

纸质结构模型最大荷重比探索研究

刘哲锋, 韩涛, 李 森

(长沙理工大学 土木与建筑学院, 湖南 长沙 410000)

摘要:通过构件实验、结构设计、模型制作及加载实验的循环过程实现结构的优化,模拟经历了工程项目从“方案选择”—“设计计算”—“施工实现”—“寿命终结”的全过程,并在设计与实验的反复过程中获得对“优化”的探索,同时获得对“创新”的理解与实现。

关键词:结构模型;荷重比;优化设计

中图分类号:TU317+.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2010)01-0095-03

在目前的桥梁及建筑设计中,结构的自重与承载力是一对相生相克的矛盾,寻求结构最大荷重比是当前结构设计的一个核心问题,也是结构方案优化的一个重要目标^[1-2]。结构设计的优化过程从本质上讲包括2个层面:即材料形成构件的有效性与构件组成结构系统的有效性,同时,结构的施工优化以及已有工程项目结构行为的评估与控制也同样是结构优化过程的另外2个重要环节^[3-4]。围绕结构优化实现所面临的几大问题,本课题小组通过纸质结构模型的优化来探索研究:(1)纸质材料形成构件的有效性;(2)纸质构件组成结构系统的有效性;(3)模型制作(施工与实现)方案的选择;(4)模型荷重比值的估计(既有结构实际荷重比的估计)。

一、材料及构件实验

考虑到材料的特殊性,在制作中以纸带为抗拉构件,将纸筒作为抗压构件。构件制作部分要解决的问题是材料形成构件的有效性,即寻求构件的最大荷重比,为此制定了以下实验方案:(1)了解纸带荷重比的影响因素:纤维走向、层数、宽度;(2)了解纸筒荷重比的影响因素:纤维走向、粘胶方式、内径、层数、加载速度。实验设备采用万能试验机。

(一)纸带轴拉实验(试件数:42根)

(1)纤维走向:纸带宽度10mm,抗拉长度150mm,纸带长度210mm。绘图纸长短边纸带各3条,单层纸带受拉,实验结果表明:抗拉强度长边方向大于短边方向。

(2)纸带层数、宽度:由图1可知荷重比随纸带宽度的增加变化不明显,但与纸带的层数呈正比关系。

收稿日期:2009-11-20

基金项目:国家级大学生创新实验计划项目——结构模型最大荷重比的探索研究

作者简介:刘哲锋(1976-),男,长沙理工大学土木与建筑学院讲师,主要从事高层建筑抗震研究,(E-mail)lz0072006@163.com。

欢迎访问重庆大学期刊社 <http://qks.cqu.edu.cn>

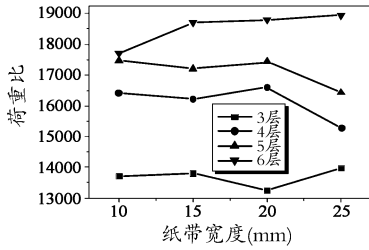


图 1

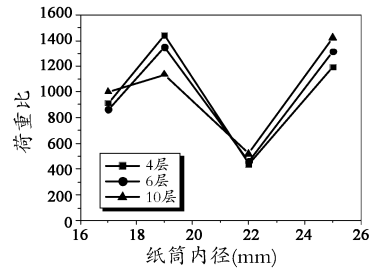


图 3

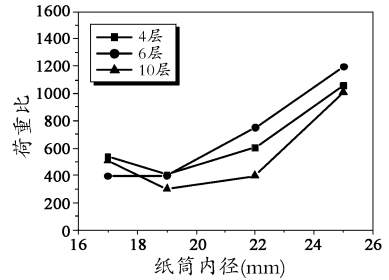


图 4

(二) 纸筒轴压实验(试件数:84 根)

(1) 纤维走向:该组实验制作规定纸筒高度为 100mm,内径为 17mm,纸筒层数为 6 层。由于纸筒的高度较小,破坏发生在纸筒的端部,若一直加压,纸筒最后将变为弹簧状。为节省实验时间,统一取纸筒第一次屈服时数据。实验结果表明:纸筒抗压能力沿短边卷大于沿长边卷。

(2) 粘胶方式:全涂胶好于最外层涂胶。

(3) 加载速度:该实验均只在最外层涂胶,沿短边卷,纸筒内径为 25mm,纸筒高度为 500mm。表 1 表明:加载速度的影响不稳定,为了增加实验效率,之后实验均采用 10mm/min 的加载速度。

(4) 纸筒层数、内径关系:图 2 是短纸筒的荷重比与内径及层数间的关系,很明显随着内径的增加荷重比呈下降趋势,层数的增加总体上有利于荷重比的提升。图 3、4 分别为两组人员制作的长纸筒的实验数据,由此可知:a. 制作工艺对结果影响很大,组 1 成员所制杆件的数据有较大波动;b. 层数的增加未明显提高荷重比;c. 内径增加荷重比增加,其制作水平的稳定性更好。

表 1 加载速度对纸筒荷重比的影响

加载速度	4 层	6 层	8 层	10 层
5mm/min	710.3	638.4	895.0	1154.3
10mm/min	727.5	757.9	863.3	1001.0

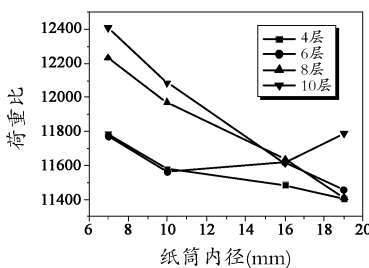


图 2

二、结构最大荷重比的探索

根据前述的构件实验结果,当构件的尺寸及制作方式趋于合理时,纸质构件的荷重比是非常大的,纸带抗拉超过了 1000,纸筒抗压能够达到 1000 以上。从理论上讲,如果这些构件的潜能全部发挥,其组成结构的荷重比也可能接近 1000。因此,纸质结构获得最大荷重比的关键在于充分发挥构件的潜能,即通过设计与制作尽可能地使纸带受轴拉,而使纸筒受轴压。

(1) 结构设计与计算优化。

在加载模式统一的前提下(4 个支承点、施加静载、加载板与支承面距离 150~300mm),构思结构的初步形式,并根据软件的计算结果了解结构的受力特点并调整构件的相互位置。图 5 列举了 4 斜杆模型的弯矩及轴力图,斜杆倾斜角度的确定以弯矩最小、反弯点接近端部为原则。通过软件计算以实现某一结构方案下的理论优化过程,该步骤完成后进入制作优化阶段。

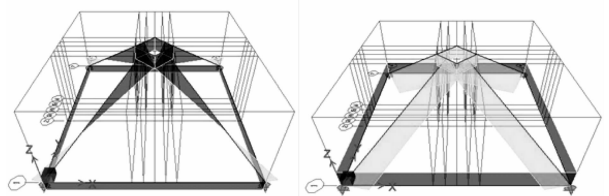


图 5

(2) 结构制作与实验优化。

图 6 为小组最早设想的结构模型,由 8 根纸筒与 4 根纸带组成,荷重比仅 218.75,破坏源于变形不一致所导致的整体失稳,大多数构件的能力并未充

分利用。因此,将结构方案调整为更为简单的4斜杆方案(图7),荷重比上升为470.73,但该模型的不足在于:为使纸筒趋于轴压,需提高模型的总高,即增加压杆的长度,但长度增加杆件更易失稳。为了提高杆件的稳定性,在杆件之间拉扯单层纸带(图

8),模型荷重比提升至583.33,同时,发现模型C的最终破坏源于荷载较大时,杆件变形的微小差异所导致的加载板扭转,且这一扭转呈发散趋势,最终导致杆件局部失稳,因此,又附加了图9所示的斜拉纸带,有效地避免了扭转问题,荷重比达到603。

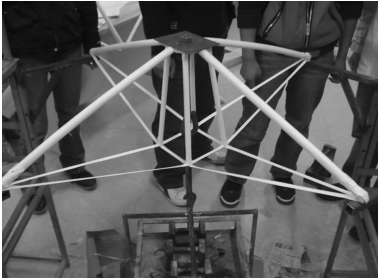


图6 模型A



图7 模型B

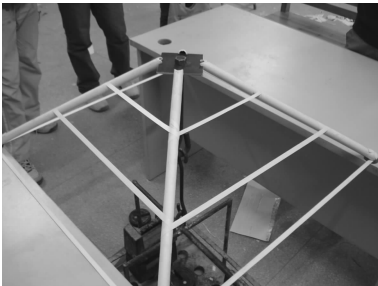


图8 模型C



图9 模型D

表2 结构方案优化过程及实验结果

方案编号		A	B	C	D
自重		182.86g	127.46g	120g	116g
荷重比		218.75	470.73	583.33	603
承载力		40	60kg	70kg	70g

节点制作的处理也是构件发挥承载潜能的重要一环,在理论计算中,构件与构件的联结方式或是铰接或是固结,而在实际操作中这些联结方式都是理想化的,因此,构件的实际受力就会与节点制作方式有很大关联。而在纸质模型中,如何使纸筒承受轴压成为了节点设计的关键。图10和图11

所示的节点,制作困难,重量大,而且效果欠佳。图12中的节点虽然杆件受力有所改善,但重量增加太大。图13是大家最终的方案,通过卡口来形成轴压,效果很好,获得了湖南省第三届土木建筑类大学生结构模型创作竞赛一个一等奖、一个三等奖的好成绩。



图10 节点1

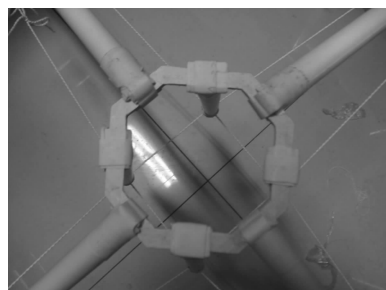


图11 节点2