

带肋预应力叠合板运用于钢结构工程中的实践探究

朱志峰¹ 孔亮²

1. 山东建筑大学设计集团有限公司; 2. 山东三箭建设工程股份有限公司

摘要:当前,我国钢结构工程的建设数量逐渐增多,在钢结构工程建设过程中,叠合板应用的频率相当高,与传统叠合板相比,带肋预应力叠合板具有更加明显的技术优势,能够显著提升钢结构工程建设质量与效率。本文通过对相关文献进行查阅,首先,对带肋预应力叠合板的特点及其技术优势进行了简要论述,结合相关科学理论知识,以实际工程案例为研究对象,对带肋预应力叠合板的特点及其技术优势在钢结构工程中的运用策略、运用思路进行了综合探究。希望本文的研究内容能够为带肋预应力叠合板在钢结构工程建设领域的应用质量提升提供一定理论支持。

关键词:带肋预应力叠合板; 钢结构工程; 双向受力

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.025

前言

在19世纪50年代混凝土诞生以来,混凝土就在建筑工程中得到了相当广泛的应用,极大提升了建筑工程的整体强度与使用寿命。但是在实践中,技术人员发现,现浇混凝土结构、预制混凝土结构均存在各自的优势与弊端,为了适应一些特殊应用场景,一种兼具现浇混凝土结构和预制混凝土结构优点的装配整体式结构应运而生,混凝土叠合技术就是其中的典型代表。20世纪20年代,叠合板技术开始逐渐成熟,并逐步应用于建筑工程领域,在早期阶段,叠合结构主要应用于桥梁工程中,并发挥出了较为明显的优势。20世纪50年代,预应力技术开始出现,部分技术人员开始将预应力应用于混凝土叠合结构中,并在之后不断发展,本文以带肋预应力叠合板技术为主要研究对象,对其在钢结构建筑工程中的应用情况进行深入分析。

一、带肋预应力叠合板的特点

带肋预应力叠合板在钢结构工程中的应用十分普遍。主要存在以下几种技术特点:(1)与常规叠合板相比,带肋预应力叠合板存在肋这一特殊结构,在运输、施工等过程中具有较强的稳定性与安全性,不容易折断,预应力反拱值能够得到有效控制。(2)带肋预应力叠合板的整体性相对较好,具有更强的承载力^[1]。

(3)带肋预应力叠合板上预留长方形孔,孔内布置横向钢筋后能够形成双向受力楼板,在混凝土浇筑完成后,能够形成“销栓”效应,增加叠合后楼板的整体性与抗剪能力,预留孔洞还能够便于楼板内预埋管线的布置,进而提升施工的便捷性。(4)带肋预应力叠合

板在施工时,不需要进行模板铺设,只需要提供少量支撑即可,相较于其余板材,能够显著节省木模板、支撑,进而减少现场作业量,最终加快施工进度。(5)综合经济效益相对较高。带肋预应力叠合板施工能够节省1/3左右的施工时间,同时还能节约一定数量的钢材、木材应用,显著降低工程造价,其经济效益十分明显^[2]。

二、带肋预应力叠合板技术优势分析

带肋预应力叠合板的性能优势通常较为明显,本文结合《混凝土结构设计规范》(GB50010 2012)、《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ 1-2014)等文件中的具体内容,对其技术优势进行简要分析^[3]。

标准叠合板的外观尺寸为2000mm×1200mm×120mm,底板厚40mm,板肋高90mm、板肋宽200mm、现浇层厚80mm。通过钢筋绑扎、挤压设备入场、挤压、产品成型、产品切割、切割完成这一制作流程完成产品制作,制作难度相对较低,对于厂家的技术水平要求通常不高。

带肋预应力叠合板的承受能力结构、变形有着比较明显的特点,例如,在带肋预应力叠合板,当挠度为 $L_0/50$ 时,带肋预应力叠合板的跨度界面参数就可以通过对混凝土、钢筋结构的屈服强度计算出来,其截面参数值就会低于其抗弯性承载能力的参数值。同时,截面参数值就会低于其抗弯性承载能力的参数值极限弯矩压力、实际测量弯矩压力的比值通常大于1,在计算时并不会出现带肋预应力叠合板的参数值面剪切损坏问题。在底板测试过程中,当带肋预应力叠合板的挠度超到 $L_0/50$ 时,一般也不会对叠合板表面结构造成比较严重的影响,这证明带肋预应力叠合板中间的凹槽能够显著提升其抗压强度,由此可知,当带肋预应力叠合板应用于钢结构工程建设领域中,一般不需要采取传统的、建立支撑结构的施工方式^[4]。

三、带肋预应力叠合板运用于钢结构工程中的实践探究

(一)工程概况

为了便于分析研究,本文所研究的工程暂命名为X工程,X工程属于典型的住宅工程项目,整体建筑层数为16层,分为15层地上建筑以及1层地下建筑,建筑工程总高度为60m,属于一类高层建筑,耐火等级为一级,结构形式为钢框架支撑体系。X工程所有楼板均采用带肋预应力叠合板进行建设,整体使用面积约为

10000平²。

(二) 带肋预应力叠合板设计与生产

在设计阶段，应当充分结合建筑工程的实际情况进行带肋预应力叠合板的设计工作。其基本原则如下：

(1) 应当满足建筑物承载力、荷载要求，这是带肋预应力叠合板设计的核心原则。(2) 在带肋预应力叠合板设计过程中，应当充分你考虑现场实际情况，包括施工现场环境、施工现场布置、起重设备起重量、机电管线等诸多条件，通常需要应用BIM技术进行深化设计^[5]。

结合实际案例，X工程项目的楼板大多为4m×3m的规格标准，其尺寸相对较大，运输、施工难度均相对

较大，为了提升施工便捷度，设计人员决定采用分段方式进行设计，即将带肋预应力叠合板宽度分为单肋板0.4m、0.5m两种，双肋板1m，根据实际施工需求，可以采取两种类型相结合的布置方式。工程施工应用带肋预应力叠合板应当对其规格进行有效控制，长度为3.04m，宽度为0.99m。此外，带肋预应力叠合板配筋选择需要根据楼面荷载情况进行综合判断，在X工程中，主筋选择直径5mm低松弛消除预应力螺旋肋钢丝、双肋底板短边钢筋，负弯矩筋选择HRB400级直径8mm钢筋。实际工程中带肋预应力叠合板尺寸及配筋的具体数据如表1所示^[6]。

表1 实际工程中设计带肋预应力叠合板尺寸及配筋的具体数据

编号	板长/mm	板宽/mm	预应力主筋			分布筋		
			根数/根	长度/mm	质量/kg	根数/根	长度/mm	质量/kg
YDB2709	2630	880	10	2730	3.85	15	850	1.25
YDB2712	2630	1180	14	2730	5.39	15	1150	1.69
YDB3009	2930	880	12	3030	5.13	16	850	1.33
YDB3012	2930	1180	14	3030	5.98	16	1150	1.80
YDB3309	3230	880	12	3330	5.63	17	850	1.42
YDB3312	3230	1180	14	3330	6.57	17	1150	1.92
YDB3509	3430	880	12	3530	5.97	17	850	1.42
YDB3512	3430	1180	14	3530	6.97	17	1150	1.92

在具体设计完成之后，相关工作人员应当联系具有相应资质、机械化生产线的专业生产厂家，只有这样才能生产出符合设计要求、质量合格的带肋预应力叠合板。

(三) 带肋预应力叠合板试验

为了提升应用质量，在将带肋预应力叠合板应用于

工程实践之前，需要采取试验方法对带肋预应力叠合板的形变特点、受力性能进行综合分析。试验构件尺寸及配筋表按照表1中的内容进行确定，试验方法包括混凝土轻度试验、加荷试验、开裂试验、破坏实验等。表2为试验构件实际参数以及部分实验数据内容。

表2 试验构件实际参数以及部分实验数据内容

板编号	板长/mm	板宽/mm	底板混凝土强度	叠合层混凝土强度	加和前挠度/mm	正常使用荷载/(kN/m)	开裂荷载/(kN/m)	破坏荷载
YDB2709	2635	883	40.1	-	-4.5	3.01	3.6	4.32
YDB2712	2630	1182	39.2	-	-2.5	3.01	3.9	3.86
YDB3009	2940	876	47.3	-	-6.5	3.01	3.5	3.42
YDB3012	2920	1179	42.6	33.4	-1	4.72	7.6	8.89
YDB3309	3235	882	45	35.1	1.5	4.72	6.5	7.85
YDB3312	3240	1181	49.2	36.7	0.9	4.72	7.0	7.93

注：破坏荷载为挠度达到L₀/50对应的荷载。

根据上述内容可知，此类叠合板在实验中的强度表现相对较好，基本能够满足工程实践需求，为此类带肋预应力叠合板在施工中不加支撑提供了充足的强度与结构依据。只要施工中不出现其他问题，带肋预应力叠合板的强度、挠度具有很高的安全储备。

(四) 带肋预应力叠合板运输与存储

带肋预应力叠合板运输与存储也是非常重要的，均能够在一定程度上影响带肋预应力叠合板产品的综合质

量。在本项目中，运输需要注意以下几点：(1) 运输应当采用专业的运输支架，并采用阻尼橡胶垫进行支座设置，这种方式能够有效降低运输过程中带肋预应力叠合板出现破损、变形的可能性。(2) 做好运输路线规划，保证整个运输流程的平稳性，防止由于运输路线载重、高度等限制影响运输效率。(3) 对运输车辆振动情况进行综合分析，对带肋预应力叠合板的固定方式进行科学设计，防止运输过程中由于车辆震动导致带肋预

应力叠合板本身出现比较严重的损伤情况。(4)需要结合施工进度进行带肋预应力叠合板运输计划表,需要在满足节点工期施工、保证运输安全两个层面寻找一个平衡点。

在运输到场地之后,相关技术人员应当遵循“用一备一”的基本原则进行堆放存储,在该项目建设过程中,每层施工所需要的带肋预应力叠合板面积约为 300m^2 ,在此基础上,带肋预应力叠合板堆放应当注意以下几个基本要点:(1)带肋预应力叠合板叠放高度应当控制在7层及以下。(2)带肋预应力叠合板堆放场地的投影面积应当控制在 80m^2 左右。(3)带肋预应力叠合板堆放应当事先对其场地进行全面、有效处理,做好排水、场地平整等工作,并在其两端 20cm 处加设垫木,其目的在于保证其应用质量。(4)技术人员应当对带肋预应力叠合板进行编号,并根据施工规划确定堆放位置^[7]。

(五) 带肋预应力叠合板吊装

带肋预应力叠合板吊装是整个施工过程的核心内容,在实践中的具体操作思路如下:(1)管理人员应当充分结合施工特点、施工实际要求,对吊装施工人员进行技术指导、技术交底、施工安全教育,要求其在吊装过程中严格按照施工标准、编号顺序进行吊装作业。

(2)在实际吊装施工过程中,为了保证带肋预应力叠合板吊点受力的均匀,需要在施工中专门设置横梁式吊具,应当包括四条吊索,每条长度应当相等,吊索、构件的水平夹角应当控制在 60° 及以上。(3)吊装操作应当严格按照起吊、静停、就位、初校、细调的标准流程进行施工,同时还应当遵循慢起、快升、缓放的基本原则。(4)在叠合板吊装到位之后,技术人员需要对相邻叠合板的接缝高差进行校核,如果两者之间的差距在 2mm 以上,则需要重新进行吊装施工。

(六) 带肋预应力叠合板施工

带肋预应力叠合板施工需要严格按照标准流程进行,具体分为钢筋绑扎、混凝土浇筑、后期养护三个阶段。在实践中主要存在以下几个注意事项:(1)钢筋绑扎阶段。在进行钢筋绑扎之前,技术人员应当对叠合板表面进行全面清扫,保证其表面的干净与整洁,这是钢筋绑扎能够顺利进行的基本前提。在钢筋绑扎过程中,技术人员需要以钢筋间距为依据,采取弹线绑扎方式进行施工,这种操作方式不仅能够取得较好的绑扎效果,同时还能避免局部钢筋堆载较大的情况出现^[8]。

(2)混凝土浇筑阶段。在混凝土浇筑之前,技术人员同样需要对混凝土表面进行全面清理,清除上方存在的诸多杂质,保证带肋预应力叠合板面部的清洁,同时还应使其保持湿润状态,但不应存在积水。在混凝土浇筑过程中,相关技术人员应当采取中间→两边的浇筑方

式,对于混凝土现浇、叠合层交界处,技术人员应当对其进行充分振捣,提升整体结构的密实度,混凝土布料应当具有较强的均匀性,防止影响整体负载的均匀性,布料堆积的高度控制主要根据叠合层的厚度以及施工可变荷载值的内容进行判定。(3)后期养护。在混凝土浇筑完成后,往往需要对其进行为其 14d 以上的后期养护工作,养护应当根据混凝土强度进行设计,在混凝土强度达到预期设计强度的70%以上时,才能对其支撑进行拆除,在达到与其设计强度100%之后,才能完全拆除下部支撑。

结论

纵观全文,带肋预应力叠合板具有刚度大、抗裂性强、弹性恢复性能好等重要优势,在实践中能够很好地解决当前建筑行业中住宅楼楼板易开裂合一问题。此外,在带肋预应力叠合板应用过程中,其底板部位已经完成了收缩,在一般情况下通常不会再出现收缩裂缝问题,同时,这种方法对于后期预应力叠合板施工也能够发挥一定的抗裂作用,与传统技术相比,这种带肋预应力叠合板技术具有十分明显的技术优势,在施工周期比较短的钢结构工程中具有比较好的适应性特征,由此可见,带肋预应力叠合板在钢结构中应用具有良好发展潜力,值得相关专家、学者对带肋预应力叠合板在实际工程中的应用策略进行深入研究。

参考文献

- [1]袁佳佳,王洪欣,李晓丽,王庆华.一种新型预制预应力带肋叠合楼板及工程应用[J].住宅与房地产,2021(23):36-41.
- [2]王洪欣,王庆华,黄朝俊,李晓丽,石磊.大跨度预应力混凝土带肋叠合板力学性能试验研究与工程应用[J].建筑结构,2021,51(13):110-113+21.
- [3]石磊,王洪欣,王庆华,李晓丽.预应力带肋混凝土叠合板力学性能分析[J].建筑结构,2021,51(S1):1135-1141.
- [4]胡溶川.带肋预应力叠合板在钢结构工程中的应用[J].城市住宅,2020,27(11):194-195.
- [5]王庆华,樊则森,孙占琦,王洪欣,石磊,李晓丽.预应力带肋叠合板力学性能试验研究[J].施工技术,2020,49(08):9-12.
- [6]姜德文,黄海林,祝明桥,张明亮,黄曙.预制预应力带肋底板混凝土叠合板的受弯疲劳性能试验研究[J].工业建筑,2020,50(03):76-83.
- [7]呼辉峰.预应力混凝土带肋底板叠合板静力性能研究[D].重庆大学,2019.
- [8]孟宪宏,沙连凯,佟林,杨学会.预应力带肋板与叠合板抗弯性能试验[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2017,33(01):77-85.