

佛山平胜大桥钢锚箱简化模型分析研究

宁 静

(资兴市市政工程公司, 湖南资兴 423400)

摘 要:自锚式悬索桥索梁锚固区域结构复杂, 容易产生应力集中, 研究锚固区域在索作用下的应力大小、分布是十分重要的。该文针对某市市内的自锚式悬索桥吊杆锚箱进行了足尺模型试验, 利用了材料力学理论及 ANSYS 有限元进行简化模型的对比分析, 进一步分析了索梁锚固区的应力状态、分布情况和传力途径, 对自锚式悬索桥锚箱设计和施工具有一定指导意义。

关键词:自锚式悬索桥; 锚箱; 模型分析

中图分类号:U448.25 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2007)02-0090-04

0 引言

自锚式悬索桥的锚箱式(承压式)连接是设置锚固梁(块), 将锚固梁(块)用焊接或高强螺栓与主梁连接, 拉索锚固在锚固梁(块)上。由于锚固梁(块)在多个方向需要补强, 在设计时一般做成锚箱^[2]。日本的六甲大桥、柜石岛大桥、多多罗大桥、我国南京长江二桥等都采用了这种锚固型式。这些研究成果都表明, 索梁锚固区受力十分复杂。尽管现代计算理论与方法已经能够分析复杂的局部应力问题, 但计算结果还是与试验结果存在一定的差异^{[1][3]}。

将锚箱部分进行简化, 根据自锚式悬索桥锚箱与斜拉桥、一般悬索桥锚箱比较可知, 自锚式悬索桥锚箱具有自身的特点: 吊杆荷载垂直作用锚箱, 同时锚箱又承受巨大的轴向力。在此大桥中, 拉索与桥体钢箱梁之间采用钢板焊接技术。这种锚固结构, 不仅空间结构复杂, 而且在拉索巨大拉力的直接作用下, 锚固区域的应力分布规律如何, 是桥梁工作者所关心的。由于拉索索力和结构变化的影响, 在拉索锚区的应力分布比较复杂。在一般的平面分析中, 把桥梁简化为平面连续梁或刚架结构, 不能得到锚箱桥宽方向的正应力分量及剪应力分量等数据。为了弄清拉索锚固区中实际应力分布规律及锚区结构的强度情况, 为设计和施工提供可靠的依据, 对其进行简化模型分析, 十分必要。

佛山平胜大桥是佛山市和顺至北窖公路主干线(佛山市快速环线)在石嘴区跨越平洲水道的特大型复杂结构桥梁, 采用双幅单跨独塔自锚式悬索桥, 主跨 350 m, 建成后将成为世界上跨度最大的同类型桥梁。大桥设计采用销接式单点双吊杆, 吊杆(两根)最大轴力 150 t, 最小轴力 115 t, 最大

应力幅 120.5 MPa。图 1、图 2 分别为钢箱梁与钢锚箱的断面图。

为了研究大桥吊杆锚箱的受力性能, 验证其设计可靠性, 开展吊杆锚箱模型试验研究, 同时对吊杆锚箱模型进行了简化计算和分析。本文介绍了试验研究的基本情况, 运用材料力学简化计算和 ANSYS 软件有限元分析, 通过分析对比取得了一些初步结果。

1 模型理论分析

1.1 材料力学计算分析

吊杆锚箱连接吊杆和加劲主梁, 将加劲梁承受的恒载和活载传递到吊杆, 继而传至主缆。吊杆锚箱由三块焊接于加劲梁的承力板及多块加劲板组成, 结构较为复杂, 传力途径也不是非常清晰, 在荷载作用下其应力幅值及应力分布的情况, 是设计者所关注的, 可以用材料力学的理论简化分析吊杆锚箱的受力。

由于锚箱部分的刚度远远大于其吊杆加载凸出部分板件的刚度, 因此可以把锚箱与凸出部分分开, 在其交界处的边界条件可以看成是固结。分析其凸出部可以看成是悬臂梁, 在锚箱加劲承力板上, 由于 2 号承力板与 3 号承力板是对称布置, 选取了 1 号承力板和 2 号承力板中两个截面上的 8 个关键部位布置了 8 个点, 其具体情况如图 3~图 6。

运用材料力学的知识可知, $M = pgl$, $Q = P$; 简化后可知, 凸出部三块加劲板成为一个整体, 端部被固结。因此加劲板只受到 x 轴方向的应力 σ_x 和剪

应力 τ , 通过, $\sigma_x = \frac{Mgy}{I_y}$, $\tau = \frac{QgS^*}{Igb} = \frac{Qg[(h/2)^2 - y^2]}{2gl}$

由 $\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + \tau^2}$ 来求得最大主应力

和最小主应力, 最后按第四强度理论 $\sigma_4 =$

$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$ 求得最后的强度。

收稿日期: 2006-11-14

作者简介: 宁静(1963-), 女, 湖南人, 工程师, 从事市政工程施工管理工作。

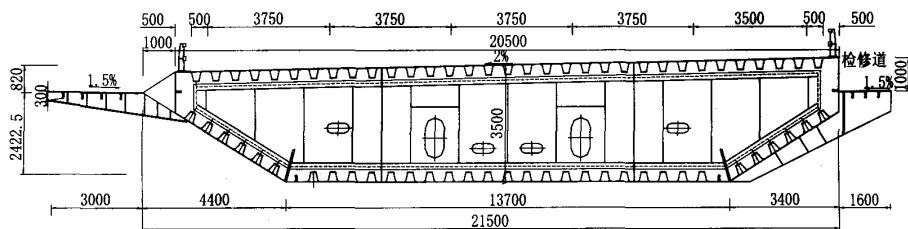


图 1 主跨钢箱梁标准断面图(单位:mm)

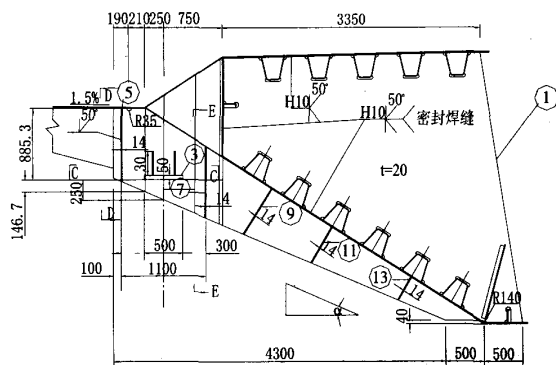


图2 钢锚箱标准断面图(单位:mm)

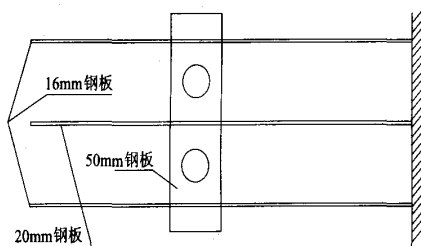


图 3 模型模拟成悬臂梁俯视图



图 4 简化模型正面布点图

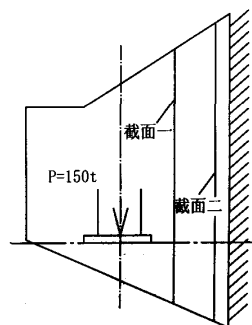


图 5 模型模拟成悬臂梁立面图

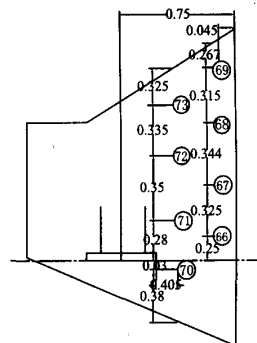


图 6 简化模型立面布点图(单位:m)

其中,平面模型是根据三块承力板共同承受由吊杆传递过来的力,建立一个由一块承力板承担力的模型,按试验模型的尺寸建立简化模型,对锚箱凸出部分的承力板的末端进行线约束,同时在承锚板中心加载集中力;同时空间模型是根据试验的实际情况,由三块承力板共同承担力的模型,在承力板末端加入面约束,在承锚板上根据试验的加载情况加上面荷载。且分别在相应的承力板上布置了节点,以方便查找对照。

2 数据分析

1.2 ANSYS 有限元计算分析

根据上面的简化模型,在 ANSYS 软件中建立了同样的空间模型和平面模型,进行有限元分析计算,其中边界条件都是按上述计算的模型条件所设定。通过有限元模型的精确分析来与简化模型进行比较,具体模型见图 7、图 8。

通过试验加载,分别采集并计算出 1 号承力板上 66~73 号点和 2 号承力板上的 22~29 号点在 150 t 和 255 t 时的应力大小,其中 22~29 号点的位置与 66~73 号点的位置大致一样;然后运用材料力学和初等梁理论分别计算出 1 号承力

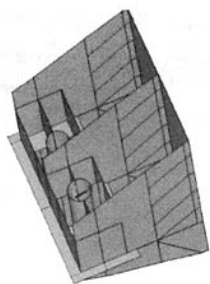


图 7 ANSYS 建立的简化空间模型

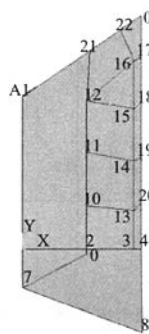


图 8 ANSYS 建立的简化平面模型

板上 66~73 号点在 150 t 和 255 t 时的应力大小;同时运用 ANSYS 软件分别对平面模型和空间模型进行有限元计算,得出了 1 号承力板上 66~73 号点的应力大小和 2 号承力板上 22~29

号点的应力大小,其中 22~29 号点和 66~73 号点见图 6 中的测点布置图,测量和计算的具体数据见表 1。

根据表 1 的数据显示,可以得出在各种计算方式下与试验数据的误差分析,见表 2。

通过上面的数据,可以看出采用三块承力板完全仿照试验模型建立的空间有限元模型的精确解与试验模型的结果最接近,同时也可以看出运用材料力学的方法进行的简化计算结果也比较接近试验的结果。只有采用一块承力板分析的平面有限元模型得出的数据结果,与试验数据结果差别比较大,可以看出这种简化方法不可取。同时,在试验中由于 70 号和 71 号点比较靠近承锚板,其影响比较大,在数据上可能出现与计算结果出入较大的现象,但不影响其整体应力分布的趋势。

另外,从表 1 中还可以看出,2 号承力板的 22~29 号点的试验数据与有限元分析的数据非常接近,同时其大小比 1 号承力板的相应位置测点的应力要小 25%。通过各块板的应力大小和各个位置的应力大小,可以看出在承锚区的应力传递规律。

3 结论

通过对大桥吊杆锚箱足尺静力模型试验,得

表 1 测量和计算数据

加载	分析类型 模型	ANSYS 有限元分析			材料力学分析	试验测试	
		(平面模型)	(空间模型)	(空间模型)	1 号承力板	1 号承力板	2 号承力板
		1 号承力板		2 号承力板			
	点号	计算应力(MPa)	计算应力(MPa)	计算应力(MPa)	计算应力(MPa)	实测应力(MPa)	实测应力(MPa)
150 t	66	34.16	34.51	20.75	40.11	39.92	17.34
	67	37.04	37.54	22.71	37.45	40.13	23.32
	68	28.41	39.6	26.49	45.03	31.19	24.81
	69	25.62	43.99	29.93	63.33	33.46	36.15
	70	26.96	44.05	30.83	39	29.57	22.19
	71	48.27	45.8	26.81	44.76	50.07	32.38
	72	36.46	43.08	25.54	45.07	43.72	30.53
	73	24.06	36.43	23.82	47.28	48.32	44.05
255 t	点号	计算应力(MPa)	计算应力(MPa)	计算应力(MPa)	计算应力(MPa)	实测应力(MPa)	实测应力(MPa)
	66	58.07	58.67	35.27	68.19	79.73	29.4
	67	62.96	63.82	38.62	63.66	72.443	45.59
	68	48.29	67.31	45.03	76.55	60.38	49.54
	69	43.55	74.79	50.87	107.66	59.39	65.49
	70	45.83	74.87	52.41	66.31	55.82	36.46
	71	82.07	77.85	46.6	76.1	101.02	65.44
	72	61.98	73.24	43.42	76.62	84.43	58.05
	73	40.89	61.93	40.5	80.37	86.37	74.63

表 2 误差计算

加载	模型	误差计算		
		ANSYS 误差分析		材料力学误差分析
		平面模型误差	空间模型误差	
150 t	点号			
	66	5.76 MPa	5.41 MPa	0.19 MPa
	67	3.09 MPa	2.59 MPa	2.68 MPa
	68	2.78 MPa	8.41 MPa	13.84 MPa
	69	7.84 MPa	10.53 MPa	29.87 MPa
	70	2.61 MPa	14.48 MPa	9.43 MPa
	71	1.8 MPa	4.27 MPa	5.31 MPa
	72	7.26 MPa	0.64 MPa	1.35 MPa
255 t	73	24.26 MPa	11.89 MPa	1.04 MPa
	点号			
	66	21.66 MPa	21.06 MPa	11.54 MPa
	67	9.483 MPa	8.623 MPa	8.783 MPa
	68	12.09 MPa	6.93 MPa	16.17 MPa
	69	15.84 MPa	15.4 MPa	48.27 MPa
	70	9.99 MPa	19.05 MPa	10.49 MPa
	71	18.95 MPa	23.17 MPa	24.92 MPa
150 t	72	22.45 MPa	11.19 MPa	7.81 MPa
	73	45.48 MPa	24.44 MPa	6 MPa
150 t	误差合计	55.4 MPa	58.22 MPa	63.71 MPa
255 t	误差合计	155.943 MPa	129.863 MPa	133.983 MPa
	总计	211.343 MPa	188.083 MPa	197.693 MPa

到了锚箱简化模型在设计荷载(150 t)和 1.7 倍的设计荷载(255 t)作用下的 1 号承力板和 2 号承力板的应力和应力分布;同时通过材料力学和 ANSYS 有限元的方法计算相应测点位置的应力大小,并进行分析,可以看出此锚箱的简化模型是成功的,并且采用的计算方法也切实可行。还有通过数据也可以看出各承力板的应力分布,未出现有应力集中的现象;1 号承力板大部分承担了由吊杆传递来的力,2 号承力板也分担了部分的力,吊杆的巨大拉力由 3 块承力板有效的传递给了钢箱梁,满足设计和施工方面的安全要求。

参考文献

[1]张哲,窦鹏,石磊,等.自锚式悬索桥的发展综述[J].世界桥梁,2003(1):5-9.
[2]李小珍,蔡娟,强士中.大跨度钢箱梁斜拉桥索梁锚固结构形式的比较研究[J].土木工程学报,2004,37(3):73-79.
[3]满洪高,李乔,唐亮.钢斜拉桥锚箱式索梁锚固区合理构造型式研究[J].中国铁道科学,2005,26(4):23-27.
[4]刘庆宽,强士中,张强.斜拉桥锚箱式索梁锚固区应力分析[J].桥梁建设,2001(5):14-16.
[5]罗晋明,任伟平.湛江海湾大桥索梁锚固结构应力分布研究[J].四川建筑,2005,25(2):79-80.
[6]韩富庆,杨成斌,姜建,等.安庆长江公路大桥索塔锚固区受力分析[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2002,25(6):1167-1170.
[7]陈伟庆,张强.南京长江二桥索梁锚固区模型试验分析[J].西南交通大学学报,2001,36(2):185-189.

上海世博浦东场馆将建大面积屋面雨水回收系统

上海首个大面积屋面雨水利用系统,将在世博会核心区域诞生。根据相关规划,世博会浦东场馆区市政用水系统将采用“双水源”,即屋面雨水和黄浦江水源。该雨水收集系统建成后,仅屋面雨水利用量预计一年就可达10.97万m³。