

预应力砼空心板现场静载试验研究

赵慧

(中铁十八局集团有限公司勘察设计院, 天津 300308)

摘要: 施工完成的预应力砼空心板是否满足设计荷载标准、使用要求及具备多少安全储备一直是工程领域关心的重点问题。文中以某预制空心板现场试验为工程背景, 分设计使用弹性工作阶段、开裂荷载阶段、重裂和破坏荷载阶段进行加载试验。试验结果表明该空心板设计使用弹性阶段的工作性能及施工质量较好, 满足设计荷载标准; 承载力极限状态下结构具有较大安全储备。

关键词: 桥梁; 预应力空心板; 静载试验; 极限承载能力

中图分类号: U446.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)02-0125-03

目前对预应力砼空心板正常使用荷载条件下的单板受力试验研究较多, 对其极限承载能力试验也有研究, 但结合施工预制现场开展相关试验的研究不多。该文以江苏省 272 省道徐州至沛县段一块斜交中板为研究对象, 根据荷载等级和空心板横向受力, 利用有限元软件 MIDAS 建立分析模型, 确定各级荷载作用下的应变和挠度、开裂荷载等, 通过正常使用荷载条件下单板受力试验和极限承载能力试验, 实测预应力砼空心板的荷载效应、开裂荷载、破坏形态、极限荷载等, 并将构件荷载效应的实测值与理论值相比较, 分析预应力空心板的工作性能及施工质量, 检验桥梁构件是否满足设计荷载标准和使用要求, 确定其安全储备情况。

1 工程概况

该空心板交角为 60° , 计算跨径为 19.94 m, 设计荷载等级为公路—I 级, 板高 95 cm、宽 99 cm。桥面铺装为 10 cm 沥青砼桥面铺装+防水层+10 cm C50 现浇砼, 采用 C50 砼、HRB335 钢筋、 $1 \times 7-15.20-1860$ 强度等级钢绞线。

根据试验研究目的, 确定极限承载能力试验分 3 个阶段进行: 第一阶段为设计使用弹性工作阶段; 第二阶段为开裂荷载阶段; 第三阶段为重裂和破坏荷载阶段。对每个试验阶段结构应变、挠度、裂缝、荷载等进行分析, 评定其工作性能。

2 现场试验装置及测试系统设计

2.1 现场试验装置设计

根据施工现场条件, 采用 4 根 $\phi 32$ PSB930 精轧螺纹钢作为反力装置的钢拉杆, 用 $600 \text{ mm} \times 200$

$\text{mm} \times 12 \text{ mm}$ 槽钢制作横梁。结合现场基础情况, 现场浇筑 42 m^3 C20 砼作为加载台座及配重区, 设计 4 块 GYZ250 \times 40 橡胶支座支撑空心板。加载通过 150 t 液压千斤顶来实现, 考虑空心板的延性和基础下沉, 采用 2 台千斤顶叠加的方式进行加载, 荷载力大小通过荷载传感器实时监测。单点加载试验装置见图 1。

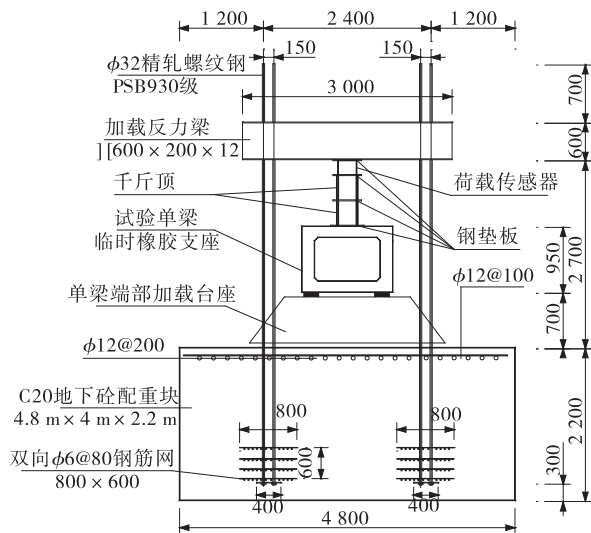


图 1 单板极限承载能力试验反力装置设计(单位:mm)

2.2 测试系统设计

布设图 2、图 3 所示应变测点和图 4 所示挠度测点, 测试各级荷载作用下预应力空心板跨中底面纵向应变增量、两支座沉降、 $1/2$ 跨和 $1/4$ 跨挠度, 并观测裂缝情况。考虑到开裂后变形较大, 后期采用中文数字水准仪对试验板各挠度测点进行加密测量。由于钢筋和预应力筋在试验前已布置完成, 未设置应变测点。

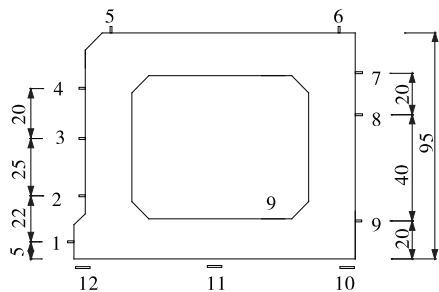


图2 试验空心板跨中截面应变测点布置(单位:cm)

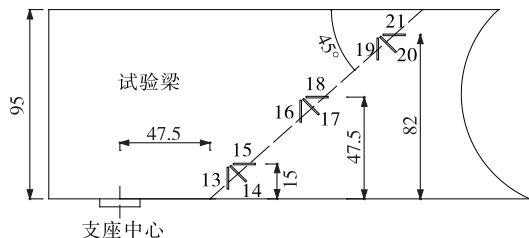


图3 试验空心板最大剪应力应变测点布置(单位:cm)

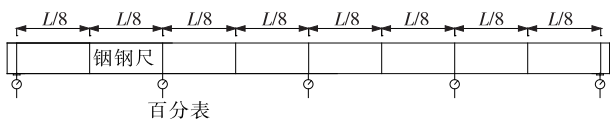


图4 试验空心板挠度测点布置

3 现场试验结果分析

正式加载之前进行预加载,确定测试仪器设备、加载设备及反力装置等工作正常后进行正式加载试验。设计使用弹性工作阶段荷载分3级加载至设计弯矩后卸载,第二阶段试验将荷载加载至跨中板体底缘开裂后卸载,第三阶段试验将荷载加载至破坏后卸载,测试结构的响应,了解空心板从开始加载至破坏全过程的受力、变形和开裂特征及发展变化情况,为空心板质量评定提供依据。

3.1 弹性阶段试验结果分析

经理论计算,将荷载按50%、80%、100%加至189.2 kN,加载间隔和稳定时间为10~15 min,加载效率系数达到1.0时停止加载。弹性阶段部分试验结果见表1、表2。

由表1、表2可知:试验空心板的强度有较大安全储备,处于弹性工作状态,刚度、相对残余应变和变位均符合规范要求。

3.2 开裂荷载阶段试验结果分析

荷载从零开始加载至180 kN,每级增加60 kN;从180 kN加载至计算开裂荷载(275 kN)前,每

表1 弹性阶段静载试验11#测点应变增量

试验阶段	项目	测试结果
1级加载	实测值/ $\mu\epsilon$	63
	理论值/ $\mu\epsilon$	93
2级加载	实测值/ $\mu\epsilon$	41
	理论值/ $\mu\epsilon$	55
3级加载	实测值/ $\mu\epsilon$	31
	理论值/ $\mu\epsilon$	37
1级卸载	实测值/ $\mu\epsilon$	5
	残余比/%	3.7

表2 弹性阶段跨中梁底静载试验挠度增量

试验阶段	项目	测试结果
1级加载	实测值/mm	4.68
	理论值/mm	6.00
2级加载	实测值/mm	2.92
	理论值/mm	3.50
3级加载	实测值/mm	2.34
	理论值/mm	2.40
1级卸载	实测值/mm	0.23
	残余比/%	2.31

级增加30 kN,增加到270 kN后每级增加20 kN,加载过程中发现裂缝及时记录。荷载加至285 kN时,跨中段底板突然开裂,裂缝宽度为0.02 mm,长度为123 cm(见图5)。加载过程中的荷载一位移曲线见图6,跨中底板部分测点实测应变见表3。

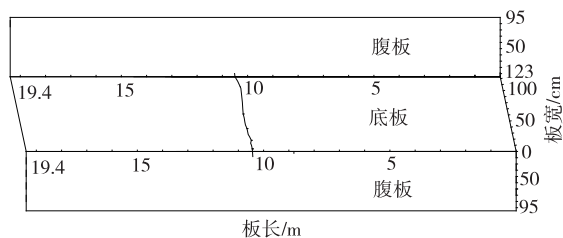


图5 开裂荷载阶段裂缝展开图

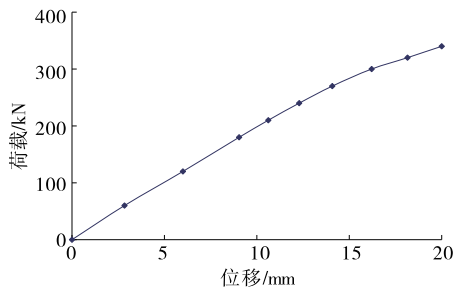


图6 开裂荷载阶段荷载一位移曲线

表3 开裂荷载阶段跨中底板静载试验应变增量

试验荷载/kN	实测应变/ $\mu\epsilon$	试验荷载/kN	实测应变/ $\mu\epsilon$
60	40	240	179
120	85	270	201
180	129	285	202
210	151	0	5

由图6可知:开裂荷载阶段荷载一位移基本呈线性变化,卸载后试验空心板能恢复到原来状态,裂缝闭合,卸载挠度残余比亦小于5%。

由表3可知:试验荷载为0~270 kN时,实测应变基本与荷载按线性规律变化;加载至285 kN时,应变增量未发生明显变化。其他腹板上测点应变增大较快,卸载后应变基本恢复,卸载残余应变较小。

3.3 重裂和破坏荷载阶段试验结果分析

按照开裂荷载阶段的加载方式进行破坏荷载阶段试验荷载加载。随着荷载的增大,新出现的裂缝开始由跨中向板的两个支撑位置方向发展,裂缝宽度也不断增大,并不断向腹板延伸,裂缝间距约15 cm,跨中处挠度明显增大,抗剪区的应变增量较小,应力水平较低,不会发生剪力破坏。加载至835 kN时,极限荷载值不再增加,裂缝宽度不断增大,空心板顶板压应变达到3 500 $\mu\epsilon$,并出现局部压碎现象,破坏前出现明显的屈服台阶,从板开裂位置、数量、形态分布等分析,试验板出现塑性破坏,试验终止。加载完成后的裂缝见图7,加载过程中的荷载一位移曲线见图8。

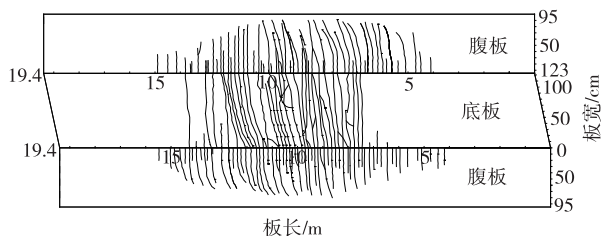


图7 重裂和破坏荷载阶段裂缝展开图(单位:mm)

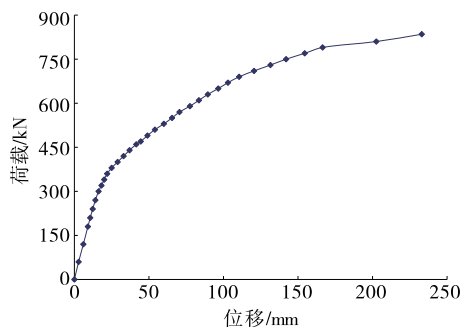


图8 重裂和破坏荷载阶段荷载一位移曲线

由图7可知:卸载后部分裂缝呈现闭合状态,跨中卸载残余明显增大,达到53.5 mm,受拉区钢筋已屈服,结构出现损伤。

由图8可知:整个试验破坏过程符合传统理论。

4 结论

结合现场工程实际,对试验预制空心板进行正常使用荷载条件下单板受力试验和极限承载能力试验,得到如下结论:1) 正常使用荷载条件下试验空心板的强度具备一定安全储备,处于弹性工作状态,刚度、相对残余应变和变位均符合规范要求。2) 开裂荷载阶段试验空心板在285 kN时出现开裂,应变和挠度基本与荷载呈线性规律变化,卸载后空心板能恢复到原来状态,裂缝闭合,卸载挠度、应变残余比均较小。3) 重裂和破坏荷载阶段试验空心板在试验荷载下的破坏过程符合传统理论,极限破坏荷载为835 kN,约为正常使用阶段最大荷载的4.6倍、开裂荷载的2.9倍,试验梁的承载能力具有较大安全储备,设计合理,施工质量较好;卸载后板的残余变形较大,部分裂缝不能闭合。

由于在施工现场完成极限承载能力试验,未采用大型电液伺服系统加载,结构开裂后未能进行位移控制,对测试结果有一定影响,同时对钢筋的受力状态和预应力损失情况不明确,后续试验研究中需进一步完善。

参考文献:

- [1] 严圣友.30 m部分预应力混凝土箱梁极限承载能力试验研究[J].公路工程,2012,37(1).
- [2] 邹永旺,王红日.预制箱梁静载试验及极限承载能力评定分析[J].工程建设与设计,2017(10).
- [3] 袁磊,胡强,陈立平.预应力混凝土箱梁极限承载力试验研究[J].铁道建筑,2009(3).
- [4] 李勇,张劲泉,余波.钢筋混凝土T梁旧桥极限承载能力研究[J].公路交通科技,2017,34(4).
- [5] 唐浩杰.部分预应力高强混凝土小箱梁极限承载能力试验及理论分析研究[D].成都:西南交通大学,2017.
- [6] 张志伟.预应力小箱梁极限承载能力试验研究[D].北京:中国铁道科学研究院,2017.
- [7] 陈冠,殷新锋,刘扬.静载作用下桥梁结构受力分析[J].公路与汽运,2018(3).
- [8] 周广利,赵宁,渠广镇.基于静载试验的中铰缝空心板梁桥底板破坏原因分析及处治[J].公路与汽运,2016(1).