

钢框架梁端翼缘 扩翼型和侧板加强型节点的 抗震性能分析

★ 马 辉 著



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS



钢框架梁端翼缘 扩翼型和侧板加强型节点的 抗震性能分析

★ 马 辉 著

中国海洋大学出版社

• 青岛 •

图书在版编目(CIP)数据

钢框架梁端翼缘扩翼型和侧板加强型节点的抗震性能
分析 / 马辉著. —青岛: 中国海洋大学出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-5670-1607-1

I. ①钢… II. ①马… III. ①钢梁—框架梁—抗震性
能—研究 IV. ①TU398

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 262756 号

出版发行	中国海洋大学出版社	
社 址	青岛市香港东路 23 号	邮政编码 266071
出 版 人	杨立敏	
网 址	http://www.ouc-press.com	
电子信箱	wangjiqing@ouc-press.com	
订购电话	0532-82032573 (传真)	
责任编辑	矫恒鹏	电 话 0532-85902349
装帧设计	青岛汇英栋梁文化传媒有限公司	
印 制	日照报业印刷有限公司	
版 次	2017 年 12 月第 1 版	
印 次	2017 年 12 月第 1 次印刷	
成品尺寸	170 mm × 230 mm	
印 张	6.5	
字 数	115 千	
印 数	1—1000	
定 价	28.00 元	

如发现印装质量问题, 请致电 0633-8221365, 由印刷厂负责调换。

摘 要

传统的钢框架梁柱连接节点在美国北岭地震和日本阪神地震中产生了大量的脆性裂纹,这些裂纹大多产生于梁端翼缘焊缝处,随后沿柱翼缘和梁腹板处延伸。震后研究结果表明焊缝处的裂纹制约了焊接节点塑性发展从而导致传统梁柱连接节点抗震性能不强,世界各国通过大量的试验研究和理论分析提出了多种传统梁柱节点的改良形式。本书研究的梁端扩大型梁柱连接节点属于加强型新型延性节点,是一种典型的将塑性铰外移的节点形式,包括梁端翼缘扩翼型和侧板加强型两种节点类型。梁端扩大型梁柱连接节点的工作原理是在距梁端一定范围内将梁端翼缘扩大,迫使塑性铰的形成位置远离受力复杂且脆弱的焊缝,达到减少节点脆性破坏、提高节点延性的设计目的。

本书针对扩翼型和侧板加强型两种节点型式开展了数值分析的研究工作,包括以下两个方面。

1. 根据试验中的扩翼型和侧板加强型节点试件,建立了与试验节点相对应的三维有限元模型,采用 ANSYS 有限元分析软件对试验模型进行了循环荷载下的有限元计算,与试验结果进行了分析比较,验证了有限元分析的准确性与可靠性,并根据日本《钢构造结合部设计指针》建立箱形柱截面侧板加强型节点模型,进行其在循环荷载作用下的承载能力、塑性铰形成发展规律、塑性铰分布及位置、滞回性能、延性性能等方面研究,从而为箱形柱截面梁翼缘侧板加强型节点的设计提供理论分析依据。

2. 利用 ANSYS 有限元软件分别对扩翼型节点、侧板加强型节点建模,进行了循环荷载下的三维非线性有限元分析,系统探讨了梁翼缘扩大段起始位置、扩大宽度、翼缘扩大长度等参数对节点受力、塑性铰分布规律及试件破坏形态、极限荷载、最大塑性转角、滞回性能等影响,并归纳预测了塑性铰发生的位置,对扩翼和加强侧板参数的选取给出了建议参考值。

本书的研究成果可为钢框架节点的抗震设计及探讨新的节点形式提供有价值的理论分析和参考依据。

关键词: 扩翼型节点、延性系数、塑性铰外移、滞回性能

Abstract

Widespread and unpredicted brittle fractures have been found in weld steel beam-column connections (weld-flange-bolted-web connections) of steel frames shaken during the Northridge earthquake and the Kobe earthquake. Such fractures were most often initiated at the bottom flange weld and propagated into the column flange and the beam web. The post-earthquake studies have shown that the traditional seismic behavior of beam-column connections is not good because of the brittle failure prevents the welded moment connections from exhibiting the inelastic behavior expected. Extensive experimentally and numerically studies were therefore conducted to the improved beam-column connections in the worldwide. The beam-to-column connection with beam-end horizontal haunch is a kind of reinforced beam-to-column which is one of the typical forms to move plastic hinge outward from the beam and column interface connections. It includes two categories of connections. One of the two categories is the side plate-reinforced section. The other category is the widen flange section. By widening beam flanges, the plastic hinge will form the welds that have much fracture proneness due to stress concentration and welding sensitivity, reducing the damage of brittle fracture of connections and improving the ductility of the structure.

numerical analysis of widen flange section and side-plate reinforced section including two aspects:

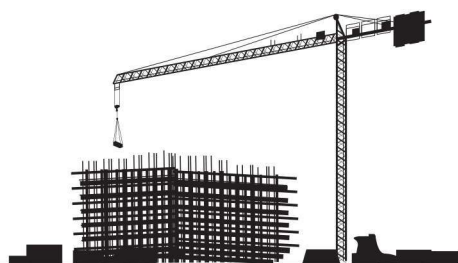
1. According to the test side in widen flange section and side-plate reinforced section, the establishment of the node that corresponds with the experimental three-dimensional finite element model, ANSYS finite element analysis software using the test model was under cyclic loading finite element analysis, and test results are analyzed and compared with finite element analysis verified the accuracy and reliability, and in accordance with Japan's "*Steel Construction with the Department of Design Guidelines*" side of box column section to establish enhanced node model, the cyclic loading in the bearing capacity of plastic hinge formation and development of law, distribution and location of plastic hinges, hysteretic behavior, ductility, and

other aspects of research, so as to box column side-plate reinforced section provide a theoretical analysis of the design of the node basis.

2. ANSYS finite element software have established widen flange section and side-plate reinforced section models, under cyclic loading carried out three- dimensional nonlinear finite element analysis. Section of the beam flange of the starting position to expand, expand the width of the flange length parameters on the node to expand the force, the plastic hinge distribution and failure modes of specimens, ultimate load, maximum plastic rotation, hysteretic behavior and other effects, inductive prediction occurrence of the plastic hinge location, widen flange section and side-plate reinforced section parameters of the recommended reference value is given.

The research results for the seismic design of steel frame and discuss the new node in the form provided valuable analysis and reference.

Key words: widen flange section, side-plate reinforced section, ductility coefficient, plastic hinge, hysteretic property



目 录 Contents

✓ 第1章 绪 论	1
1.1 研究背景	1
1.2 近年来世界各国对钢框架梁柱节点的研究	3
1.3 扩翼型节点国内外研究现状	9
1.4 研究内容	11
✓ 第2章 扩翼型节点试验与有限元分析	14
2.1 扩翼型节点试验	14
2.2 有限元模拟	19
2.3 有限元模型与试验试件破坏形态比较	21
2.4 应力分布	25
2.5 滞回曲线	32
2.6 骨架曲线	34
2.7 节点试件的承载能力及延性性能验证及分析	35
2.8 梁段塑性转角和总转角	36
2.9 本章小结	37
✓ 第3章 梁翼缘侧板加强型节点试验与有限元分析	39
3.1 侧板加强型节点试验	39
3.2 有限元模型	41
3.3 有限元模型与试验试件破坏形态比较	42
3.4 应力分布	46

3.5	滞回曲线	53
3.6	骨架曲线	54
3.7	节点试件的承载能力及延性性能验证及分析	55
3.8	梁段塑性转角和总转角	56
3.9	箱形柱截面有限元分析	56
3.10	本章小结	62
✓	第4章 梁端翼缘扩翼型和侧板加强型节点的分析	64
4.1	WFS 系列节点的扩翼参数分析	64
4.2	SPS 系列节点的扩翼参数分析	75
4.3	本章小结	86
✓	第5章 结论及展望	88
5.1	结论	88
5.2	展望	90
✓	后 记	92
✓	参考文献	93

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景

钢结构建筑在世界上已经得到普遍应用,全世界 58% 的超高层建筑是纯钢结构的,同时国外 65%~70% 的住宅也都采用了钢结构。许多工业发达国家如美国、日本、英国、澳大利亚等,钢结构住宅已较为普及。澳大利亚钢框架住宅占全部住宅数量的 50%,美国多层钢结构住宅技术是一项集轻钢结构、建筑节能保温、建筑防火、建筑隔声、新型建材、设计施工于一体的集成化技术,钢结构在北美金属结构协会的促进下发展很快,在美国普遍的低层住宅中,钢结构住宅所占比例从 20 世纪 90 年代的 5% 已经发展到现在的 25% 以上,而且应用技术日趋成熟、完善。在日本,钢结构建筑的历史有 100 多年,近几年日本钢结构建筑发展很快,建筑物施工中的钢结构所占比例从 1965 年起,每年不断增加,目前占 50% 左右,而低层建筑采用钢结构者已十分普遍,如 5 层以下的低层建筑物,采用钢结构的占到 90% 以上,平均面积 300 m²,每幢建筑使用钢材 300 t 左右。同传统的砖混和混凝土结构住宅相比,钢结构住宅是一种更符合“绿色生态建筑”特征的结构形式。它具有自重轻、地基费用省、占用面积小、工业化程度高、外形美观、施工周期短、抗震性能好、投资回收快、环境污染少等优势,具有较好的综合经济效益。

我国的钢结构起步较晚,随着国家经济实力的增强和社会发展的需要,近十年来,钢结构取得了比较迅速的发展,初步形成了一批有实力的龙头企业如鞍钢、宝钢等。制作钢结构所用的中厚板、型钢、钢管以及涂镀层钢板等产品的质量也有了较大提高,耐火钢、超薄热轧 H 形钢等一批新型钢材相继研制成功,开始应用于各类工程中。比较重要的工程有浦东国际机场、首都国际机场、上海金茂大厦、深圳赛格大厦、大连世贸中心、芜湖长江大桥、上海卢浦大桥、上

海宝钢大型轧钢厂房、江南造船厂仓库、长江输电铁塔、青岛天泰体育场、义乌市体育场、长沙长途汽车站等,这些建筑成为了我国科技进步的象征,在国内外产生了一定的影响。近年来,钢结构正逐步应用于民用住宅中,并开始有所发展。

我国是世界上遭受地震灾害最严重的国家之一,20世纪以来,全世界所有发生在大陆的7级及7级以上地震中,大约有三分之一发生在中国;特别是2008年5月12日14时28分(北京时间)发生的中国汶川大地震^[1](图1.1),震级达到了里氏8.0级,严重受灾地区达10万km²,受灾人数近5000万人。地震发生时,人员的伤亡主要是由于房屋建筑和工程的倒塌以及地震以后的次生灾害。由于遭受地震烈度以及房屋质量有差别,破坏程度也不尽相同,多层砖混结构的房屋多数在墙体上出现剪切斜裂缝或X形焊缝;钢筋混凝土框架结构的震害多发生于柱端(呈强梁弱柱)和节点,柱端水平裂缝、柱端和节点的斜裂缝或交叉裂缝等,框架梁的震害较轻,基本表现为梁端的竖向弯曲裂缝或剪切斜裂缝;而钢结构的厂房或空间网架则在地震中经受住了考验,都基本完好。钢结构强度高、延性好且制作简便,广泛应用于大跨、高层、重载和轻型结构中,是一种经济有效的结构形式。近年来,随着我国钢铁产量的快速增长,钢结构已经得到普遍的应用,大型标志性建筑应用钢结构已经成为趋势。

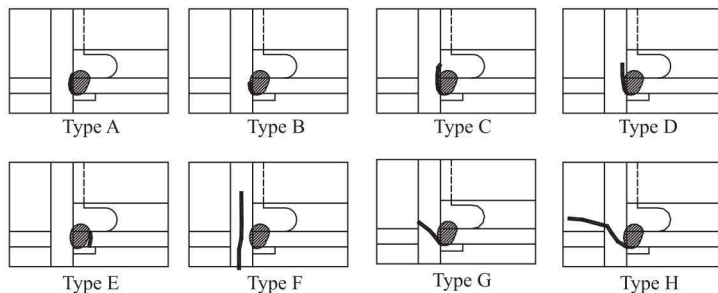


图 1.1 汶川地震灾后照片

长期以来,钢框架梁柱刚性连接一直被认为具有良好的抗震性能,按抗震设计的钢框架,在强震作用下,节点基于材料的延性,能够保证结构产生塑性变形,在梁内而不是柱内产生塑性铰,通过塑性区的形成和转动耗散地震输入的能量,使节点免于破坏,并保证结构的整体性使其免于倒塌,这就是所谓“强柱弱梁,强节点弱杆件”的设计思想^{[2][3]}。

但是在1994年美国北岭地震以及1995年的日本阪神地震中,钢框架梁柱刚性连接节点所表现出来的性能颠覆了传统的看法。大范围的连接脆性^{[4][5][6]}

破坏已经发生,破坏程度由细小的微裂纹到完全的柱截面断裂破坏不等。最常见的破坏形式发生在梁、柱翼缘相交处的焊缝区域,许多连接节点发生脆性断裂,甚至丧失了承载力。在北岭地震中最常见的破坏出现在梁的下翼缘与柱翼缘焊接节点或附近部位,如图 1.2 所示。因此,采取必要措施改善梁柱刚性节点的性能不仅具有重要的理论意义,也具有重大的工程应用价值。



- | | |
|---------------------|---------------------|
| A. 焊缝与柱交界处完全断开; | B. 焊缝与柱交界处部分断开; |
| C. 裂纹沿柱翼缘向上扩展,完全断开; | D. 裂纹沿柱翼缘向上扩展,部分断开; |
| E. 焊趾处梁翼缘裂通; | F. 柱翼缘层状撕裂; |
| G. 柱翼缘裂通(水平或倾斜方向); | H. 裂纹穿过柱翼缘和部分腹板。 |

图 1.2 试验加载装置简图

改善刚性连接节点性能的关键在于能否通过提高节点延性来强化节点的可靠性。人们在对传统梁柱节点进行研究分析的基础上,提出了一些改进的新型节点形式,可分为扩翼型和削弱型两大类。因为柱表面潜在的焊缝缺陷、应力集中等容易导致过早的裂缝,这两种方式均可将塑性铰自柱翼缘外移到距柱面一定距离的梁上,从而避免由于节点变形能力的恶化而导致的脆性破坏。

1.2 近年来世界各国对钢框架梁柱节点的研究

1.2.1 震后各国对钢框架传统节点的研究

自 20 世纪 70 年代起,美国已经普遍开始使用栓焊混合型连接节点。在北岭地震以前,已有专家学者基于此种节点在试验研究中表现出的塑性转角试验数据离散,有的甚至出现脆性断裂的情况,怀疑过这种传统节点的抗震性能,德州大学 Engelhardt 教授甚至提出应在大震时密切关注这种传统节点在地震中的表现,应对它的设计方法和连接构造要进行必要的改进的建议^[7]。

北岭地震证实了这一疑虑,为此 SAC[由加州结构工程协会(SEAOC)、应

用技术研究会(ATC)和加州一些大学的地震工程研究单位(CU)组成的研究机构,简称 SAC] 通过柏克莱加州大学地震工程研究中心(EERC)等 4 个试验场地,进行了以了解震前节点的变形响应和修复性能为目的的足尺试验和改进后的节点试验。对北岭地震前通常做法的节点及破坏后重新修复节点的试验表明,全部试验都观察到了与现场裂缝类似的早期裂缝,试验的特性曲线亦与以前的试验结果相同,梁的塑性转动能力平均为 0.05 弧度,是 SAC 经过研究后确定的目标值 0.03 弧度的 1/6,说明北岭地震前钢框架节点连接性能很差,这与地震中的连接破坏是吻合的,与设想钢框架能发展很大延性的设计意图是违背的。焊接钢框架节点的破坏,主要发生在梁的下翼缘,而且一般是由焊缝根部萌生的脆性破坏裂纹引起的。裂纹扩展的途径是多样的,由焊根进入母材或热影响区。一旦翼缘坏了,由螺栓或焊缝连接的剪力连接板往往被拉开,沿连接线由下向上扩展。最具潜在危险的是由焊缝根部通过柱翼缘和腹板扩展的断裂裂缝。从破坏的程度看,可见裂缝占 20%~30%,大量的的是用超声波探伤等方法才能发现的不可见裂纹。美国斯坦福大学 KRAWINKLER 教授对北岭地震中几种主要连接破坏形式做了归纳分析,表明发生于北岭地震中梁柱连接的破坏模式的主要原因是:① 焊缝存在的缺陷,如裂缝、欠焊、熔化不足或不良、加渣及气孔,由于梁端腹板下翼缘处工艺孔偏小,致使下翼缘焊缝在施焊时实际上中断;② 连接部位的钢材存在三向应力,无法形成侧向收缩或剪切滑移,以致在没有明显屈服现象下就发生脆性破坏;③ 梁柱节点的高应力区集中在梁翼缘的坡口焊缝处;④ 梁翼缘焊缝的焊接衬板边缘缺口效应—焊接工艺所需的衬板在柱翼缘之间形成的“人工裂纹”的尖端处产生应力集中;⑤ 在梁翼缘对应位置的“工”字形柱加劲肋厚度偏薄等^[8]。

阪神地震后,日本建设省建筑研究所成立了地震对策本部,组织了各方面人士多次参加的建筑应急危险度和震害的调查。日本的研究学者在震后的调查中发现,由于焊缝通过孔的存在,引起了梁柱节点在该区域的集中变形,而产生了以工艺孔端点为起点的梁翼缘的脆性断裂^{[9][10]}、贯通横隔板的脆性断裂以及熔透焊接部位的断裂等种种破坏。工艺孔的存在使得下面三个地方出现了变形集中:① 工艺孔底端梁翼缘处;② 直通横隔板和梁翼缘焊接部位的外端;③ 直通横隔板外面和钢管柱焊接部位末端的梁腹板范围位置处^{[11][12]}。

1.2.2 震后钢结构设计的对策

美国解决钢框架连接抗震性能问题的基本途径是将塑性铰外移,塑性铰外

移分为两种基本形式,即削弱型和加强型。削弱型节点是通过削弱梁翼缘或腹板的削弱,使削弱处破坏先于节点破坏,从而起到控制梁塑性铰位置的目的,但是这种削弱会降低梁的承载力,同时也增加了腹板局部屈曲以及梁发生侧向扭转失稳的可能性。扩翼型节点是通过改变节点处构造措施,使梁上塑性铰位置区域在受力时先于节点处屈服,达到保护节点增加塑性变形的目的。

针对日本钢框架在地震中表现出与美国钢框架不同破坏特点的现象,日本震后没有像美国那样采用将塑性铰外移的方案。震后日本的研究主要着眼于动力试验、温度对连接性能的影响、钢材和焊缝的材料性质、发展新材料及新构造上,提出了钢框架梁柱连接节点的构造改进形式,日本震后发表的技术规范中,扇形切角的设置包括不开切角和开切角两大类,并规定扇形切角可采用不同形状,目的也是消除可能出现的裂缝,保证结构的塑性性能^[2]。

我国早期的高层建筑钢结构基本都是国外设计的,我国的设计施工规程是在学习国外先进技术的基础上制定的。由于日本设计的我国高层钢结构建筑较多,我国的设计、制作和安装人员对日本的钢结构构造方法比较熟悉,设计规定特别是节点设计,大部分是参照日本规定适当考虑我国特点制定的,部分规定吸收了美国的经验。目前国内大量采用的传统梁柱栓焊节点连接,在抵抗大地震自然灾害能力方面确实存在着一定的安全隐患。一方面借鉴国外已有的研究成果和信息资料,另一方面加快我国在钢结构新型抗震节点的设计理论和试验研究的步伐,提高我国建筑钢结构抵抗特大地震自然灾害的能力,已经是十分重要和日益紧迫的战略任务。

1.2.3 削弱型节点

削弱型梁柱连接节点是在距离梁端一定距离将梁的截面进行削弱,迫使塑性铰的位置离开受力比较复杂且脆弱的焊缝而出现在梁上,从而使节点的破坏形式为延性破坏,以达到改进连接性能的目的。这类连接形式常见的有梁腹板削弱型连接、腹板切缝型连接以及梁翼缘削弱型。

梁腹板开孔型节点是在梁腹板上靠近梁端柱面处开孔,通过对梁腹板的削弱使开孔处刚度和承载能力减少,通过开孔位置与大小控制连接处塑性铰的形成位置,迫使梁在地震作用下先于梁柱连接处破坏,起到保护梁柱节点的作用[见图1.3(a)]。试验表明,此种试件的梁端塑性转角都在4% rad以上,而且在梁根部的上下翼缘焊缝处没有出现裂纹,但试件的强度出现了较大的退化。腹板开孔型节点主要适用于既存结构的修复,因为由于楼板的存在,对钢梁上

翼缘进行削弱比较困难,而对削弱梁腹板削弱较容易,但其缺点是此种连接方式对节点抗剪不利^{[13][14][15]}。

梁腹板切缝式连接节点是在梁翼缘和腹板间切缝,使梁翼缘和腹板局部隔开,与普通连接相比,其作法就是将在梁腹板靠近柱翼缘处沿翼缘轴线方向切上下两条缝。针对普通连接梁翼缘应力分布不均匀的缺陷,通过切割两条缝来消除梁翼缘应力分布不均匀现象,同时使得塑性铰偏离焊缝出现在切缝的末端,并可有效地防止梁侧向扭转屈曲^[16]。

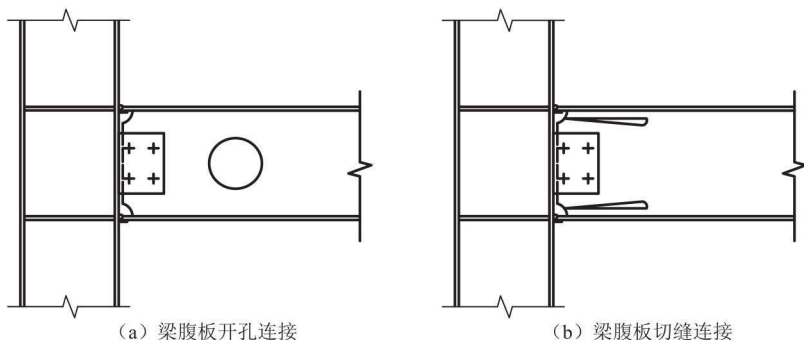


图 1.3 梁削弱型连接形式

狗骨式连接节点属于近几年研究的热点的一种连接形式,其转移塑性铰的方式通过削弱梁的上下翼缘实现。根据切割方式的不同,又可以分为直线削弱式、锥形和圆弧削弱式三种形式,它针对普通连接塑性区小的缺陷,对梁进行合理的削弱,使得较长一段梁几乎同步进入塑性,真正做到了延性设计、充分发挥了钢材的塑性^[17](图 1.4)。此种连接节点的优点是构造简单,受力明确,同时能产生很大的塑性转角,有良好的延性;缺点是由于梁翼缘的削弱,梁的刚度有所降低,而且对加工精度要求比较高^{[18][19]}。

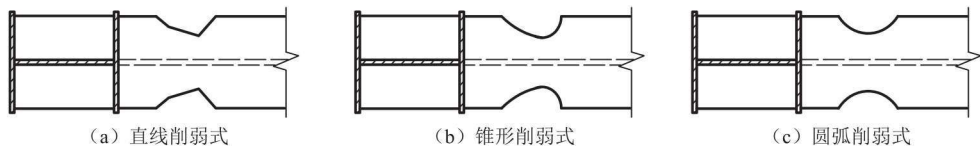


图 1.4 狗骨式节点连接

1.2.4 扩翼型节点

扩翼型节点是通过构造措施对梁柱节点处进行加强,迫使塑性铰在距离梁柱节点一段位置的梁上出现,达到塑性铰外移保护节点的目的,有利于实现“强

柱弱梁,节点更强”的设计思想。扩翼型节点主要包括板式扩翼型节点、梁端翼缘扩翼型和侧板加强型节点、肋板式扩翼型节点与加腋式扩翼型节点。

板式扩翼型节点主要有两种形式:盖板扩翼型与翼缘板扩翼型,见图 1.5。板式扩翼型节点能够实现将塑性铰外移的目的,可以将梁端塑性转角增大到美国联邦应急管理署(FEMA)规定的 0.03 rad 以上,从而大大提高节点延性性能,以及钢框架的抗震耗能能力,梁破坏后加强板并不屈服,梁柱连接出焊缝也未见裂缝,是一种性能优良的节点加强形式。但是当盖板扩翼型节点当盖板厚度过大、长度过长时,会增大梁端连接焊缝的应力,增大造成脆性破坏的可能。与盖板扩翼型节点相比,翼缘板扩翼型节点梁翼缘板并不与柱翼缘直接相连,而是通过加强板的过度与其相连,这样的构造措施可以减小梁端与柱翼缘连接处焊缝高度,利于焊缝质量控制与后期质量检查,同时焊缝高度的降低也有利于减少焊接热应力的影响^[20]。板式加强构造简单,施工迅速,承载力刚度都有所提高,也便于后期维护,但缺点是用钢量较大^{[21][22][23]}。

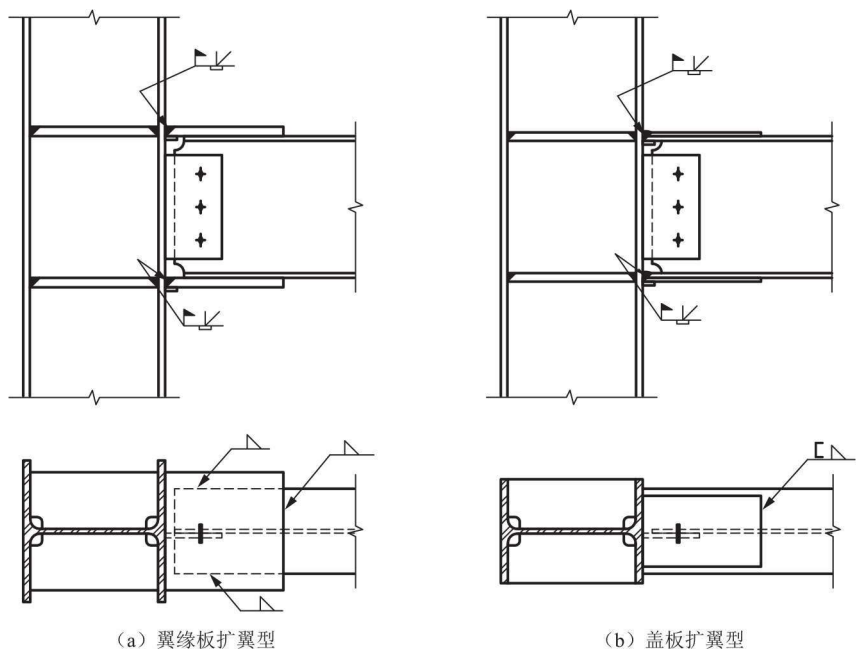


图 1.5 板式扩翼型连接

梁端翼缘扩翼型和侧板加强型节点见图 1.6。这两种节点是通过增大梁翼缘宽度的方法达到减低焊缝中应力的目的,两种形式都能很好地起到将塑性铰

外移的目的,扩翼型节点通过短牛腿与梁相连,如图 1.6 (a)所示,牛腿在工厂与钢柱全焊连接,到现场将等翼缘宽度的钢梁与短牛腿栓焊连接,这样可以保证短牛腿与柱连接处焊缝质量。侧板加强型节点是由日本清水建设开发的新型连接方式,只需在梁端部用几块与梁翼缘厚度相同或相近的平板与梁翼缘对接焊接即可,与普通的钢结构梁柱节点相比,可将梁端塑性变形能力提高 1 倍以上,从而使钢框架抗震能力有很大的提高。梁端翼缘扩翼型和侧板加强型节点连接中,扩翼宽度及扩翼长度是影响节点耗能及延性性能的主要因素,这种连接方式的缺点是制造工艺复杂,浪费材料^{[10][24]}。

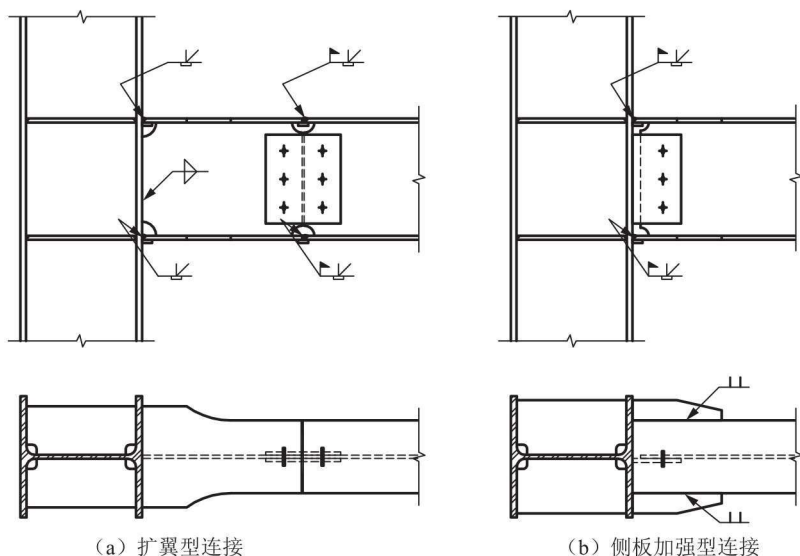


图 1.6 梁端扩大式扩翼型连接

肋板式扩翼型节点与加腋式扩翼型节点构造相似,见图 1.7。肋板式扩翼型节点依靠在钢梁上下翼缘焊接一块或者两块垂直肋板增加钢梁翼缘截面的抗弯承载力,使塑性铰移至肋板加强区之外,起到保护节点焊缝的作用。但此种节点同样存在降低建筑净空的缺点,且不方便组合楼板的安装。加腋式扩翼型节点是在梁上下翼缘处焊接一小段“工”字形梁或 T 形件,以此来提高梁端截面的抗弯承载力。这种连接形式主要用于加固修复工程,也表现出了良好的塑性性能,但此种节点增加了现场安装难度,降低了建筑净空^{[25][26]}。

综上所述,梁端翼缘扩翼型和侧板加强型节点节点因具有明显的塑性铰外移效果,较好的抗震性能,简单明确的传力途径与构造,是这几种扩翼型节点中

较为突出的一种节点形式。

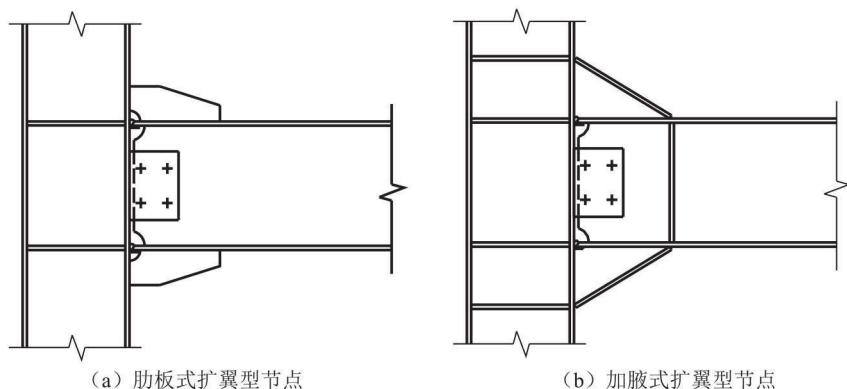


图 1.7 肋板式与加腋式扩翼型节点

1.3 扩翼型节点国内外研究现状

1.3.1 国外研究现状

震后,美国建筑钢结构协会(AISC)对盖板加强和设置加劲肋加强的节点进行了一系列足尺试件试验,结果表明扩翼型节点具有良好的性能,已经在美国西部的许多钢结构框架中采用。

Chen, C. C. 和 Lee, C. M 等人^{[27][28]}对扩翼型节点进行了6个实尺寸试件的循环加载试验,并进行了有限元分析,其结果表明,扩翼型接头可以提高梁柱接头的韧性能力,避免于焊缝热影响区发生脆性破坏。

M. D. Engelhardt 和 T. A. Sab 等人对12个盖板式连接进行了足尺循环加载试验,试件采用了不同的盖板形式,梁翼缘、盖板及柱的对接焊缝采用不同的形式和施焊顺序,焊条采用不同的型号。其中10个试件表现出了良好的性能,在盖板的端部附近先发生屈服,柱附近盖板仍处于弹性阶段,当塑性转角到达 $0.01 \sim 0.015 \text{ rad}$ 时,梁翼缘腹板局部屈曲,并伴随梁扭转,最后导致试件承载力下降。另外2个试件在经历了很少的荷载循环过程后发生脆性破坏。

Ting, L. C 研究箱形柱与I形梁的扩翼型节点,利用有限元软件分析了各种扩翼型节点形式对节点受力性能的影响,其结果表明未补强的梁柱连接节点在根部焊缝处有应力集中现象,而采用梁两侧增加三角形加强板的加强形式,可是应力集中的位置转移至节点域处,其中三角形加劲板的长度与端部角度影响