

文章编号 0258-2724(2001)06-0617-03

大跨径连续刚构箱梁剪力滞效应分析

唐怀平, 唐达培

(西南交通大学应用力学与工程系, 四川 成都 610031)

摘要: 结合荷载等效分解方法, 首先分析大跨径连续刚构在垂直荷载作用下产生剪力滞后效应的机理, 其次采用三杆比拟法建立箱梁剪力流平衡微分方程, 最后结合静载试验实测纵向应力数据, 分析泸州长江二桥连续刚构主要控制截面的剪力滞系数。

关键词: 设计荷载; 应力分析; 连续刚构; 剪力滞

中图分类号: U448.23 **文献标识码:** A

Analysis of Shear Lag Effect of Long-Span Continuous Rigid-Frame Box-Beam Bridges

TANG Huai-ping, TANG Da-pei

(Dept. of Appl. Mechanics and Eng., Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: The equivalent load resolution method was used in the study. The mechanism of shear lag effect of long-span continuous rigid-frame induced by vertical loads are discussed. The shear flow equilibrium equations of the box-beam are derived by use of three-rod analogous procedure. The shear-lag coefficients of the main controlling cross-sections of the continuous rigid-frame of Luzhou Second Bridge over the Yangzi River are obtained based on static loads measured on site.

Key words: design loads; stress analysis; continuous rigid-frame; shear lag

连续刚构是墩梁固结的连续结构, 它利用高墩的柔度来适应结构由预应力、混凝土收缩、徐变和温度变化所引起的位移。墩梁固结有利于悬臂施工, 避免了更换支座, 在结构上常选用变截面。箱形截面的特点是结构轻, 抗弯刚度大, 纵向配置较大的正负预应力束, 在国内外桥梁工程上得到广泛的应用。箱形截面与连续梁和刚构-连续组合梁相比^[1], 其主梁的正弯矩控制截面的正弯矩稍小, 而负弯矩控制截面的负弯矩相对较大, 轴力对主梁部分有一定影响而对桥梁下部结构影响不大, 主梁正负弯矩控制截面和下部结构的剪力较大。因特殊的结构特点和受力特点, 在连续刚构的结构安全度分析中必须考虑某些力学现象, 箱梁的剪力滞后效应是大跨径连续刚构桥梁设计分析中较为复杂的内容之一, 如果这一影响因素被忽视, 可能导致设计的不合理或结构的破坏^[2]。

1 剪力滞效应产生的机理

大跨径连续刚构在对称纵向荷载作用下, 截面将产生纵向翘曲位移, 并且顶底板横向不同位置产生纵向位移差。由于上下翼缘的剪切变形导致对称荷载弯曲引起的法向应力呈非均匀分布状态, 即剪力滞后现象。如果翼缘与腹板处的正应力大于初等梁理论计算的理论值, 称之为正剪力滞后, 如果翼缘与腹板处的正应力小于初等梁理论计算的理论值, 称之为负剪力滞后, 如图 1。因此在设置预应力筋时应该考虑法向应力的不均匀性, 否则按等间距等预应力布置力筋, 可能造成在应力分布最大处预加力不够, 导致混凝土

土开裂,因此在设计时必须考虑剪力滞系数^[1],其定义为

$$\lambda = \frac{\sigma_n}{\sigma_T}$$

式中 σ_n 为翼板的实测法向应力; σ_T 为翼板的理论计算应力。

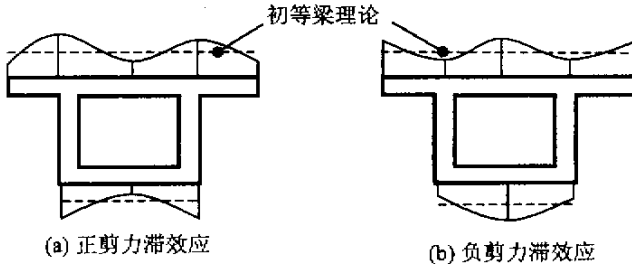


图 1 剪力滞效应

2 剪力滞效应微分方程

(1) 三杆比拟法的等效化处理

对称箱梁在竖向荷载作用下,腹板承受轴向应力的能力简化成一个附加的等效面积计入翼缘板,等效翼板进一步简化为承受荷载的三个比拟杆和传递剪力的等效薄板,如图 2。

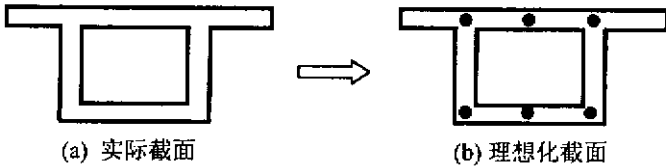


图 2 典型箱形截面理想化后成三个比拟杆的示意图

(2) 三杆比拟法微分方程

根据力平衡和变形协调条件:

对于边杆

$$\frac{dF_E}{dx} = q_E(x) - q$$

对于中间杆

$$\frac{dF_C}{dx} = 2q$$

式中: F_E 和 $q_E(x)$ 为计算截面处由腹板传递给翼板的剪力和剪力流; F_C 和 q 为薄板传递的剪力和剪力流。

剪力流平衡方程为

$$\frac{d^2 q}{dx^2} - K^2 q + \frac{R}{A_1} q_E(x) = 0$$

式中: R, K^2 是与翼板几何参数有关的常数^[3]。

3 连续刚构箱梁剪力滞的实桥测试分析

泸州长江二桥主体结构采用非对称连续刚构,主梁为三向预应力大悬臂单箱单室断面,跨度 252 m。日前对大跨度连续桥梁的剪力滞研究很少有实测资料,为了解桥梁结构剪力滞后的真实状况,对泸州长江二桥主梁进行实体测试分析。试验内容包括刚构跨中截面的剪力滞效应和刚构结点附近截面的剪力滞效应。

图 3 为各截面应力测点位置纵向应力分布。由实测应变分析,在活载作用下顶底板纵向应变呈抛物

线型 表 1 为刚构跨中截面和刚构结点附近截面的实测法向应变和剪力滞系数。从图 3 和表 1 不难看出 ,刚构跨中和刚构结点附近的截面最大剪力滞系数 λ 分别为 1.174 和 1.136 ,为负剪力滞效应 ,顶板存在局部应力。总体上剪力滞影响不大。若要消除剪力滞影响 ,工程设计时应适当提高恒载弯矩和活载弯矩。

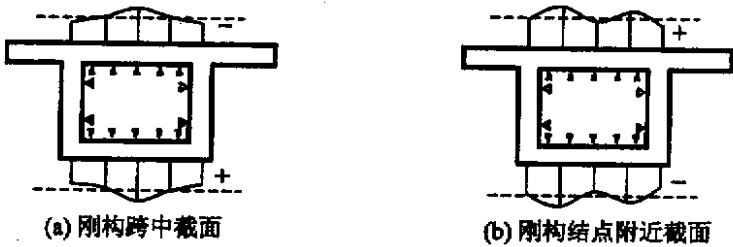


图 3 截面应力测点设置及应力分布示意图

表 1 实测法向应变和计算剪力滞系数

测 点 号	刚构跨中截面		刚构结点附近截面		
	应变 $\epsilon/\times 10^{-6}$	λ	应变 $\epsilon/\times 10^{-6}$	λ	
顶板	1	- 14	0.909	29	0.993
	2	- 15	0.974	33	1.122
	3	- 18	1.169	31	1.062
	4	- 16	1.039	25	0.856
	5	- 14	0.909	28	0.959
底板	6	24	0.902	- 25	0.947
	7	26	0.977	- 28	1.061
	8	31	1.174	- 24	0.909
	9	27	1.022	- 25	0.947
	10	25	0.947	- 30	1.136

4 结 论

(1) 大跨径连续刚构箱形截面桥梁在对称纵向弯曲荷载作用下 ,因翘曲位移导致法向应力存在剪力滞现象。三杆比拟法能很好描述箱形截面的剪力流力学模型。

(2) 泸州长江二桥主体结构跨中截面和刚构结点附近截面存在负剪力滞效应最大剪力滞系数 λ 分别为 1.174 和 1.136 ,但不影响结构安全度。

感谢西南交通大学科学研究基金对本文中实验工作的资助。

参考文献 :

[1] 王文涛.刚构-连续组合梁桥[M].北京 :人民交通出版社 ,1995 :203-212.
[2] 张士铎.桥梁设计理论[M].北京 :人民交通出版社 ,1984 :50-200.
[3] 张士铎.变高度梯形单室箱梁畸变计算[J].土木工程学报 ,1987 (4):30-34.