

提高梁弯曲正应力分布规律 实验精确性的措施

王常焕

(五邑大学土木建筑系 广东江门 529020)

摘 要:通过对采用电测法测定梁纯弯曲正应力分布规律存在结果偏差的分析,提出了改进的措施,并取得了良好的效果,为提高弯曲实验的水平有深远的影响。

关键词:弯曲;实验;精确性;措施

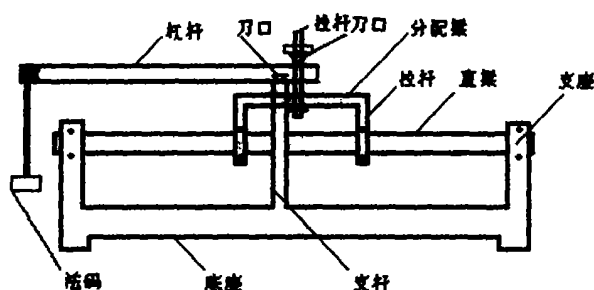
1 序言

采用电测法测定梁弯曲正应力的分布规律是材料力学实验中的一项综合性实验,并兼有验证性的内容,在使用实验装置的基础上,均由学生自己动手完成电阻应变片位置的规划、定位和粘贴、测试仪器电桥的设计、组成及电桥初始平衡的调整,这些均需在实验中完成。通过实验发现弯曲正应力实验结果与理论计算结果存在有一定的偏差,为此,分析其产生的原因,采取一定措施予以改进,以使实验结果的准确性得以提高,使其与理论计算结果更加吻合。

2 原因分析

2.1 实验装置组合可变性大

在梁弯曲实验中使用的实验装置采用杠杆加载,如下图所示。梁跨度为 600mm,截面为 28 × 10mm,分配梁拉杆间距 200mm,分配梁两拉杆分别距两端支座 200mm,杠杆放大倍数 20 倍,由于杠杆加载机构与梁经组合而成,当杠杆不水平时杠杆支点上的刀口与刀垫、撬动点拉杆的刀口与刀垫相互不垂直,荷载的作用线产生了倾斜,造成实验装置分配梁的两端拉杆传给梁的力不相等,此时机构形成的荷载不对称,不能完美的实现纯弯曲。另外发现,在测量电桥桥路初始平衡前,人为将杠杆向上提起再松开,分配梁的两端拉杆距装置两边支座的距离产生了变化,造成两支座反力不相等,弯矩也将随梁截面位置的不同而变化,由此在不完全纯弯曲段内应变片沿梁轴线方向的布贴位置不同,所测应变也将不同,经计算的正应力也不同。实验中还发现,在测量电桥桥路初始平衡时,当杠杆向上产生一仰角时,加载测试所测应变增大。当杠杆向下产生一倾角时,所测应变减小,由上述情况看出可变因素较多。



实验装置示意图

2.2 应变片定位偏差

应变片作为电测实验中的主要感应元件,电阻应变片阻值符合要求时,布贴位置的正确与否将直接影响所测应变的结果。在电测实验中根据实验目的和正应力公式 $\sigma = \frac{My}{I}$,测定梁弯曲正应力的分布规律,均是将应变片粘贴在关键点和转折点处,即沿梁高 h 方向布贴应变片。在梁的上、下边缘以及 $h/2$ 处布贴应变片,其布贴位置几乎是无偏差的,所测正应力值与理论计算值非常接近,相对误差基本在 4% 以内,但在梁横截面的纵轴线上,距上、下各 $h/4$ 处布贴应变片,在其布贴位置上几乎很难做到无偏差,所测正应力值与理论计算值相差较大,相对误差为 15% 左右,见下表 1 所示 ($E = 200 \text{ GPa}$),明显地影响了实验结果的准确性。

2.3 梁材料弹性系数不确定

实验中使用的实验装置其梁为 Q235 钢材,由材料力学可知其弹性系数 E 值一般为 196 ~ 216GPa, 但根据以往钢材实验发现此值变化范围较大,未能实测其实际值为多大,常取 196 ~ 216 GPa 的中值 200 GPa,利用实测应变值计算正应力

表1 采取措施前实验结果

序号	荷载 (N)	电阻应变仪读数									
		测点 1		测点 2		测点 3		测点 4		测点 5	
		$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$
1	0	0		0		1		0		-3	
2	10	74	74	36	36	3	2	-35	-35	-75	-72
3	20	149	75	70	34	6	3	-68	-33	-150	-75
4	30	224	75	105	35	9	3	-102	-34	-226	-76
5	40	297	73	139	34	13	4	-134	-32	-299	-73
应变平均值 $\mu\Delta\epsilon$		74.25		34.75		3.00		-33.5		-74.00	
测点位置 y (mm)		h/2		h/4		0.0		- h/4		- h/2	
实测应力 (Mpa)		14.85		6.95		0.60		-6.70		-14.80	
理论应力 (Mpa)		15.31		7.65		0.00		-7.65		-15.31	
相对误差 δ (%)		3.0		9.2		0.6		12.4		3.3	

($\sigma = \frac{E\epsilon}{k}$) 时 (试中是应变仪的信号放大系数为 10^6), E 的取值与实际值不符造成了实验结果与理论计算结果的偏差。

3 采取的措施

分析上述不同原因,有针对性地采取以下措施加以改进、完善。

3.1 实验装置组合措施

根据梁弯曲实验中使用实验装置的实际情况,由于杠杆加载机构与梁经组合而成,自由度较大。首先,在实验前将杠杆调至水平,使杠杆支点的刀口与刀垫、撬动点拉杆的刀口与刀垫相互垂直。其次,再将分配梁两端拉杆上力作用点的螺杆放松,使其处在自由向下垂直状态,调整分配梁两端拉杆到装置两端支座的距离使其相等,然后,上紧两端拉杆上力作用点的螺杆,实现纯弯曲段,达到分配梁的两端拉杆传给梁的力相等,使实验装置两端支座反力相等,也使弯矩 M 不随梁截面位置的不同而变化。在纯弯曲段内应变片沿梁轴线方向的布贴位置不同,只要在同一层面上所测应变也会相同,经计算的正应力 σ 自然相等。

3.2 提高应变片布贴水平

在纯弯曲段内沿梁高布贴应变片时。首先,分别在纯弯曲段内则,用钢针做与梁轴线垂直的两条垂线,用分规分别取 $1/4$ 梁高 (测 5 个层面应变时) 精确等分两条垂线,然后划出等分水平线,此时等分线与垂线的交点既为应变片的中心位置。也即在梁横截面的上、下边缘上和上、下各 $h/4$ 以及 $h/2$ 处布贴应变片,这样大大降低了应变片位置的偏差,所测正应力值与理论计算值偏差也将大大

减少。

3.3 实测梁材料弹性系数
为取得与实际材料一致的钢梁材料弹性系数,可用电测法实测钢梁材料的弹性系数。首先,在梁长度 $1/2$ 处,沿梁轴线处侧两个宽边各贴一片应变片,然后,取梁材料比例极限 80% 的荷载为最大试验荷载,分五级等值增量加载,分别计算出应变等值

增量差值的平均值,再取两侧应变增量差值平均值的平均值为计算弹性系数的应变值。应用虎克定律 $\epsilon = \frac{\sigma}{E}$ 计算出弹性系数 E 。实测的弹性系数 E

(本实验装置 E 为 207GPa) 是真实可靠的,大大避免了弹性系数 E 的理论取值对实测弯曲正应力计算结果的影响。经采取上述措施后实测应力与理论计算结果差值明显减小,在梁的上、下边缘以及 $h/2$ 处相对误差基本在 1.5% 以内,距梁的边缘上、

表2 采取措施后实验结果

序号	荷载 (N)	电阻应变仪读数									
		测点 1		测点 2		测点 3		测点 4		测点 5	
		$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\Delta\epsilon$
1	0	2		1		1	0	1			
2	10	74	72	37	36	1	0	-35	-35	-71	-72
3	20	147	73	73	36	2	1	-70	-35	-144	-73
4	30	220	73	108	35	2	0	-106	-36	-218	-74
5	40	294	74	144	36	2	0	-142	-36	-292	-74
应变平均值 $\mu\Delta\epsilon$		73.00		35.75		0.25		-35.50		-73.25	
测点位置 y (mm)		h/2		h/4		0.0		- h/4		- h/2	
实测应力 (Mpa)		15.11		7.40		0.05		-7.35		-15.16	
理论应力 (Mpa)		15.31		7.65		0.0		-7.65		-15.31	
相对误差 δ (%)		1.3		3.3		0.1		3.9		1.0	

下各 $h/4$ 处相对误差基本在 4% 以内,如下表 2 所示。

4 结语

采用电测法测定梁纯弯曲正应力是最常用的方法之一,分析正应力分布规律实测与理论结果的偏差,认为影响精确性的主要因素有三点,采取相对应的具体措施,可有效地提高实验与理论计算结果的一致性,也更好地验证了正应力公式 $\sigma = \frac{My}{I}$ 的正确性。
(收稿日期: 2005, 06, 30)

作者简介:王常焕 (1958-),男,副教授,五邑大学土木建筑系中心实验室主任。