

独墩单铰支座曲线梁桥通病分析及治理

杨党旗, 崔 飞

(深圳市道桥管理处, 深圳 518040)

摘 要: 针对目前独墩单铰支座曲线梁桥出现的通病, 就温度对其梁体的变位影响以及预应力等因素对其支座反力的作用进行了实例剖析。在此基础上探讨此类桥梁的支承体系的病害整治对策, 并通过加固实例的监测结果予以验证。

关键词: 曲线梁桥; 单铰支座; 病害; 整治

中图分类号: U 442. 5; U 448. 42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2003)03-0035-04

1 前言

为了减小桥梁基础与地下建筑物之间的冲突、扩大桥下空间, 以及便于在多层跨越的复杂立交桥中进行墩位布置, 独墩单铰支座曲线梁桥被广泛用于城市立交桥之中。然而, 此类桥梁在受力上却存在抗扭性能差、径向变位不易控制等明显缺陷。其复杂的结构行为至今仍是一个研究热点^[1]。正因为这种不利的结构状态以及设计建造时对一些具体细节的认识不够、处理不当, 独墩单铰支座曲线梁桥在近年来暴露出了多种病害。为了根治此类桥梁病害以及为日后同类桥梁的设计提供参考, 本文就温度、预应力等不利因素对曲线梁体变位的影响进行剖析, 在此基础上着眼于此类桥梁的支承体系, 探讨其病害整治的对策。

2 独墩单铰支座曲线梁桥的结构形式

常用的独墩单铰支座曲线梁桥的结构形式如图1所示。由于上部结构的扭矩不能通过中间的一点支承传至基础, 两端桥台需要做成能够抗扭的线形支承。中间的一点支承以及两端桥台也可做成固结的形式。为了改善此类桥型的抗扭能力, 通常也使中间支承向曲梁中心线外侧预设某一偏心值^{[2][3]}。跨度较大的曲线梁桥一般采用预应力来改善结构受力状态。

3 独墩单铰支座曲线梁桥的病害类型

目前, 深圳市的独墩单铰支座曲线梁桥存在



图1 独墩单铰支座曲线梁桥的结构形式

的病害归结起来有以下几种类型:

(1) 梁体结构径向变位不能回复, 导致梁体外移量逐年增加, 当径向变位累积到一定量后, 梁体有脱落、失稳可能。

(2) 单铰橡胶支座由于梁体结构径向变位所产生的剪切作用而变形严重, 部分橡胶支座环向开裂而失效。

(3) 曲线梁端头抗扭墩上的双支座由于梁体的扭转变形而导致一侧支座脱空, 从而改变了梁体的支承体系, 使结构成为不稳定体系。

(4) 曲线梁端头的双支座抗扭墩盖梁由于一侧支座脱空, 另一侧支座受力过大而引起盖梁开裂。

以上几种病害产生的内因是曲线梁桥的支承体系; 外因则是温度变化、车辆的离心力、预应力等导致梁体径向变位、梁体扭转变形的不利因素。设计者希望曲线梁变形总是沿着切线方向; 而径向变形则是可以弹性回复的。实际上由于支承体系的完善, 这种理想的状态难以达到。

4 温度变化对独墩单铰支座曲线梁桥的平面变位影响

独墩单铰支座曲线梁桥的中间铰支座通常采用圆形四氟板式橡胶支座, 温度变化对曲线梁桥

收稿日期: 2003-02-13

作者简介: 杨党旗(1961-), 男, 陕西乾县人, 硕士, 高级工程师, 深圳市道桥管理处副处长, 从事道桥工程管理工作。

径向变位存在明显的影响。这种影响有两个方面: (1) 由于支座的构造形式及受力后的偏转变形, 梁体升温时向外侧的线位移在降温时不能完全恢复, 形成向外侧的残余线位移逐渐向外翻转的累积变形, 造成内侧支座脱空。

温度变化对曲线桥梁的变位影响难以用理想模型来模拟。通过以下一座现有桥梁上部结构观测点的变位记录可以了解到梁体升温时向外侧的线位移在降温时不能完全恢复的情形。

图2的6[#]墩~10[#]墩之间构成了一联三跨曲线梁桥, 曲线半径为52 m。桥面宽10 m, 单箱单室。6[#]墩与10[#]墩采用双板式橡胶支座作为抗扭墩, 支座尺寸为35 cm × 60 cm × 5.6 cm。



图2 某曲线梁桥及水平观测点平面图

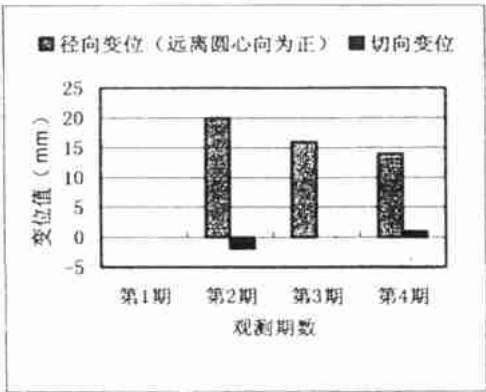


图3 BJ0204点径向及切向变位比较图

图中BJ0204观测到的曲线梁径向及切向变位最为典型。其观测的时间及温度如表1所示。以第1期观测到的数据为基准, 其后各期BJ0204点的相对变位值如图3所示。图3中的径向变位以远离圆心为正, 切向变位则以曲线伸长方向为正(如图2所示)。从图3中可以看到, 随着温度从

22.8 ℃升到30.2 ℃, 曲线径向变位了20 mm; 而温度从30 ℃降到22.8 ℃, 曲线径向变位仅恢复了6 mm。正是这种不利的径向累积变位使该桥的内侧支座脱空, 抗扭墩盖梁出现剪切裂缝。

表1 BJ0204点平面变位观测日期及气温表

	第1期	第2期	第3期	第4期
观测日期	2000-11-14	2002-6-2	2002-8-2	2002-10-22
气温(℃)	22.8	30.2	28.4	21.0

5 预应力及其它因素对独墩单铰支座曲线梁桥支座反力的影响

预应力对曲线梁桥支反力的影响有两个方面: (1) 预应力在径向截面内造成的扭矩; (2) 预应力使曲线梁体外移后, 由恒载产生的额外扭矩。若曲线梁桥的抗扭墩仅设置在曲线两端, 则这种扭矩对曲线梁桥的支反力将造成巨大影响。

以下采用一座现有曲线梁桥的现状分析来讨论预应力对曲线梁桥的影响。该桥为一座4孔等截面圆弧曲线连续箱梁, 曲线半径为54.75 m。其平面布置图及截面图如图4所示。主梁采用45[#]混凝土现浇, 弹性模量 $E_h = 2.0 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, 钢束采用高强低松弛钢绞线 $7\phi_5$, 两端张拉, 每束钢绞线的面积 $A_y = 0.000962 \text{ m}^2$ 。钢绞线弹性模量 $E_h = 2.0 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$, 标准强度 $R_y^b = 1860000 \text{ kN/m}^2$; 张拉控制应力 $\alpha_k = 0.7R_y^b = 0.7 \times 1860000 = 1302000 \text{ kN/m}^2$ 。在预应力钢束损失方面取钢束松弛百分率(一次张拉)为0.025, 孔道摩阻损失系数取0.35。预应力锚具为YM15-7锚, 每端锚具变形及钢束回缩值为0.006, 孔道偏差系数为0.003。

曲线梁端头(6[#]及10[#]墩)的双支座采用30 cm × 55 cm × 6.4 板式橡胶支座, 7[#]墩及9[#]墩采用GPZ9000SX双向活动支座, 8[#]墩则采用GPZ9000GD双向固定支座。

荷载工况如表2所示。其中温度荷载为: 升温25 ℃, 降温-20 ℃, 主梁上下缘温差10 ℃。主梁加载龄期90 d, 混凝土收缩终值取为0.00023。

采用结构空间模型分析预应力及其它因素对独墩单铰支座曲线梁桥的影响。结果如表3所示。

从表3中可知6[#]墩及10[#]墩内侧支座恒载+温度荷载组合下已出现负反力, 由于该类支座不能提供负反力约束, 支座实际上呈脱空状态。另外, 由于该类支座的容许承载力为1650 kN, 6[#]



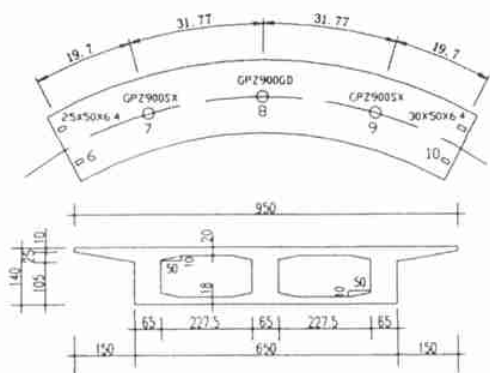


图4 某曲线梁桥的平面布置图及截面图

表2 荷载工况

组合1	自重+ 预应力
组合2	自重+ 预应力+ 收缩+ 徐变+ 二期恒载
组合3	自重+ 预应力+ 收缩+ 徐变+ 二期恒载+ 年均升温
组合4	自重+ 预应力+ 收缩+ 徐变+ 二期恒载+ 年均降温
组合5	自重+ 预应力+ 收缩+ 徐变+ 二期恒载+ 年均升温+ 日照温差
组合6	自重+ 预应力+ 收缩+ 徐变+ 二期恒载+ 年均降温+ 日照温差
组合7	自重+ 预应力+ 收缩+ 徐变+ 二期恒载+ 汽车-超20级
组合8	自重+ 预应力+ 二期恒载+ 挂车-120
组合9	自重+ 预应力+ 收缩+ 徐变+ 二期恒载+ 年均升温+ 日照温差+ 汽车-超20级
组合10	自重+ 预应力+ 收缩+ 徐变+ 二期恒载+ 年均降温+ 日照温差+ 汽车-超20级

表3 支座反力表

	6#墩, 10#墩支座		7#墩支座		8#墩支座	
	外侧(kN)	内侧(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
自重	553	499	4385		5064	
预应力	397	- 424	164		- 275	
二期恒载	188	87	1222		1430	
收缩	0	1	0		0	
徐变	10	- 8	- 3		2	
升温(25)℃	- 35	15	42		- 41	
降温(20)℃	28	- 12	- 34		33	
温差(10)℃	565	- 443	- 180		116	
组合车载	max	min	max	min	max	min
汽-超20	743	-373	697	-374	1440	-171
挂车-120	858	-369	769	-249	1244	-192
组合1	950	75	4549		4790	
组合2	1148	155	5768		6221	
组合3	1112	170	5810		6180	
组合4	1176	143	5734		6254	
组合5	1677	-273	5631		6296	
组合6	1741	-300	5554		6369	
组合7	1891	774	851	-220	7208	5597
组合8	1996	768	931	-86	7015	5578
组合9	2420	1304	423	-648	7070	5460
组合10	2484	1367	396	-675	6994	5384

墩及 10# 墩外侧支座在荷载组合 5、6、7、8、9、10 下均超出了其容许承载能力。这种状态下, 支座会产生环向鼓包、开裂。同时, 支座下的盖梁会因此而产生剪切裂缝。这是目前发现的此类曲线梁桥通病的一个主要病因。

6 在设计阶段对防治曲线梁桥病害问题的建议

防治曲线梁桥的通病首先应立足于设计阶段。从以上分析可以看出, 其关键有以下几点:

- (1) 曲线梁桥尽量不采用单铰支承的形式。
- (2) 在设计阶段对导致曲线梁桥变位、扭转变形的因素有足够的重视。考虑温度、预应力等因素, 对曲线梁进行详尽的结构空间分析。
- (3) 结合目前曲线梁桥变位监测及试验成果对曲线梁桥的结构空间分析进行必要的修正。
- (4) 精心考虑曲线梁桥的支承形式, 选择合适的桥梁支座。

7 已有独墩单铰支座曲线梁桥的病害整治对策

整治已有独墩单铰支座曲线梁桥病害的关键是对其支承体系的改造。其原因有以下几点:

- (1) 温度变化以及车辆离心力造成的梁体移位完全可以通过支座的限位措施(如改为采用固定盆式支座等)来解决, 当然对于某些抗弯及抗剪能力较弱的墩柱需要进行必要的加固;
- (2) 曲线梁体的扭转变形可以通过增设抗扭墩来解决;
- (3) 预应力对曲线梁(尤其是支座反力)的影响主要是在建造阶段。对于此类因素引起的支座脱空问题, 采用调整支座预偏心以及增设抗扭墩将会取得良好的效果。

此类改造工程量较小, 通常仅需以下工序: (1) 修建临时支撑; (2) 梁体复位; (3) 调整桥面坡度; (4) 把部分独墩改为抗扭墩(在墩顶处设盖梁, 改单支座为双支座); (5) 落梁及调整支座反力。良好的改造结果可以从以下的加固实例中得到印证。

图5~图7为一座6跨一联的预应力曲线箱梁桥, 桥面中心线的半径为 255 m。原桥中除 5# 及 10# 墩为抗扭墩以外, 其余的均为独墩单铰支座。该桥曾发生严重侧移及扭转。加固方案主要是改善支承体系, 其中 8# 墩改采用固定盆式支

座; 7[#] 与 9[#] 墩改为双向活动盆式支座加径向限位设施, 并设置 10 cm 的外偏心; 6[#] 墩与 10[#] 墩由原设计的预偏心单铰支座改为抗扭双支座, 并利用原支座的上摆钢板加焊钢销来设置径向及切向缓冲限位措施。

该桥加固完成后进行了为期一年的监测。该桥的桥面坡度及 8[#] 墩中心桥面点径向位移的监测结果分别如图 4、图 5 所示。从图中可以看出:

- (1) 该桥的桥面坡度变化幅度不大, 没有残余的扭转变形, 梁体在正常的“弹性”变化范围以内;
- (2) 梁体的径向位移虽然随温度上升而外移, 但基本呈“弹性”趋势, 且量值不大, 说明其径向位移已得到良好的控制。

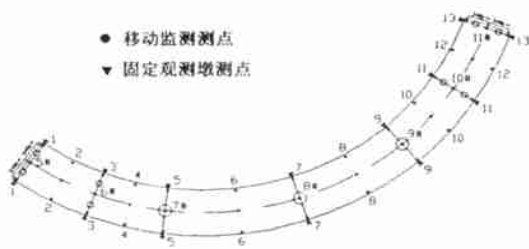


图 5 某立交匝 A 桥桥面线形及位移监测测点布置图

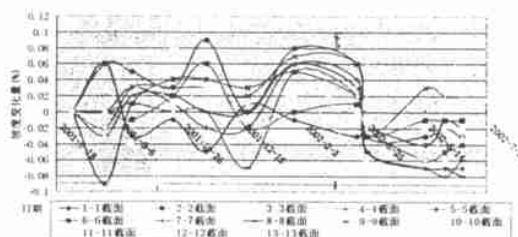


图 6 某立交匝 A 桥运营长期监测桥面坡度变化量随时间变化曲线

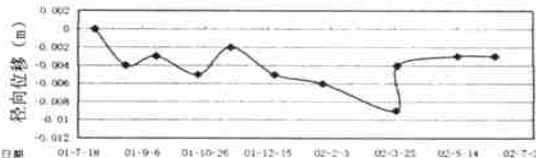


图 7 某立交匝 A 桥 8[#] 墩中心桥面点梁体径向位移随时间变化曲线 (2001 年 7 月~ 2002 年 7 月)

8 结语

曲线梁桥的结构状态比起直线梁桥要复杂得多。掌握其结构在温度变化、预应力等因素作用下的反应是曲线梁桥病害整治的基础。加强有关曲线梁桥的径向累积位移及扭转变形的控制则是病害整治的关键。要达到这个目标便要改善其支承体系入手: 一方面, 对于不受地形、地物以及结构要求限制的独墩柱尽量改为抗扭墩; 另一方面, 即使仍采用独墩柱单支座也应尽量做好径向限位措施。从以上的加固实例可以看出这种改造的成效。

此外, 对于大跨度的独墩单支座曲线梁桥有必要建立永久的变位监测点以准确掌握其结构状态, 确保其得到必要的结构维护及早期安全预警信息, 避免安全事故的发生。

参考文献

- [1] Zureick, A., Leon, R. T., etc Curved Steel Bridges: Experimental and Analytical Studies. Proceedings-Innovations in Structural Design: Strength, Stability, Reliability [A]. A Symposium Honoring Theodore V. Galambos, Minneapolis, MN, USA, 1997.
- [2] 黄剑源. 薄壁结构的扭转分析-曲线梁与斜支箱形梁[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998.
- [3] 邵容光主编. 混凝土弯梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 1994.

重庆将投资 900 多亿元建设长江上游交通枢纽

从 2003 年起到 2010 年, 重庆将投资 944 亿元加快交通基础设施建设, 初步建成长江上游的交通枢纽。到 2010 年, 重庆公路建设要实现“两个 2000 km”目标, 高速公路形成“两条环线、八条射线”的高速公路体系, 高速公路通车总里程达到 2000 km。其中, “两环”即环线和西部通道重庆绕城高速公路, “八条射线”分别是重庆至成都、遂宁、南充、邻水、武汉、长沙、贵阳、泸州的 8 条高速公路。在 2010 年前, 重庆还计划新增高等级公路 2000 km 以上, 所在行政乡镇及 90% 以上的行政村通公路, 形成较为完善的公路网络。

· 短讯 · 南京长江三桥开始动工建设, 其主桥的索塔采用钢结构, 在国内尚属首次。

way with large span pre-bending composite beam

BRIDGES & STRUCTURES

- Additional Deformation Calculation of Partial Shear Connection Steel-Concrete Composite Beam ... *Sun Wenbin* (31)
Abstract Basing on the differential equation of slip strain, the paper establishes the additional deformation equation produced by slip of the partial shear connection steel-concrete composite beam and the general formula of the deformation calculation of the composite beam. The paper obtains the relation and pattern between the additional deformation of the partial shear connection composite beam and the coefficients of the deformation and shear connection degree. The formulae are simple and practical for use.
Keyword: partial shear connection, steel-concrete composite beam, additional deformation, calculation
- Design of Portal Pier of Fengyang Road Grade Separation in Bengbu City *Xu Diahui, Zhang Shibo, Li Yumei* (33)
Abstract The paper introduces the basic thinking of the external boundary and optimum design considered when arranging the portal pier of Fengyang Road Grade Separation in Bengbu City. This is a development for the original bridge pier design idea. The idea of paying attention to humane factors put forward in the design merits attention.
Keyword: grade separation bridge, portal pier, design, calculation, reinforcement course
- Analysis and Treatment of Common Failing of Curved Girder Bridge with Single Pier and Single Hinge Bearing *Yang Dangqi, Cui Fei* (35)
Abstract To counter the common failing now in curved girder bridge with single pier and single hinge bearing, the paper gives examples for analyzing the influence of temperature on the deflection of the girder body as well as the action of the factors such as prestressing etc. on the inverse force of the bearing. On this basis the paper approaches to the countermeasure for disease harness of the bearing system of this kind of bridges. And it tests and verifies by the monitoring result of the consolidation example.
Keyword: curved girder bridge, single hinge bearing, disease, harness
- Study on Paste Elastic Consolidation of Sand Well Foundation of Considering Semi-Pervious Boundary *Shuai Zhidie, Wang Ruichun, Cheng Tong* (39)
Abstract The paper studies on the problem of paste elastic consolidation of sand well foundation with semi-pervious boundary due to bad drainage of sand course in the actual project. It also gives the corresponding analytic solution, and according to this solution through the calculation of programming it approaches to the influence of the semi-pervious boundary and soil paste elastic parameter on the consolidation process. The study shows that the perviousness of the sand course has greater influence on the consolidation process of the sand well foundation and it relates to the parameters such as well resistance etc. When the comprehensive parameter R of the pervious performance of the sand course is so great to a certain degree, it could regard the sand course as complete pervious boundary to treat.
Keyword: sand well, paste elasticity, consolidation, semi-pervious boundary
- Design of T-Girder of Approaches of Lupu Bridge *Gao Hong* (44)
Abstract The paper introduces the structural form, span layout of T-girder of the approaches of Lupu Bridge, and designs and analyzes T-girders of various spans and bridge widths.
Keyword: approaches, T-girder, span layout, design