

钢筋混凝土构件受扭性能试验的教学实践

余世策,刘承斌,赏星云,钱匡亮,蒋建群

(浙江大学 建筑工程学院,浙江 杭州 310027)

摘要:根据矩形截面钢筋混凝土构件受纯扭的力学特性,设计了钢筋混凝土受扭构件、纯扭加载方案和测试方案,并在实验教学中进行了实践。钢筋混凝土构件受扭性能试验教学项目的成功开发,使钢筋混凝土实验教学体系更为完善。

关键词:钢筋混凝土构件;扭转;实验;教学改革

中图分类号: TU37-4

文献标志码: A

文章编号: 1005-2909(2008)04-0139-03

钢筋混凝土结构原理是结构工程学科本科教学最重要的专业课之一。钢筋混凝土结构与均质材料的力学特性有很大不同^[1],对钢筋混凝土结构力学性能的把握很大程度上依赖于实验,通过实验可以弄清构件的破坏机理、验证理论计算公式,因此钢筋混凝土实验教学已越来越受各高校的重视。

钢筋混凝土结构原理的教学体系是对学生传授钢筋混凝土构件受弯、剪、压、扭等基本受力特性和计算理论,因此实验教学也应包含相应内容。然而遗憾的是,目前国内绝大多数高校的钢筋混凝土实验课程设计中只涉及钢筋混凝土梁的受弯及受剪试验,仅有同济大学、河海大学、浙江大学等极少数高校开设了钢筋混凝土柱的受偏压试验,而至于钢筋混凝土梁的受扭试验,国内尚属空白。随着新的实验教学模式的提出和实验教学改革的深化^[2-3],开设钢筋混凝土构件受扭性能试验,建立完整的钢筋混凝土实验教学体系已经迫在眉睫。

一、钢筋混凝土构件受扭性能试验方案设计

开发新的实验项目必须解决几个关键问题:一是试验构件的设计,二是试验加载装置的设计,三是试验测量项目的设计。在各个环节的设计中必须以满足实验教学要求为最终目的,同时兼顾具体实施的可行性和经济性。

(一) 试验构件的设计

浙江大学原有的钢筋混凝土受弯、剪性能试验梁采用的截面尺寸为 100mm × 160mm、长度为 1400mm。因此矩形截面的钢筋混凝土受扭梁的尺寸采用同样的几何尺寸,这样构件的制作便可以采用现有的钢模具而不需另外制作。梁的配筋设计充分考虑了纯扭构件的受力性能,纵向主筋采用4根Φ16二级钢筋

收稿日期:2008-05-15

基金项目:浙江大学实验教学研究项目(E07018)

作者简介:余世策(1979-),男,浙江大学建筑工程学院工程师,博士,主要从事工程结构实验教学研究,

(E-mail) yusc@zju.edu.cn
欢迎访问重庆大学期刊网 <http://qks.cqu.edu.cn>

对称配置,箍筋采用 $\Phi 6$ 一级钢筋以 100mm 的间距均匀布置,采用 C30 混凝土。受扭梁的几何尺寸和配筋如图 1 所示。

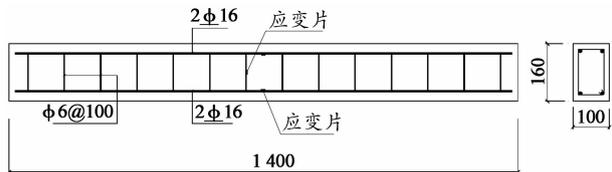


图 1 受扭梁尺寸及配筋图

验中测得两个倾角仪的角度变化之差,除以倾角仪之间的距离,即为该梁的相对扭转角。

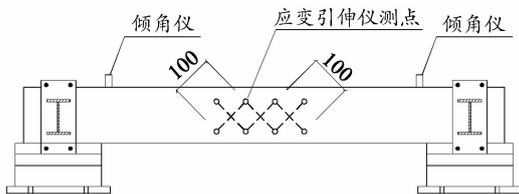


图 3 应变引伸仪测点与倾角仪布置

(二) 加载装置的设计

钢筋混凝土构件受弯、剪试验时,一般是以两榀较矮的门式钢架作为承力架、以一榀较高的门式钢架作为反力架,采用正位液压加载的方式进行加载,液压加载优点是安全性较高、加荷可控性较强。在受扭试验加载装置的设计中也采取了正位液压加载的方式,但支座形式和加载部位完全不同。图 2 为纯扭加载装置的设计图,图中采用两个钢箍将受扭梁固定于扭转支座上,钢箍上各连接一根扭转臂,其中一根扭转臂的端部架在一个竖向限位器上,与该扭转臂相连的钢箍上方也安装一个竖向限位器,另一根扭转臂端部作为液压加载点,且加载点上安装水平限位器,以保证扭转力臂不随扭转臂的转动而变化。千斤顶的荷载通过力传感器进行测量,则扭矩即为千斤顶荷载与力臂长度的乘积。

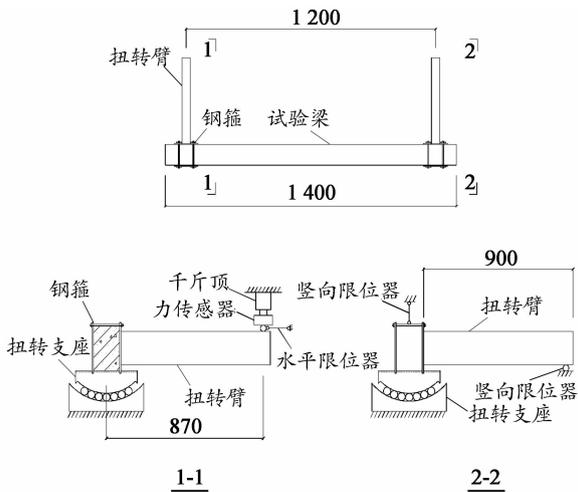


图 2 纯扭加载装置设计图

(三) 测试方案的设计

测试方案的设计必须要遵循突出重点、数据可靠、便于分析、安全方便的原则,主要分整体变形、局部变形和裂缝量测三个部分。

1. 整体变形

对于钢筋混凝土梁的受扭试验,整体变形是梁的整体扭转,衡量梁整体扭转变形的参数为单位长度梁截面的扭转角,因此在梁的支座附近安置两个倾角仪(如图 3 所示),用来测量该截面的扭转角。试

2. 局部变形

局部变形主要体现在钢筋的局部变形和混凝土的局部变形。根据受扭梁的变形特性,在 4 根纵向主筋的中部分别布置 4 个电阻应变片,在中间位置 1 个箍筋的两侧分别布置 2 个电阻应变片,测点布置如图 1 所示,试验时采用电阻应变仪测定钢筋的局部应变;由于受扭梁侧向混凝土主拉应力和主压应力与梁纵轴交角大致为 45° ,因此在梁侧面布置两排共 8 个应变引伸仪测点,测点的斜向间距为 100mm,测点布置如图 3 所示,试验时采用手持式应变仪测量梁侧面的局部变形,将局部变形除以标距即得到梁侧面的平均主拉应变和主压应变。

3. 裂缝量测

裂缝的量测是钢筋混凝土构件试验最为重要的一项量测内容,梁受纯扭荷载后裂缝开展一般呈螺旋分布,即梁的侧面和上下面都有裂缝开展,作为教学试验,一般量测梁侧面的裂缝作为评定梁扭转开裂性能的标志。

(四) 试验加载方案的设计

试验加载采取先预载后单调递增加载的方式进行,首先采用规范计算公式得到开裂扭矩和极限扭矩,预载的加载量取开裂扭矩的 50% 分三级加载,每级稳定一分钟,然后卸载,接着以极限扭矩的 10% 左右对受扭梁进行分级单调递增加载,每级稳定 2~3 分钟,在临近开裂荷载和极限荷载时,加载量改为原加载量的一半或 1/4,以记录准确的实测开裂扭矩和极限扭矩。

二、钢筋混凝土构件受扭性能实验教学的具体实践

钢筋混凝土构件的受扭性能试验是钢筋混凝土实验教学中的新项目,首次在浙江大学 07-08 年度的教学实践中开展。在浙江大学开发的钢筋混凝土综合实验装置^[4]上安装了扭转支座及相关限位装置,并按照实验方案制作了受扭试验梁,由混凝土强度试验和钢筋强度试验结果,计算得到梁的极限扭矩,根据梁的极限扭矩,得到相应的千斤顶加载量,然后配置合适的千斤顶和力传感器,安装好的钢筋混凝土受扭试验构件如图 4 所示。钢筋应变采用

TS3860 电阻应变仪测量,混凝土应变采用自制的手持式引伸仪测量,扭转角采用 DP-360 倾角仪测量。试验加载以 4~5 个本科生为一个小组,学生以选修的形式参加,试验取得圆满成功。



图 4 钢筋混凝土构件受扭试验照片

三、钢筋混凝土构件受扭性能试验结果的教学分析

根据学生的试验结果,笔者取其中一组数据进行分析,结果如图 5-图 7 所示,从图中可以看出,该试验梁的极限扭矩为 $2.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$,最大相对扭转角为 $2.7^\circ/\text{m}$,当扭矩较小时实测曲线呈现弹性变形特性,当扭矩达到 $1.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 时梁的整体扭转变形急剧增大,混凝土主应变和钢筋应变大幅增大,这表明构件承受纯扭荷载后,当混凝土主拉应力超过混凝土的抗拉强度时,构件开裂,且开裂后混凝土承受的拉应力大部分由钢筋承担。裂缝观测表明,随着扭矩增大,构件表面相继出现若干条大体连续或不连续的与构件纵轴线大致成 45° 交角的螺旋形裂缝,当接近

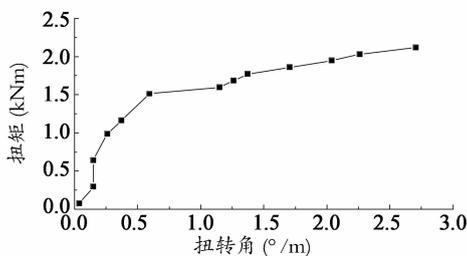


图 5 扭矩 - 扭转角实测曲线图

临界荷载时,构件长边有一条发展为临界斜裂缝,构件达到极限承载状态,可见试验结果能较好地验证理论,效果较为理想。

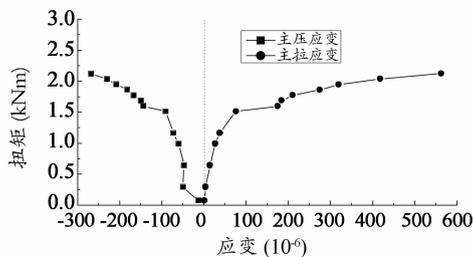


图 6 扭矩 - 侧向混凝土主应变实测曲线图

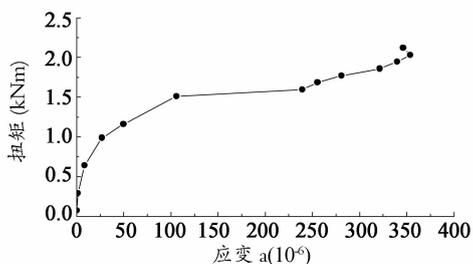


图 7 扭矩 - 主筋应变实测曲线图

四、结语

本文根据矩形截面梁受纯扭的力学特性,设计了钢筋混凝土构件受扭试验教学的方案,包括试验构件的设计、加载装置的设计和测试方案的设计等,并开展了教学实践。本文提出的方案和试验结果可以为钢筋混凝土实验教学改革提供借鉴。

参考文献:

- [1] 舒士霖. 钢筋混凝土结构[M]. 杭州:浙江大学出版社, 2002.
- [2] 何奕南. 钢筋混凝土梁系列实验的系统化教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2007, 26(12): 111-114.
- [3] 袁志华, 许开成, 刘鹏, 等. 混凝土结构设计型实验建设和教学实践[J]. 华东交通大学学报, 2005, 22(12): 120-121.
- [4] 余世策, 刘承斌, 赏星云, 等. 钢筋混凝土综合实验装置的开发与应用[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(4): 36-38.

Teaching Practice for Reinforced Concrete Component Torsion Experiment

YU Shi-ce, LIU Cheng-bin, SHANG Xing-yun, Qian Kuang-liang, JIANG Jian-qun,

(College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: According to the purely torsion mechanics characteristic of reinforced concrete component with rectangular section, the reinforced concrete component, loading plan and test plan were designed and has been carried out in the experimental teaching practice. The success development for reinforced concrete component torsion experiment causes the reinforced concrete experiment teaching system to be more perfect.

Key words: reinforced concrete component; torsion; experiment; educational reform