

斜腿刚架拱桥微弯板的病害原因分析

谭德盼¹, 姜海波¹, 何柏青², 吕 艳²

(1. 广东工业大学 建设学院, 广东 广州 510006 2 广州市公路勘察设计院, 广东 广州 510510)

摘要: 介绍了斜腿刚架拱桥微弯板的常见病害, 并通过微弯板进行局部有限元应力分析, 指出微弯板厚度过薄及拱片侧向刚度较弱是微弯板病害的主要原因. 根据分析结果提出了斜腿刚架拱桥微弯板病害防治措施与对策, 并用有限元分析证明措施的合理性.

关键词: 微弯板; 病害; 应力分析

中图分类号: U 448 232

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2007)03-0088-04

1 研究背景

斜腿刚架拱桥以其构件少、自重轻、施工简便、经济指标较先进、造型美观等优点在 20 世纪 70~80 年代在我国得到了广泛应用; 微弯板作为斜腿刚架拱桥主要桥面结构亦得到大量使用. 微弯板桥面结构直接受车轮荷载的影响, 随着我国经济的快速发展, 公路交通量不断增加, 公路桥梁负荷日益加重, 导致其结构产生不同程度病害、出现缺陷, 直接

影响到车辆行车安全^[1-2].

微弯板包括预制拱板式微弯板和上平下拱的少筋微弯板. 预制拱板式微弯板由预制拱板加现浇混凝土填平层组成(如图 1 所示), 其跨度一般在 2 m 左右; 板的跨中厚度一般为 12~16 cm, 其中预制安装部分 6~10 cm, 现浇混凝土填平层 4~7 cm. 预制拱板有宽、窄 2 种形式. 窄的每块宽 30~40 cm, 宽的每块拱板约为 2 m, 并在两端增设肋板, 这种预制拱板式微弯板的跨径可达 3 m 左右^[3].

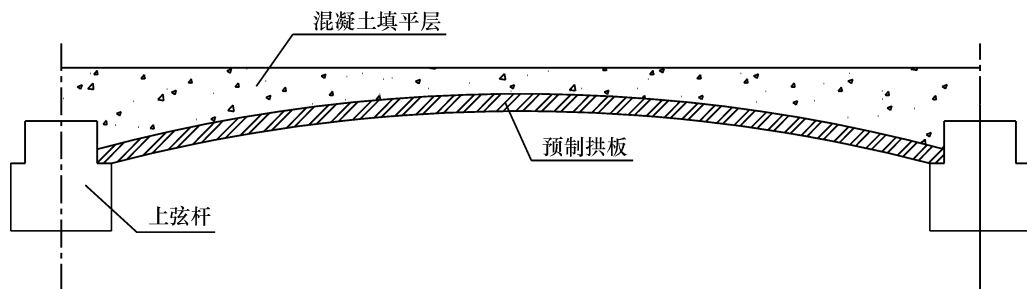


图 1 预制拱板式微弯板示意图

上平下拱的少筋微弯板(如图 2 所示), 端部沿横桥向通常设置横拉杆作用的横系梁以增强主体刚度, 其包括预制安装式少筋微弯板和现浇式少筋微弯板. 预制安装式少筋微弯板在支点处通过预留钢

筋与拱片和桥面铺装层联系在一起, 具有施工方便、工期短等优点; 现浇式少筋微弯板通过在现场安装支架或挂篮, 现场浇注微弯板, 具有整体刚度大等优点^[4,5].



图 2 上平下拱少筋微弯板示意图

收稿日期: 2006-11-07

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (20010018)

作者简介: 谭德盼 (1981-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为桥梁结构的健康监测.

2 旧桥微弯板病害原因分析

2.1 旧桥微弯板常见病害

20 世纪 70~80 年代修建的斜腿刚架拱桥微弯板作为直接承载构件, 在当时交通量不太大、超重车较少的情况下是满足承载要求的; 进入 90 年代以后, 交通量剧增, 超重车频繁出现, 在桥面路况不好, 桥面引起较大的跳车、冲击、振动情况下, 这种轻型斜腿刚架拱桥的微弯板就出现了不同程度的病害。

微弯板作为混凝土结构除有其它普通混凝土结构常见病害(蜂窝、麻面、孔洞、老化、掉角、剥落、层隙、表面腐蚀、露筋、裂缝等)外^[3], 还有在车辆动力效应和重载作用下的微弯板开裂、磨损、断板、穿孔乃至塌陷等体现其结构形式和受力特点的病害。

2.2 病害原因分析

微弯板出现的病害原因既有施工不当引起的, 也有自然条件侵蚀和外界作用引起的, 其主要原因还是结构本身特点和桥梁各构件之间的工作协调性。

1) 微弯板边界条件的改变是产生裂缝的主要原因之一^[6-7]。斜腿刚架拱桥整体刚度较差, 在恒载的长期作用和活载交替反复的局部作用下, 横系梁和拱片出现了不同程度的裂缝, 削弱了桥梁的整体纵横刚度, 使得微弯板两端可作水平方向或竖向移动, 甚至发生小的转动, 这样, 边界条件就趋向于

简支或发生附加位移, 减弱了微弯板结构的薄膜作用, 引起板中较大的应力而产生裂缝。

2) 微弯板是斜腿刚架拱桥传力的第一步, 车轮荷载直接作用在微弯板上形成集中力, 而微弯板内通常配筋较少, 局部超载潜力小, 随着交通量和超载车的增多, 微弯板开裂、断板乃至塌陷时有发生。

3) 微弯板混凝土本身的施工质量也是造成微弯板病害的重要因素。施工质量较差的混凝土降低了板的抗弯模量(即刚度)和强度^[6-7], 同时也造成板的内部缺陷较多, 从而引起板内应力集中, 再加上车辆活载的反复冲击作用造成疲劳损伤的不断积累和外界气候条件的交替作用促使砼老化, 使用性能降低, 这些都会造成微弯板的开裂。

3 微弯板局部应力分析

本文为了对微弯板的病害原因作进一步探讨, 建立了工程实例微弯板(如图 3 所示)模型进行最不利轮压荷载作用下的局部应力分析; 为论证微弯板开裂与边界条件密切相关, 假定在两种不同边界条件下进行分析比较, 其中边界一为两端固定铰支座, 边界二为一端固定铰支座, 一端活动铰支座^[8](如图 4 所示); 为更好地进行应力分析, 将微弯板增厚 2 cm 建立对比模型, 进行应力分析并与工程实例模型进行比较。

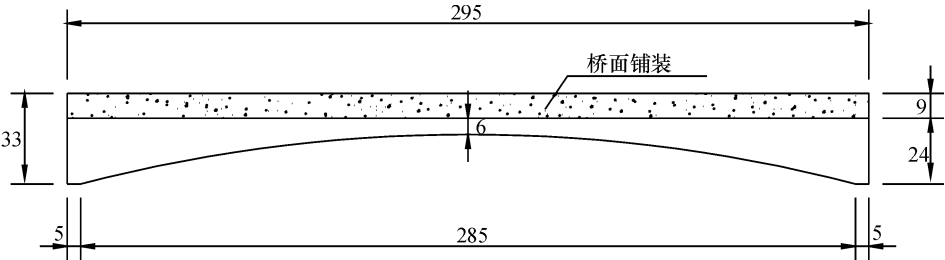


图 3 工程实例微弯板立面图(单位: cm)

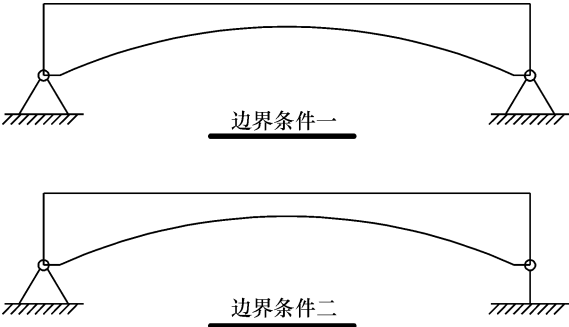


图 4 边界条件示意图

3.1 模型的建立

微弯板应力分析采用大型空间有限元分析软件 MIDAS Civil 进行, 结合工程实例, 模拟桥面铺装层

与微弯板共同承受外力作用, 顺桥向宽度为 2.49 m, 桥面铺装层厚度取 9 cm; 根据《公桥规》规定^[9], 计算可得轮压面积为 $S = a \times b = 0.2 \times 0.6 = 0.12 \text{ m}^2$, 作用在微弯板跨中的轮压最不利均布荷载为 -750.0 kN/m 。建立实体计算模型^[10], 如图 5 所示。比较模型除厚度增厚 2 cm 外, 其余与实例模型类同, 在此不赘述。

3.2 局部应力结果对比分析

经过计算, 可得到微弯板在轮压荷载作用下, 各边界条件的正应力 σ_x (MPa)、剪切应力 t_{xy} (MPa)、第 1 主应力 σ_{p1} (MPa)、第 3 主应力 σ_{p3} (MPa)、变形大小, 具体数值如表 1 所示。其中, 实例微弯板在各

边界条件下的正应力图如图 6 图 7 所示, 其余图 形由于篇幅所限不一列出.

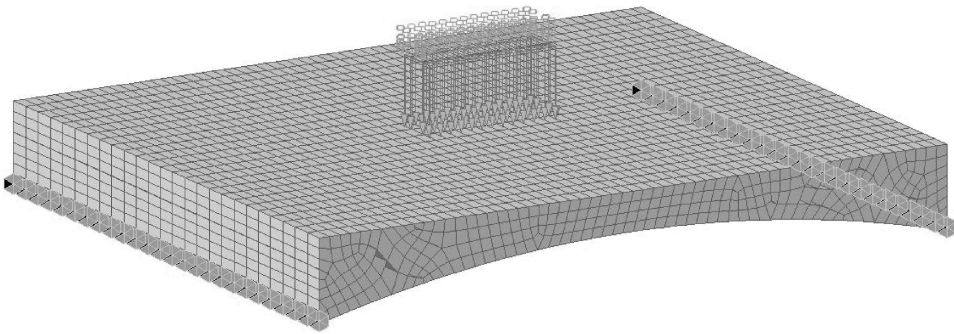


图 5 微弯板计算模型图

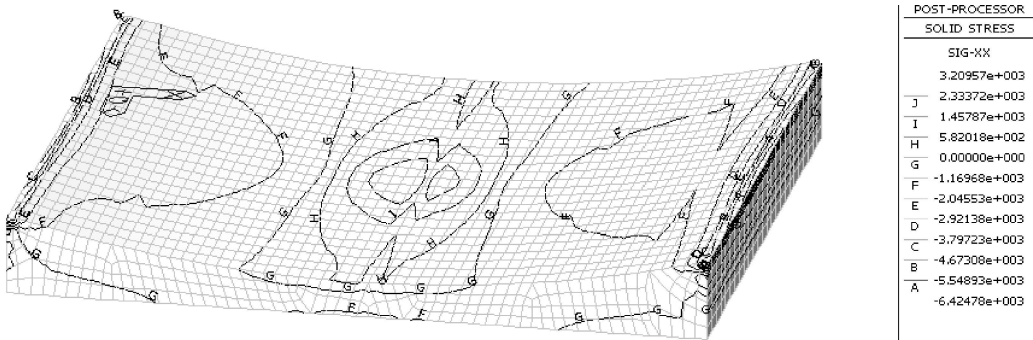


图 6 实例微弯板底部边界一条件下的 σ_x 图

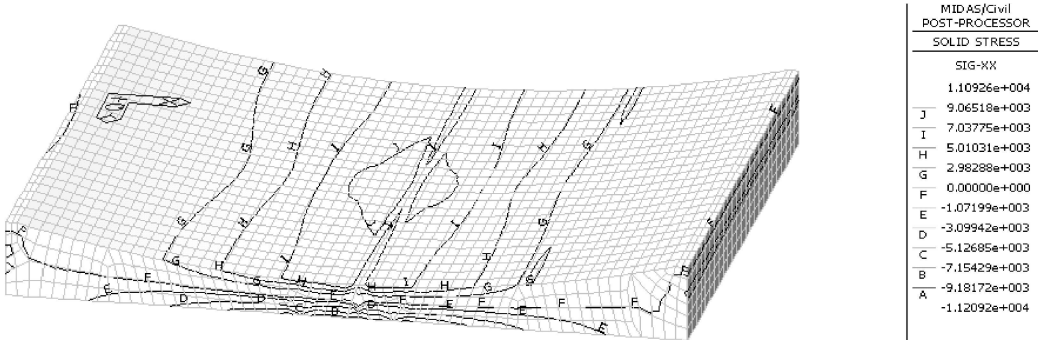


图 7 实例微弯板底部边界二条件下的 σ_x 图

表 1 微弯板局部应力变形综合对比表

微弯板	边界	应力	σ_x	t_{xy}	σ_{p1}	σ_{p3}	变形 _{max} /mm
			MPa	MPa	MPa	MPa	
实例微弯板	边界一	压应力	6.42	0.79	1.31	6.66	0.42
		拉应力	3.21	0.79	3.38	0.22	
	边界二	压应力	11.21	0.72	0.97	11.34	0.25
		拉应力	11.09	0.72	11.34	0.24	
比较微弯板	边界一	压应力	6.84	0.83	1.08	4.46	0.32
		拉应力	2.65	0.83	2.83	0.10	
	边界二	压应力	9.05	0.58	0.87	9.05	0.17
		拉应力	8.74	0.58	0.87	0.12	

从表 1 可以看出, 边界条件的改变对应力变化影响非常明显; 在桥梁结构合理、微弯板钢筋合理分配的前提下, 微弯板能满足应力要求; 增厚微弯板对

应力、变形的改善有一定作用.

4 微弯板病害防治措施

4.1 对于正在运营的斜腿刚架拱桥微弯板

对于正在运营的斜腿刚架拱桥微弯板, 重点是治理病害, 提高承载能力^[1].

1) 增强微弯板与拱片牢固的结合, 增强桥梁拱片之间的横向联系. 因为微弯板的受力性能与边界条件有关, 有侧向约束微弯板的薄膜效应显著, 使得其承载力比无侧向约束微弯板的承载力高.

2) 对于破损严重的微弯板应该尽快更换, 建议将微弯板增厚 2 mm 并增加增粗受力钢筋; 提高新浇注桥面铺张的混凝土标号; 尽量采用现浇微弯板, 增加桥梁的整体刚度.

3)对病害不严重的微弯板可通过粘贴碳纤维布或环氧树脂裂缝封闭处理等加固措施来治理病害.

4) 注意加强日常养护维修措施. 经常检查桥梁病害并分析其原因, 尽快对其进行处理.

4 2 对于正在设计施工的斜腿刚架拱桥微弯板

1) 在施工和安全容许的情况下, 建议将微弯板设计得尽可能的厚, 加强负弯矩区的钢筋, 增强桥梁各构件之间的联系, 让桥梁有足够的储备去适应今后交通量的发展及超重车辆的影响.

2) 对于预制安装的微弯板, 应注意在吊装运输施工过程中对微弯板的保护. 因为微弯板在搬运、安装过程中均处于无推力支承状态, 微弯板底部容易出现裂缝甚至断裂.

5 结语

本文通过有限元分析, 验证了斜腿刚架拱桥微弯板病害的原因. 加厚微弯板、增强斜腿刚架拱桥拱片横向联系是解决微弯板病害的主要途径.

微弯板作为直接参与轮压荷载的构件, 是斜腿刚架拱桥的一个重要组成部分, 其病害直接影响到路面行车安全和桥梁整体刚度, 当其出现病害时应及时地

查找病害原因并作出相应的防治或加固措施.

参考文献:

[1] 刘洪瑞, 周俊锋. 超载作用下刚架拱桥的病害分析与防治 [J]. 广东工业大学学报, 2003, 20(2): 42-45
[2] 李拥军. 一座架拱桥的加固方案分析及施工 [J]. 市政技术, 2004, 22(4): 202-204
[3] 张娟秀, 姚伟发. 微弯板常见病害及原因分析 [J]. 西北水电, 2004(1): 37-38
[4] 姚玲森. 桥梁工程 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1997.
[5] 陈宇新, 王玉泉, 徐天予, 等. 浅析钢筋混凝土刚架拱桥病害分析及加固设计 [J]. 东北公路, 2003, 26(3): 90-93
[6] 袁铜森. 斜腿刚架桥的典型病害诊断分析与加固 [J]. 中南公路工程, 2005 30(3): 152-155
[7] 李宏江, 叶见署, 虞建成伊家河刚架拱桥病害的结构分析 [J]. 世界桥梁, 2002(2): 19-22
[8] 戴公连. 桥梁结构空间分析设计与运用 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2001
[9] 中华人民共和国交通部. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范 (JTJ D62-2004) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
[10] 曹文. 旧桥微弯板开裂原因分析 [J]. 山东交通学院学报, 2005, 13(3): 31-33

Research into the Deteriorations of Frame Arch Bridge
Slabs with a Slightly Curved Bottom

TAN De-pan¹, JIANG Haibo¹, HE Bo-qing², LÜY an²

(1. Faculty of Construction, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

2 Guangzhou Highway Survey and Design Institute, Guangzhou 510510, China)

Abstract The common deteriorations of slabs with a slightly curved bottom are introduced. By analyzing local finite element stress, deteriorations of slabs are considered to be caused by the lack of slab thickness and arch-rib lateral stiffness. The methods for preventing further deteriorating and the maintaining strategies are proposed, which are validated by the finite element analysis.

Key words slab with slightly curved bottom; deterioration; stress analysis