

冷轧带肋钢筋砼板类构件试验研究与应用

郭乐工 刘忠玉 李翔* 范颖芳
(郑州工业大学土建系)
(* 中房郑州公司)

摘要 本文基于 72 块冷轧带肋钢筋砼板类构件试验,对应用冷轧带肋钢筋的预应力砼空心板、现浇楼板、叠合板的工作性能、承载力与经济效益进行了较深入的研究与分析。试验研究结果表明,冷轧带肋钢筋砼板类构件中有着显著的经济效益与广阔的应用前景,应加快推广应用。

关键词 冷轧带肋钢筋; 预应力砼空心板; 现浇楼板; 叠合板

中图分类号 TB302.3

概述

冷轧带肋钢筋是一种新型高效建筑钢材,它以普通低碳盘条或低合金盘条经多道冷轧减径和一道压肋最后形成带有三面月牙纹的钢筋,具有强度高、延性好、与砼粘结锚固性能优良等优点。LL650 级冷轧带肋钢筋用于预应力砼空心板可代替冷拔低碳钢丝,每立方米砼可节省 50kg 水泥,应用 LL800 级冷轧带肋钢筋可节约钢材 20%,LL550 级冷轧带肋钢筋用于现浇砼楼板或预制构件代替 I 级园钢,可节约钢材,有着明显的经济、社会效益,是国家计委、建设部重点推广的十项建筑新技术之一。

本文在大量试验研究基础上,研究与确定了冷轧带肋钢筋砼板类构件工作性能的特征与承载能力,为其在工程中的推广应用提供了坚实的科学基础。其具体成果之一,即是对即将出版发行的河南省通用建筑标准设计图集《冷轧带肋钢筋预应力砼空心板》(96YG203)的设计结果进行了验证与调整,确保了该图集的质量达到国家规范规定的要求。

1 冷轧带肋钢筋预应力砼空心板

1.1 试件材料与制作

1.1.1 预应力主筋与混凝土

板受力主筋采用 LL650 级冷轧带肋钢筋,实测极限抗拉强度平均值 664MPa,延伸率 4.51~6.7%,冷弯指标合格。冷轧带肋钢筋母材为 Q235Φ6.5mm 高速线材盘条。

混凝土设计强度等级为 C25。砼配合比为水:水泥:砂:石子=0.51:1.0:1.98:3.68,采用 425# 普通水泥或 425# 矿渣硅酸盐水泥,试验时板混凝土强度实测值平均值 25.4MPa。

1.1.2 试件制作

板张拉台座长 100 米,预应力筋张拉控制应力取 $0.6f_{ptk} \sim 0.7f_{ptk}$ 。张拉后一小时预应力检测值测定符合规范要求。在混凝土强度达到规定值时,放张钢筋。试件在露天自然条件养护至规定龄期,并且达到混凝土强度设计值时,进行板的试验。

试件情况见表 1。

1.2 试验概况

本文进行了 41 块冷轧带肋钢筋混凝土空心板的结构性能试验，并汇集 28 块板试验数据，共进行了 69 块板试验研究。

试验板的跨度为 2.4m、2.7m、3.0m、3.3m、3.6m、3.9m、4.0m、4.2m，板的高跨比为 1/18.8~1/33.8，板宽 0.5m、0.6m、0.9m、1.2m。

板按均布荷载加载，支座为简支。每级荷载加荷后静置 10~15 分钟，测量记录各种试验数据，描述试验现象。在正常使用短期荷载检验值作用下进行挠度检验，测定板的开裂荷载，极限破坏荷载与相应破坏标志。

1.3 试验主要结果与分析

试验主要结果列于表 1。

1.3.1 荷载——挠度曲线。

试验板的荷载——挠度曲线见图 1、图 2

从荷载——挠度曲线可见，在荷载较小时挠度与荷载关系呈线性。当出现裂缝后，荷载与挠度关系呈非线性，对于较小跨板 ($L < 3.0\text{m}$)，板至破坏前，挠度发展不快，最大约为 $(1/690 \sim 1/725) L$ 。对于较大跨度 ($L < 3.9\text{m}$) 板在破坏前，挠度可有较明显发展，约为 $(1/217 \sim 1/450) L$ 。对于大跨度板 ($L \geq 3.9\text{m}$)，板破坏前，挠度有大的发展，多达到 $L/50$ 。上述现象反映了随板高跨比由大到小，板抗弯刚度改变的影响。

1.3.2 板的挠度

试验板在正常使用短期荷载检验值 Q_s 作用下的短期挠度实测值均能满足规范规定的允许值，说明试验板有着良好的刚度性能。

1.3.3 抗裂性能

当加荷到试验板下边缘砼受拉应变到达 $150 \sim 350 \mu\epsilon$ 时，在试件跨中约 1/3 跨度区段内砼出现开裂，抗裂检验系数实测值与抗裂检验系数允许值的比值范围：1.13~2.74，说明试验板均满足抗裂检验要求，显示试验板均有良好抗裂性能。

1.3.4 裂缝分布与开展

从试验现象看到，对于板跨度 $L \geq 3.0\text{m}$ 的试件，从受拉区砼开裂至构件破坏，裂缝的发展经历了一个较长的过程。板初始开裂时，一般出现 1~5 条裂缝，分布于跨中区段，裂缝间距约为 10~25cm。随荷载增加，裂缝数量增多，裂缝宽度缓慢增加。与同跨度冷拔丝预应力砼空心板相比较，试验板裂缝数量多，宽度细小，分布均匀，延伸高，可进入板截面高度 2/3 而保持裂缝仍能在一定荷载范围内稳定发展。至试件破坏前，裂缝宽度一般约在 0.1~0.5mm，表现了冷轧带肋钢筋预应力砼空心板有更好的结构受力工作性能。对于较小跨度 ($L \leq 2.7\text{m}$) 的板，裂缝出现较晚，一般临近破坏荷载，开裂荷载与极限破坏荷载较为接近。

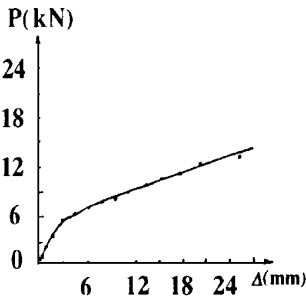


图 1 YKB2761

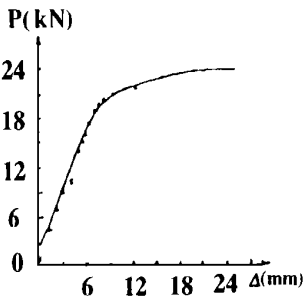


图 2 YKB3652

1.3.5 板破坏特征与极限破坏荷载

从试验看,随着板跨度和配筋率的增加,板的破坏特点有所不同,对于低配筋率的板,当板跨度小时,由于板的跨高比较大,板具有较大的抗弯刚度,从受荷直至破坏前,板变形较小,开裂亦较晚,其破坏特征为:在板出现裂缝后,板即进入极限承载力破坏状态,主筋拉断而破坏。破坏时裂缝有 1~3 条,裂缝宽仅 0.01~0.1mm。极限荷载实测值与计算规定值比值为 1.20~1.73。

当板跨度较大时,板表现出明显延性工作性能,挠度发展较大,裂缝出现早,数量密集,且有 5~12 条裂缝,发展稳定,最后因主筋拉断或因挠度>L/50 或因裂缝宽度>1.5mm 而破坏。极限荷载实测值与计算规定值比值为 1.14~1.40。

值得提到的是,冷拔丝钢筋预应力砼空心板发生板折断破坏时,在板断裂处,出现由粘结锚固性能差使主筋被拔出弯折而不断现象,或发生端部钢丝回缩。在本文所有试验板中,从未出现上述情况,表明了冷轧带肋钢筋具有优良粘结锚固性能,对提高板的质量和性能起到显著的作用。

2 现浇砼楼板与叠合板

2.1 钢筋的等强代换

在现浇楼板或叠合板预制底板中可采用 LL550 级冷轧带肋钢筋做主筋和分布钢筋,当它作受力主筋时,抗拉强度设计强度按 340MPa 采用。由于现浇楼板的刚度一般较大,以冷轧带肋钢筋代换 I 级圆钢时 (设计强度为 235MPa),只需等强代换,即根据等强度代换公式:

$$A_{so} \cdot f_{yo} = A_{sl} \cdot f_{y1}$$

则代换后钢筋总截面积

$$A_{sl} = \frac{f_{yo}}{f_{y1}} \cdot A_{so} = \frac{235}{340} \cdot A_{so} = 0.691A_{so}$$

其中: A_{so}、A_{sl} —— 分别为代换前后钢筋面积
f_{yo}、f_{y1} —— 分别为代换前后钢筋设计强度值
即可节约主筋 30%。

2.2 叠合板预制底板试验

2.2.1 共进行了二种尺寸的叠合板预制底板试件的试验。试验 A: 共两块预制底板,板厚 40mm,平面尺寸 2.1m×3.0m, C30 砼,底板配筋 34Φ5。上部现浇层 50mm 厚, C20 砼,简支加荷。

试验 B: 一块预制底板,板厚 40mm,平面尺寸 2.0m×3.9m, C30 砼,底板配筋 43Φ5。上部现浇层 60mm 厚, C20 砼,按连续板试验,加荷采用堆载法进行。

2.2.2 试验概况与主要结果

试验测量加载按照《预制砼构件质量检验评定标准》(GBJ321-90) 进行。试验结果表明:

(1) 板的工作性能 (包括抗裂性、挠度、裂缝宽度) 与承载力均满足国家规范规定。当达到最大挠度时,跨中钢筋全部断掉,板破坏,后浇砼与预制砼之间无滑移与开裂。

(2) 采用冷轧带肋钢筋叠合板预制底板,单板面积可达 8m² 左右,不需施加预应力。

2.2.3 经济效益

(1) 现浇楼板中,以冷轧带肋钢筋等强代换 I 级圆钢,可节约钢材达 30%。

(2) 在叠合板中, 比如采用 40mm 厚冷轧带肋钢筋预制底板、50mm 厚现浇层的叠合板与荷载等级相同的 90mm 厚钢筋砼现浇板相比, 综合考虑模板、钢筋、砼运输安装等费用, 叠合板平均降低造价 15~25%。

(3) 在一般砖混结构中, 以叠合板代替预应力砼空心板, 可改善结构整体性, 对抗震极为有利。如 3.3m 跨度板, 采用宽 2m, 40mm 厚预制底板、50mm 厚 C20 砼现浇层, 则其每平方米用钢量低于预应力砼空心板, 每立方米砼节省 40kg 水泥。

3 结 束 语

基于本文 72 块板类构件的试验研究表明:

- (1) 冷轧带肋钢筋在板类构件中有着广阔的应用前景和优良的社会经济效益。
- (2) 与冷拔丝钢筋预应力砼空心板相比较, 冷轧带肋钢筋预应力砼空心板表现了明显的延性工作特征和与混凝土优良的锚固性能, 大大改善了冷拔丝钢筋预应力砼空心板脆性破坏的特性, 有着良好的结构工作性能, 提高了混凝土空心板的工作安全可靠。同时, 砼强度等级由 C30 降为 C25, 平均每块板降低成本约 3 元人民币。河南省全省按每年生产 2000 万块板计 (1996 年统计数字) 直接经济效益达 6000 万元人民币。
- (3) 在砖混结构大开间住宅体系中采用冷轧带肋钢筋叠合板可代替预应力空心板, 降低钢筋与水泥用量, 有着明显的技术进步意义和经济效益。

参 考 文 献

1 冷轧带肋钢筋应用技术·江苏省建研院
2 郭乐工·冷轧带肋钢筋砼预应力砼空心板 (96YG203) 结构性能试验研究总报告·河南省工程建设标准设计管理办公室·1997 年 2 月
3 郭乐工主编·混凝土构件结构性能检验手册·河南省科学技术出版社·1996 年
4 河南省通用建筑标准设计图集·冷轧带肋钢筋预应力砼空心板 (96YG203)·河南省工程建设标准设计管理办公室·1997 年 6 月

Experimental Research and Application of Concrete Slab Members with Cold-Rolled Ribbed Steel Wires and Bars

Guo Legong Liu Zhongyu Li Xiang* Fan Yingfang
(Zhengzhou University of Technology)
(*Zhengzhou Company of Chinese real estate)

Abstract Based on the tests of Seventy-two concrete slab members with cold-rolled ribbed steel wires and bars, the working behavior, ultimate bearing capacity and the economic benefit of the prestressed concrete hollow slabs, concrete slab in situ and laminated concrete slab with cold-rolled ribbed steel wires and bars have been deeply analysed and researched in this paper. The results of the experiments and researches carried out here show that there are the wide uses and the hugely economic benefits of concrete slab members with cold-rolled ribbed steel wires and bars.

Keywords cold-rolled ribbed steel wires and bars; prestressed concrete hollow slab; concrete slab in situ; laminated slab