

几种新型钢梁体系综述及应用前景

张凤良¹ 周清汉¹ 张小葵²

1. 中机国际工程设计研究院有限责任公司; 2. 湖南省高速公路集团有限公司

摘要: 随着钢结构的不断发展, 学者们对钢梁形式的探索与研究也在不断深入。本文对新型高强钢-混凝土组合扁梁、新型波纹腹板钢梁、空翼缘梁、蜂窝梁四种新型钢梁体系, 从研究技术、应用现状、发展前景及存在问题等方面进行简要分析概括与说明, 介绍了不同钢梁体系的特点、优势及性能。

关键词: 新型高强钢-混凝土组合扁梁; 新型波纹腹板钢梁; 空翼缘梁; 蜂窝梁

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.052

前言

钢材作为可重复使用的绿色建材, 具有优异的抗震性能, 在大型组合结构中的应用逐渐增多^[1]。钢结构具有强度高、自重轻、刚度大等优点, 其构件大部分可以实现工厂化制作, 便于标准化及推广使用。早期的钢结构建筑主要应用于日本和欧美等发达国家, 我国钢结构建筑设计起步较晚, 改革开放前基本不使用钢结构, 在80年代引入钢结构技术后, 钢结构在超高层和巨型建筑中的使用开始逐渐增加^[2]。2016年, 国务院发布的对于发展装配式建筑的指导意见中提出, 要提高绿色建材在装配式建筑中的应用比例, 积极探索发展装配式建筑, 钢结构建筑作为天然装配式结构具有显著的优势^[2-3]。

传统钢结构常采用用工字型截面作为水平受力构件。工字型截面具有受力清晰、抗震性能好、抗弯能力强、施工简单、结构自重轻等优点, 在工程中被广泛运用。随着建筑要求的不断提高, 国内外学者对钢梁的材料、构造、节点等方面的优化、探索与应用也在不断发展。本文针对的几种全新的钢梁体系, 介绍了国内外新型钢梁的研究进展与发展方向。

一、新型高强钢-混凝土组合扁梁

随着技术的不断革新, 钢-混凝土组合梁在工程中应用愈加广泛, 其计算方法和受力机理已经写入最新钢结构规范。这种结构充分发挥了材料特性, 混凝土楼板通过栓钉与钢梁连接, 由楼板代替钢梁上翼缘受压, 钢梁下翼缘受拉。这种做法可以充分减小钢梁上翼缘宽度, 节约成本, 如宁德时代电芯厂房中的夹层, 便大量采用这种组合结构。

为了进一步减小梁高, 组合扁梁将钢梁整理埋入混凝土板中。它充分考虑了楼盖对梁刚度的加强作用, 如图1, 利用钢材和混凝土之间的粘结力实现二者的共同工作, 使其具有提高建筑净高、加快施工速度、节约模板等优势、更可以有效的利用混凝土的耐火性能, 改善

钢结构防火能力不足的缺陷, 节约防火涂料等。与其他组合梁相比, 组合扁梁楼盖的下表面平整, 空间美观, 利于房间分隔, 一定的楼板厚度更有利于预留预埋管道线路, 提升室内整体观感。钢-混凝土组合扁梁楼板体系在工程上已开始应用^[5]。

近年来由于技术进步, 高强度钢的应用逐步拓宽。在钢-混组合梁中运用高强度钢材, 可以进一步发挥组合梁优越的结构性能。从原理上看, 钢-混凝土组合扁梁结构类似于用钢梁代替了无梁楼盖中的密肋或加强带, 其加工难度与施工工艺较无梁楼盖来说均有优化, 为进一步方便预留预埋, 可以考虑采用高强度钢材, 并在钢梁腹板上均匀开孔, 便于减轻自重、加强粘结力、方便管线铺设等。

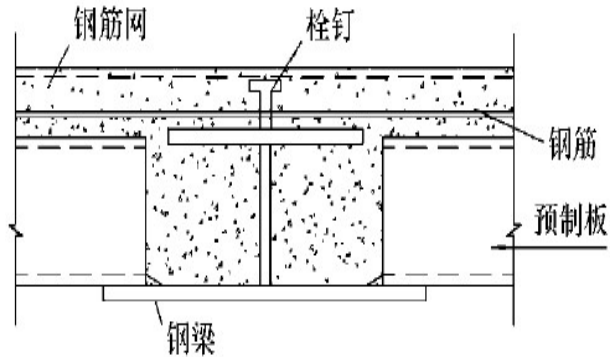


图1 组合扁梁

二、新型波纹腹板钢梁

现行钢结构规范中, 为防止工字钢梁腹板部失稳, 通常需要对腹板设置加劲肋。加劲肋焊接工作量大、加工难度高、提高用钢量, 焊接的残余应力更对于腹板性能有一定影响。将评职腹板按照一定规律弯折加工成波纹状(图2), 在平面外有效形成起拱效应, 可以提高腹板的屈曲临界力, 提高腹板局部稳定性。

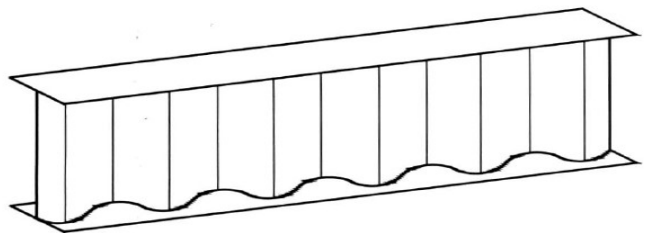


图2 曲线形波纹腹板工字钢

波纹腹板钢梁与传统的平腹板钢梁相比, 具有如下优势:

1) 波纹腹板极大地提升了板材的抗剪切屈曲能力与抗剪承载力,腹板局部稳定性大大提高,可以有效降低腹板厚度。

2) 以板材本身的波纹代替了腹板加劲肋,有效规避残余应力对腹板产生的影响,减免焊接工作量、充分发挥材料特性。在相同承载能力情况下,波纹腹板钢梁自重降低约为30%。

3) 波纹腹板屈曲模式变得可控,更有利于设计研究,特别是性能化设计。在一定程度上可以规避由初始缺陷引起的屈曲现象。

4) 在大跨度型钢混凝土结构中,波纹腹板钢梁由于没有加劲肋,避免了在灌注混凝土时常遇到的困难,如加劲板附近混凝土不密实,形成空鼓等,降低施工难度,加快施工进度。在维修费用和美学等方面也具有一定竞争力。

国内学者提出了一种新型波纹腹板钢梁——折线形腹板工字钢梁,即钢腹板沿长度方向加工成折线。折线的棱相当于板上加劲,使其受力更接近于相邻板件相互支承。

与正弦曲线形波纹板梁相比,折线形腹板屈曲强度更高,加工难度更小;折线形腹板钢梁的翼缘宽厚比呈线性变化,结构概念更为清晰,更有利于工程应用。

然而,目前国外对波纹腹板钢梁的研究仍在继续,由于改变了传统钢梁的受力模式,其设计方法、整体稳定等还需要进一步在研究及工程中实践探索。

三、空翼缘梁

20世纪末,澳大利亚学者便提出了空翼缘梁(HFB),该种梁将传统钢梁上翼缘替换为由冷弯薄壁型制成的空心截面,上翼缘受力模式变为两边支撑,具有更大的宽厚比与更好的抗弯、抗扭能力,使得梁平面外稳定性能得到较大提高。同时,冷弯薄壁型钢自重轻、加工简单,使得该种结构具有更好的经济性与材料利用率。

常见的空翼缘梁通常有三角形空翼缘梁和五边形空翼缘梁。顾名思义,其上翼缘分别由冷弯薄壁型钢弯折成的三角形或五边形截面组成。这两种构造的钢梁扭转惯性矩明显增大,有利于提高构件的稳定承载力,减小钢梁自重。但由于壁厚较薄,该种截面难以承受局部集中荷载,易发生局部失稳,需要在设计时通过设置加劲肋或填充材料来改良,如在空翼缘内填充混凝土或增加加劲肋等,但这无疑增加了施工难度与结构自重。由于HFB梁的破坏模式区别于传统钢梁,需要专门针对这种结构进行设计方法研究。

四、蜂窝钢梁

蜂窝钢梁是指H型钢(或普通热轧工字型钢)腹板按一定规则切割、错位焊接而成,或者直接在其上开孔

形成的钢梁。按照在腹板上开孔形式的不同,可分为六边形孔、圆孔等。

蜂窝钢梁由于其加工特点和外形特征,使得它相较于实腹式钢梁具有以下特点:

1) 经济性好:蜂窝钢梁自重轻,相对于实腹式钢梁,腹板开孔不但节省材料的用量,通过增高截面高度,还可显著增大截面抗弯承载力,充分发挥材料性能,节约造价。

2) 空间性好:蜂窝钢梁腹板上的孔洞便于各种管道的穿梭,最大限度地增加建筑净高。

蜂窝钢梁目前在国内主要用于工业建筑以及各种大跨结构中,而在民用建筑中的应用相对较少。但随着建筑行业的发展,建筑中管线管道敷设愈加复杂,人们对建筑空间的要求也越来越高。蜂窝钢梁的优势,使得其在民用建筑中的应用前景更加广阔。

虽然国内外专家已经对蜂窝钢梁的许多方面进行了研究,但其距大范围应用仍有一段距离。蜂窝钢梁外形特征决定了它的整体稳定性和局部稳定性较实腹式钢梁差,抗震性能较弱;同时,由于腹板的开孔,使得它的抗火性能较弱,需要在实腹式钢梁基础上,增大防火涂料或腹板厚度等。目前为止,蜂窝钢梁设计方法复杂,不易在常规设计中运用。

五、总结

中国钢结构协会第七次会员代表大会提出,钢结构在2025年的目标是,钢结构建筑占比要与目前发达国家先进水平相当,达到20%~30%。这都表明钢结构在未来有更广阔的发展前景。本文介绍了几种全新钢梁体系的原理、发展前景及存在的问题等。这些体系着眼于改善钢梁与楼板的连接、节约使用空间,改善腹板及翼缘的稳定性,提高材料利用率,减轻钢梁自重等。这几种体系各有特色,但普遍存在在理论研究、计算与设计手段不足,在实际工程应用方面还有待进一步完善。

参考文献

- [1]周锡元.中国建筑结构抗震研究和实践六十年[J].建筑结构,2009,39(09):1-14.
 - [2]董璐.四边部分连接钢板剪力墙在低周往复荷载作用下的性能分析[D].大连理工大学,2019.
 - [3]林荣深.双钢板一混凝土联肢剪力墙结构抗震性能研究[D].广州大学,2015.
 - [4]陈全,石永久,王元清,等.带组合扁梁多层轻型钢框架结构体系分析[J].建筑结构,2002,32(2):17-20.
 - [5]陈全.组合扁梁受力性能分析[D].北京:清华大学土木工程系,2002.
- 作者简介:张凤良(1982.8-),男,浙江文成,本科,高级工程师,主要从事建筑工程工作。