取条法、环孔法、切槽法等^[1]。钻孔法根据弹性力学原理, 在混凝土结构上钻一定深度的小孔, 通过测量孔边的应变变化, 来预测测试部位混凝土有效工作应力。钻孔使混凝土结构在孔周围产生应力集中现象, 且应力随孔边缘间距衰减很快, 试验测量具有一定的难度; 取条法是从混凝土构件上切取矩形等截面条状试样, 使切取下的试样残余应力完全释放, 测量试样长度在应力释放前后的变化, 经过计算确定该处混凝土应力; 环孔法利用混凝土应力释放原理, 在测试点周围开一定深度的环形槽, 使槽内部混凝土产生弹性恢复变形, 通过对测试点处的应变测量, 即可求出该点的工作应力。取条法、环孔法试验过程相对复杂, 不便于现场试验。

混凝土切槽法依据局部应力解除法的力学原理^[2], 为测试结构构件中某一点的工作应力, 在测试点上、下开两条横槽, 使两槽间混凝土产生弹性恢复变形。当切槽深度达到一定值时, 即可使测点处局部应力完全释放。通过对槽间测点应变变化的跟踪量测, 就可以求出该点混凝土的工作应力。根据测试点的混凝土测试应力, 即可推定预应力钢束的剩余预应力。切槽法试验过程相对简单, 便于在实际结构中应用。

1 试验简介

某铁路桥共7孔, 梁体采用跨度31.7m的预应力混凝土简支T梁, 桥墩为拼装式预应力混凝土台阶式变截面空心薄壁墩, 墩身最高达50m。该桥建成至今已有40年历史, 矩形薄壁桥墩长期受到自重及铁路运输载重的影响, 预应力损失值较大。通过

对该桥的实桥检测发现: 该桥4*、5*墩的墩顶位移超出设计允许值要求, 部分高墩处的梁体跨中横向振幅超出《铁路桥梁检定规范》行车安全限值。为保证该桥的使用安全性, 需对该桥桥墩剩余预应力值进行推定, 并以此为依据, 对墩身采取相应的加固措施。

结合实桥情况, 对测试部位的混凝土切割上、下两条横槽, 两条横槽的间距为20cm。采用ANSYS软件中的生死单元对切槽过程进行模拟, 模型单元采用solid95, 混凝土弹性模量取 3.7×10^4 MPa, 泊松比取0.2, 计算模型如图1所示。



图1 空心薄壁墩切槽法计算模型

ANSYS软件对切槽过程模拟的结果表明, 当切槽深度达到7cm时, 测区内混凝土应力完全释放。

根据桥梁布置和现场勘察情况, 选取该桥4*、5*墩为试验对象, 进行切槽实验。实验开始后, 使用混凝土切割机在薄壁墩身内壁测区上下边缘切两道横槽, 测量混凝土应力释放所产生的应变值。横槽间距为20cm, 最终切割深度为7cm。测区布置如图2所示。

2 测试方法

在混凝土表面预切槽部位提前做好标记, 并于测区内布置电阻式应变片。应变片1、2竖向粘贴, 测量混凝土局部应力释放后产生的应变值。空心薄

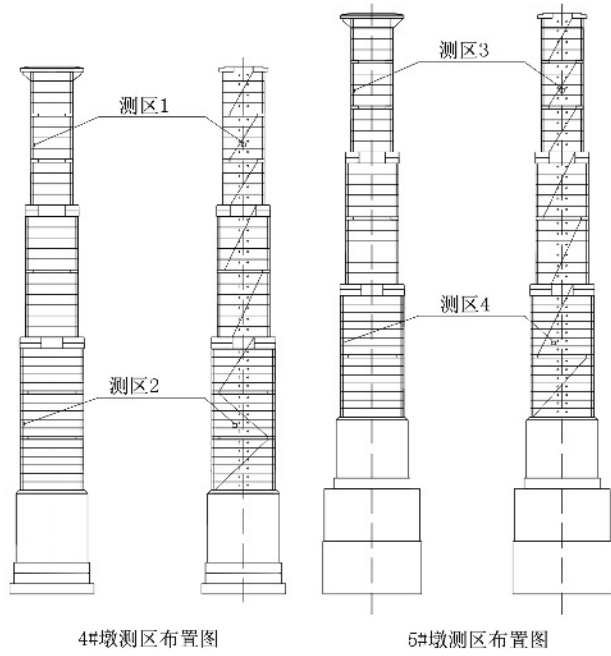


图 2 测区布置

壁墩身处于单向受压状态,延墩身竖向切两条横槽,对测区内横向应变影响很小^[3]。为去除切割过程中产生的高温及水对工作片的影响,在测区内贴横向应变片 3、4,作为比对。离测区外一定距离竖向粘贴应变片 5、6,作为无应力点。另外置混凝土补偿块,对环境温度进行补偿。测区应变片布置如图 3 所示。

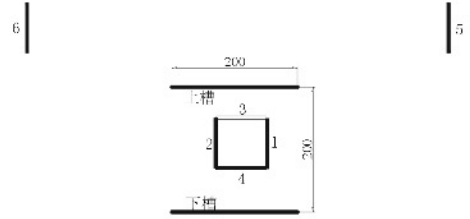


图 3 应变片布置(mm)

粘贴电阻式应变片时,为了防止在切割过程中,水对应变片工作的影响,需进行必要的防水措施。测试开始后,采用混凝土深度切割机对测试部位切割上下两道横槽。当切割深度达到最终值 7cm 时,停止切割并冷却 40min,待应变数值稳定后,记录最终应变数据。

3 测试结果及分析

3.1 切槽法试验测试结果

对 4#墩第一、三节,5#墩第一、三节分别进行切槽试验,考虑并剔除温度及水对应变测试的影响。实测应变值包含上部结构、墩身自重对测区处混凝土产生的压应变及墩身预应力钢束产生的压应变,测试结果见表 1。

根据实测预应力钢束对测区内混凝土产生的压应变值,取混凝土弹性量为 3.7×10^4 MPa,计算出各节钢束剩余预应力值,计算结果见表 2。

表 1 切槽法试验测试结果

测试位置	4#墩第一节	4#墩第三节	5#墩第一节	5#墩第三节
实测应变值(με)	100	83	97	75
自重产生应变值(με)	49	43	49	40
预应力产生应变值(με)	51	40	48	35

表 2 钢束剩余预应力测试值

测试位置	4#墩第一节	4#墩第三节	5#墩第一节	5#墩第三节
预应力产生应力值(MPa)	1.887	1.48	1.776	1.295
钢束数	16	32	16	32
混凝土换算截面面积(m ²)	2.26	4.412	2.26	4.412
钢束剩余预应力值(MPa)	849	650	799	568

3.2 钢束剩余预应力计算值

该桥桥墩墩身竖向预应力筋为高强钢丝束,张拉方式采用后张法。预应力筋抗拉极限强度为 1600MPa,屈服强度为 1280MPa。施工时张拉力为 32.6t,伸长率为 0.00578,超张拉时张拉力为 34.2t,伸长率为 0.00607。钢丝束弹性模量取 $2.05 \times$

10^5 MPa,张拉应力 $\sigma_{on} = 1244.35$ MPa。根据相关规范对 4#墩第一、三节,5#墩第一、三节钢束预应力损失进行计算,钢束剩余预应力计算结果见表 3。

3.3 测试结果分析

将试验测试结果与理论计算结果进行对比分析,见表 4。

表 3 钢束剩余预应力计算值

计算位置	4 [#] 墩第一节	4 [#] 墩第三节	5 [#] 墩第一节	5 [#] 墩第三节
钢筋与管道之间的摩擦 σ_{L1} (MPa)	14.4	15.949	14.4	12.443
锚头变形、钢筋回缩和接缝压缩 σ_{L2} (MPa)	463.277	432.845	463.277	443.026
台座与钢筋间的温度差 σ_{L3} (MPa)	0	0	0	0
混凝土的弹性压缩 σ_{L4} (MPa)	7.573	30.95	7.573	30.95
钢筋的应力松弛 σ_{L5} (MPa)	0	0	0	0
混凝土的收缩和徐变 σ_{L6} (MPa)	50.682	61.055	50.682	59.052
钢束剩余预应力值 (MPa)	708.418	703.525	708.418	698.853

表 4 实测钢束剩余预应力值与理论值对比分析

测试位置	4 [#] 墩第一节	4 [#] 墩第三节	5 [#] 墩第一节	5 [#] 墩第三节
实测钢束剩余预应力值 (MPa)	849	650	799	568
理论钢束剩余预应力值 (MPa)	708.418	703.525	708.418	698.853
校验系数	1.12	0.92	1.13	0.81

以上分析结果表明,实测钢束剩余预应力值与理论值相差不超过 20%。说明切槽法测量混凝土应变值,推定钢束剩余预应力值的方法很有实用性。

4 结语

本文根据某铁路桥空心薄壁墩内壁切槽法的应变测试数据,分析了利用切槽法推定墩身剩余预应力的方法,并与理论计算值进行比较,结果表明:

1)利用切槽法可以推定空心薄壁墩剩余预应力,且与理论结果较为接近,从而为同类桥梁的试验结果提供参考依据。

2)切槽试验过程中会使测区周围混凝土温度变高,影响测试结果,必须采用适当的温度补偿方法,才能获得精确的测试结果。

3)切槽过程中需要使用大量的水作为冷却剂,应变片的防水措施,是整个试验成败的关键。

4)由于影响预应力测试的因素较多,而许多因素又相互影响、相互依存,因此要精确测试出有效预应力是一项非常复杂的工作,这些因素对混凝土应

力测试影响程度如何,仍需做进一步的研究。

参考文献:

- [1] 刘永森. 环孔法测试混凝土工作应力实验研究[D]. 浙江大学建筑系, 2006.
- [2] 沈凯旭. 开槽法测试混凝土工作应力试验与研究[D]. 浙江大学建筑系, 2007.
- [3] 林湘祁. 混凝土工作应力测试的若干问题的研究[D]. 浙江大学建筑系, 2008.
- [4] 贾巧燕. 基于应力释放法的在役混凝土结构现存预应力确定研究[D]. 武汉理工大学土木系, 2008.
- [5] 翁冠群. 桥梁预应力损失检测技术及安全评估[A]. 2001年全国公路桥梁维修与加固技术研讨会.
- [6] 张运涛. 高性能混凝土梁预应力长期损失的试验研究[J]. 工业建筑, 2009, 39(12): 21-24.
- [7] 蒋刚, 谭明华, 王伟明. 残余应力测量方法的研究现状[J]. 机床与液压, 2007, 35(6): 213-220.
- [8] 徐满意, 林高杰, 孙熙平. 基于钻孔法检测预应力混凝土梁有效应力的有限元分析[J]. 水道港口, 2008, 29(5): 362-366.