引用格式：唐雪梅，谷任国，梁振升，等. 一种反向旋转锁定套筒连接方式的力学性能研究[J]. 工业建筑，2026，56(6)：178-186. TANG Xuemei，GU Renguo，LIANG Zhensheng，et al. Research on the Mechanical Properties of a Reverse-Rotation Locking Sleeve Connection Method[J]. Industrial Construction，2026，56(6)：178-186 (in Chinese). DOI：10.3724/j.gyjzG24071805 唐雪梅【结构】

一种反向旋转锁定套筒连接方式的力学性能研究*

唐雪梅[1]　谷任国[2]　梁振升[1]　刘　雷[1]　房营光[2]

（1. 广州电力设计院有限公司，广州　510620；2. 华南理工大学，广州　510641）

摘　要　近年来，装配式建筑呈现出良好的发展态势。套筒灌浆法作为连接装配式预制构件最常见的方法，易出现节点灌浆不饱满、灌浆料强度低、埋置钢筋截断等问题，影响结构安全性。针对这些现象，采用一种新的预制构件连接方法，并通过压弯、剪切试验验证了该方法的力学性能，最终得到以下结论：1)抗弯方面，相较于整浇梁，套筒连接预制梁的抗弯极限荷载降低了8.8%，套筒连接加强筋预制梁的极限荷载提高了23%；抗剪方面，套筒连接加强筋预制梁最大，三者相差都在5%之内。2)梁不同位置处纵筋应变值差别不大，且随荷载增加依次呈现出非线性、线性、非线性的关系。3)荷载作用下，套筒连接预制梁的挠度增加得最快，整浇梁次之，套筒连接加强筋预制梁最慢。基于上述结论可知，反向旋转锁定套筒连接作为预制梁节点的连接方式，在抗弯和抗剪性能上可以满足工程要求；同时极大简化了施工过程，提高了作业效率，具有重要的实际工程价值。

关键词　预制结构；套筒连接；抗弯强度；抗剪强度；力学性能

Research on the Mechanical Properties of a Reverse-Rotation Locking Sleeve Connection Method

TANG Xuemei[1]　GU Renguo[2]　LIANG Zhensheng[1]　LIU Lei[1]　FANG Yingguang[2]

（1. *Guangzhou Electric Power Design Institute Co.，Ltd.，Guangzhou* 510620，*China*；2. *South China University of Technology*，*Guangzhou* 510641，*China*）

Abstract：In recent years，prefabricated construction has demonstrated significant development potential. The grouted sleeve method，as the most commonly used technique for connecting prefabricated components，often encounters issues such as incomplete grout filling at joints，low grout strength，and the cutoff of embedded rebars，all of which compromise structural safety. To address these challenges，a novel connection method for prefabricated components was proposed，and its mechanical properties were validated through flexural and shear tests. The following conclusions were derived from this study：1) In terms of flexural performance，the ultimate bending load of the sleeve-connected prefabricated beam was reduced by 8.8% compared to that of the monolithic beam，while the ultimate load of the sleeve-connected reinforced prefabricated beam was increased by 23%. Regarding shear performance，the sleeve-connected reinforced prefabricated beam exhibited the highest shear capacity，with differences among the three beams within 5%. 2) The strain values of longitudinal reinforcement at different positions along the beam showed minimal variation. These values exhibited a non-linear pattern at the initial load stage，transitioned to a linear relationship，and reverted to non-linear behavior with further load increase. 3) Under loading，the deflection of the sleeve-connected prefabricated beam increased the fast-

* 国家自然科学基金重大科研仪器研制项目(41827807)。

第一作者：唐雪梅，硕士研究生，高级工程师，主要从事结构设计工作，864778804@qq.com。

通信作者：谷任国，博士，副教授，主要从事岩土工程与地下结构方面的研究，rggu@scut.edu.cn。

收稿日期：2024-07-18

est, followed by the monolithic beam, while the sleeve-connected reinforced prefabricated beam showed the slowest increase. The analysis demonstrated that the reverse-rotation locking sleeve connection method meets all engineering requirements for both flexural and shear performance as a prefabricated beam joint solution. Furthermore, this method significantly simplifies construction, enhances operational efficiency, and holds substantial practical value.

Keywords: prefabricated structure; sleeve connection; bending strength; shear strength; mechanical properties

0 引 言

装配式混凝土结构因其施工周期短、质量等级高、环境负载低等优点,近些年已经在房屋、桥梁、隧道等多个行业得到了广泛应用[1-4]。但如何提升预制构件间的连接性能和装配式结构的整体性一直是国内外学者研究的热点问题[5]。目前国内装配式预制构件的连接方式有干法和湿法两种类型[6],具体有螺栓连接[7-8]、焊接[9-10]、套筒灌浆连接[11]、波纹管浆锚连接[12]、后浇带连接[13]等。其中套筒灌浆连接是目前最常见的方式。例如,丁颖楠等[14]提出了一种高强螺栓-齿槽-灌浆套筒装配式组合节点,该节点可以最大程度上保证装配式预制梁梁结构的整体性,延缓了刚度退化进程。曾宪纯等[15]利用直型半灌浆套筒组件连接主梁和次梁钢筋,避免了主梁缺口处开裂,提高了预制率,降低了预制梁制作及节点装配成本。

在金属套筒中插入单根带肋钢筋并注入灌浆料拌合物,通过拌合物硬化形成整体来实现钢筋对接连接,称为钢筋套筒灌浆连接[16]。学者们从多方面对该连接方式的工作性能进行了研究[17],在形状方面,Ling等[18]认为:套筒内径越小,对灌浆料的约束作用越强,材料界面的黏结强度越高。在套筒材料方面,我国JG/T 398—2019《钢筋连接用灌浆套筒》[19]规定套筒的材料宜采用碳素结构钢、合金结构钢或球墨铸铁等钢材以便加工制作。此外,国内外还开展了非金属套筒的研究[20]。在灌浆体方面,顾浩声等[21]发现灌浆料抗压强度受环境温度影响明显。JG/T 408—2019《钢筋连接用套筒灌浆料》[22]则对灌浆材料在材料组成、性能指标、施工环境条件等方面进行了较为详细的规定。在钢筋方面,Zheng等[23]建议钢筋直径与套筒壁厚的比值不应大于13。JGJ 355—2015《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》[16]中对钢筋的外形带肋、钢筋的直径、钢筋黏结长度等做出了规定。可见,虽然钢套筒连接方法能有效提高施工效率,但是容易受到套筒的形式和材料、灌浆料、钢筋等多方面因素的影响。

此外,在套筒受力变形方面,庄建杰等[1]以京雄快线霸州开发区站至永清站区间工程项目为依托,首次在万吨级多功能试验系统上开展足尺模型的拟静力试验,研究了套筒连接构件在水平循环荷载作用下的损伤发展过程和最终破坏模式。罗小勇等[24]通过试验发现:施加轴压力或增添灌浆套筒连接对试件的耗能、承载能力及延性均有明显提高。解琳琳等[25]通过试验证明:灌浆缺陷试件呈现出钢筋滑移破坏特征和捏拢滞回特征,延性变形系数为2.8~3.5。鲍佳文等[26]利用DIANA 10.3有限元软件建立接头试件的肋尺度精细有限元模型并根据有限元分析结果对接头的局部黏结-滑移关系进行研究。学者们通过研究获得了钢套筒连接的破坏规律,这为套筒灌浆连接方法的工程应用以及设计提供了理论基础。

然而,在工程应用中,采用装配式混凝土结构的套筒方法连接时,易出现节点灌浆不饱满、灌浆料强度低、埋置钢筋截断等问题,直接影响构件节点的连接强度,导致结构安全性降低[27-28]。特别是钢筋定位偏差[29-30]和灌浆过程中伴随着气泡夹杂[31-32],往往可能会导致严重的工程安全问题。此外,目前的湿法套筒施工还面临装配时对齐困难、装配效率低、吊装设备周转低、质量不易保证、无有效的方法检测灌浆质量等问题[17]。针对以上问题,本文提出了一种反向旋转锁定套筒连接方式,该方法综合了螺栓与套筒连接的优势,不需要进行灌浆处理,施工时只需借助辅助安装装置,具有对准快、安装效率高、成本低、连接质量易于控制等优点。然后,通过抗弯试验和剪切试验验证了该连接的力学性能。

1 反向旋转锁定套筒连接设计方案

反向旋转锁定套筒连接节点由套筒、钢筋和旋螺帽组成,详见图1所示。其中,套筒由Q235钢制成,总长140 mm,壁厚7 mm,套筒外表面切削加工成正六棱柱,内壁则采用剥肋滚轧直螺纹。为便于安装时钢筋与套筒的对中定位,在距离套筒端部10 mm处将套筒内壁加工成锥形口,锥形口与套筒轴线成30°,如图1所示。伸入套筒内部的钢筋表面布有螺纹,均与套筒内壁螺纹相匹配,且套筒连接一侧预制梁B的钢筋螺纹长度为65 mm,另一侧预制梁A的钢筋螺纹长度为140 mm,旋螺帽为正六棱柱体,厚度为10 mm。

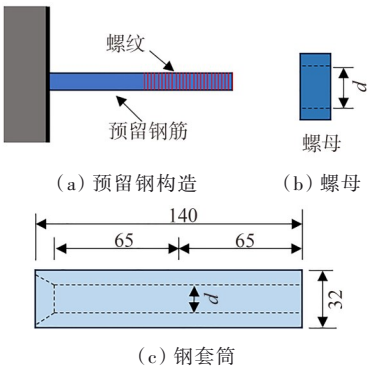


图1 反向旋转锁定套筒连接节点构件 mm

Fig. 1 Details of the reverse-rotation locking sleeve connection

反向旋转锁定套筒连接的施工过程(图2)如下:1)在预制梁A的预留钢筋上预先安装螺母;2)在预制梁A的预留钢筋上旋入钢套筒,至钢套筒内完全旋入钢筋;3)将预制梁B的预留钢筋与钢套筒的另一端对齐;4)反向将套筒向预制梁B端钢筋旋转直至预制梁B端预留钢筋的螺纹尽头而无法继续旋转;在反旋过程中,被连接的两根钢筋发生相向运动而被钢套筒拉紧;5)将A端的螺母向套筒方向旋转直至锁紧套筒。以上连接接头处所有连接钢套筒施工完成后再绑扎箍筋,在设计和施工时,应避免箍筋与钢套筒相交。箍筋施工完成后可浇筑混凝土,进一步固定钢筋套筒连接头,避免连接处松动。该连接方法中,钢筋螺纹在预制现场提前预制,此外,螺栓的外径与套筒的内径保持一致,现场施工时,可以采用一套施工工具快速完成。该施工工具具有钢筋纠偏功能,以保证钢套筒顺利反向拧入,因此该方法可以在很大程度上提高施工效率。

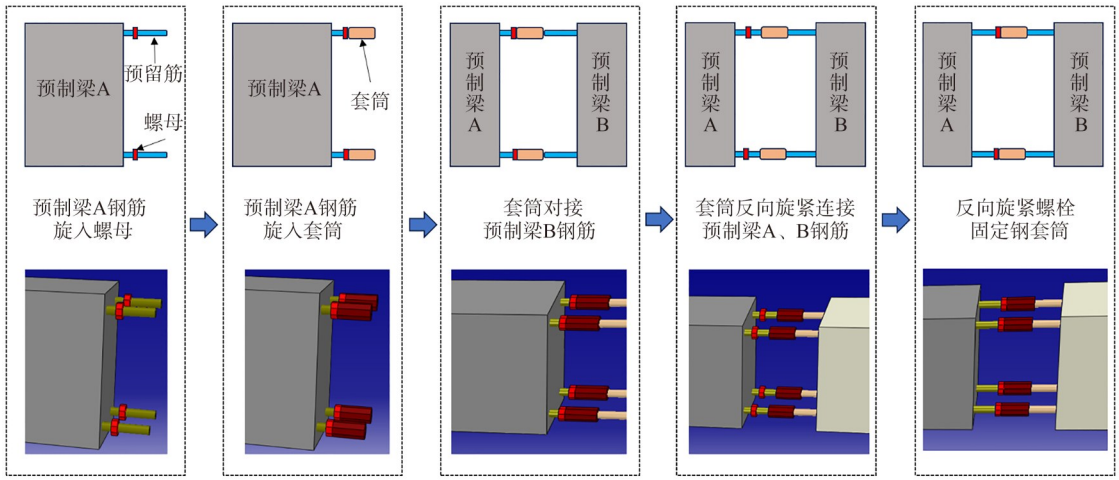


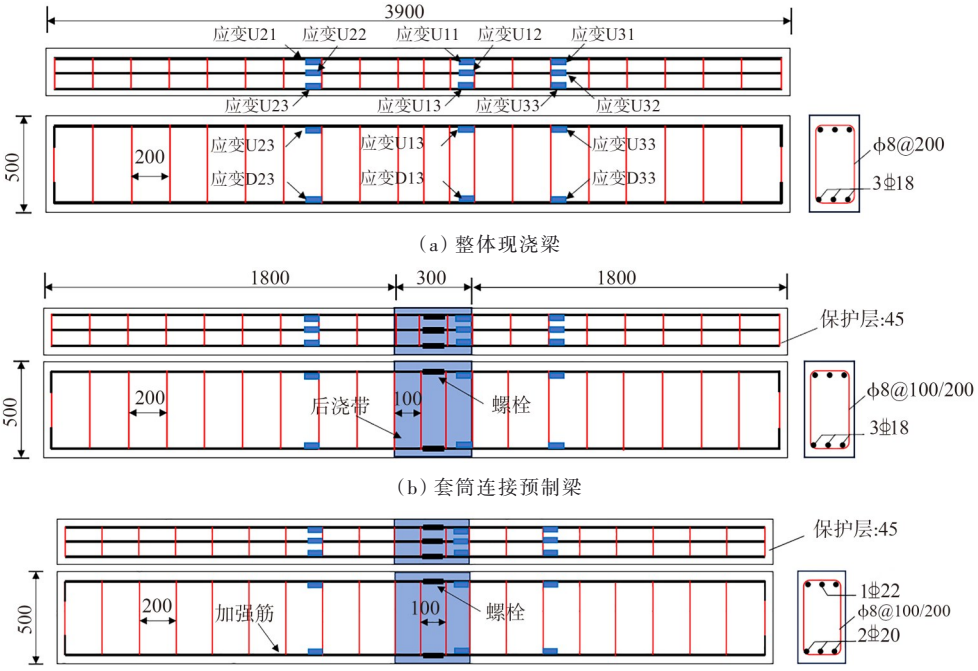
图2 反向旋转锁定套筒连接的施工过程示意

Fig. 2 Schematic diagram of the construction process for the reverse-rotation locking sleeve connection

2 连接梁力学性能测试方案

为了解该连接方式下钢筋混凝土梁在弯曲荷载、剪切荷载下的承载力大小、挠度变化、裂缝出现和发展过程,各制作了3组混凝土梁试件,用于研究反向旋转锁定套筒连接梁的力学性能。其中第1组作为参照组,梁总长为3900 mm,采用C35混凝土整体现浇。第2、3组为连接梁,试件由三部分构成,两端为C35混凝土浇筑的预制钢筋混凝土梁,长度均为1800 mm;中间的后浇连接段混凝土强度为C40,长度为300 mm。后浇段节点处钢筋采用反向旋转锁定套筒连接。此外,第1、2组梁均采用正常配筋;第3组梁采用加强配筋,以弥补连接梁接头位置对梁整体承载性能的削弱影响。所有梁截面尺寸均为250 mm×

500 mm，混凝土的保护层厚度为 45 mm，梁的具体信息如图 3 所示。钢材参数见表 1，生产商为广东省韶关钢铁集团有限公司，混凝土为商品混凝土。



（a）整体现浇梁

（b）套筒连接预制梁

（c）套筒连接加强筋预制梁

图 3　梁配筋以及抗弯试验应变片布置　mm

Fig. 3　Arrangements of rebars and strain gauges for beam bending tests

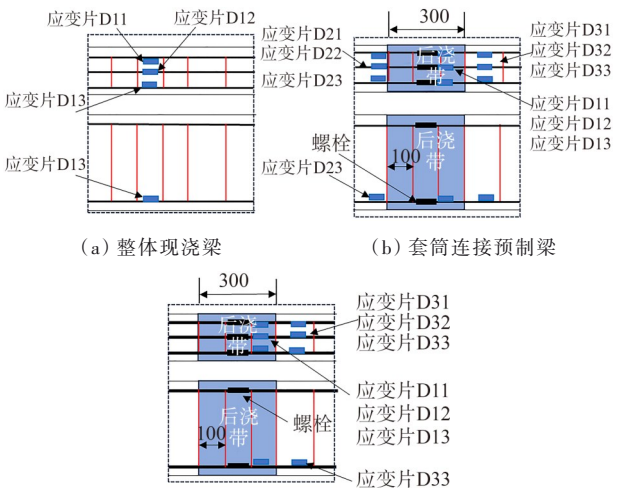
表 1　钢材参数

Table 1　**Parameters of steels**　MPa

材料	屈服强度标准值f_y	极限强度标准值f_u	弹性模量E_s
HRB400	400	540	2.0×10^5
HPB300	300	420	2.1×10^5
Q235	235	420	2.1×10^5

根据以上介绍进行混凝土梁的制作。为测试荷载作用下梁内的应力变化，制作时分别在主筋反向螺栓接头 50 mm 以及 500 mm 处安装应变片，各应变片的编号及位置信息如图 3 和图 4 所示。此外还用黑色记号笔在梁的侧面画出网格线，以方便记录加载过程中梁表面裂缝的发展趋势。

抗弯试验中荷载加载采用四点加载方式，其中顶部有两个加载点，以工字形钢梁作为荷载分配梁，实现在梁有效跨度的 1/3 等分点处施加竖向荷载。在试验梁的两端支座处，分别设置刀口铰和滚轴，此时上部两加载点之间的梁体为纯弯段，如图 5(a)所示。梁抗剪试验中荷载的加载点为梁中心，荷载由 100 mm×100 mm 的钢垫片传递，如图 5(b)所示。试验中荷载由液压千斤顶提供，荷载大小通过液压泵压力表控制。为防止局部混凝土受力集



（a）整体现浇梁　（b）套筒连接预制梁

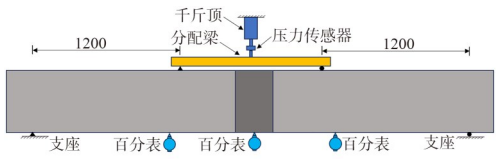
（c）套筒连接加强筋预制梁

图 4　抗剪试验应变片布置　mm

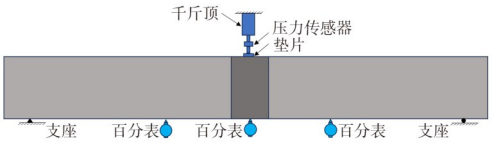
Fig. 4　Arrangements of strain gauges for shear tests

中而压坏，在加载点及支座中心处设置钢垫板。同时在梁底面设置 3 个千分表测量梁的挠度。

为消除梁试件与各加载装置之间的间隙及非弹性变形引起的测量误差，在试验正式开始前进行 10 kN 的预加载，并重复进行 3 次。预加载后开始正式试验，采用逐级加载的方式进行，每级荷载增加



(a) 抗弯试验



(b) 抗剪试验

图5 连接梁力学性能测试方案示意 mm

Fig. 5 Schematic diagrams of mechanical testing schemes for connected beams

量为5 kN,持荷时间为5 min。当荷载加载至预计开裂荷载值的附近时,减小加载速率及分级荷载的大小,以获得更准确的开裂荷载值。

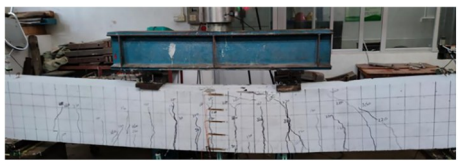
3 试验结果及分析

3.1 梁表面裂缝发展规律

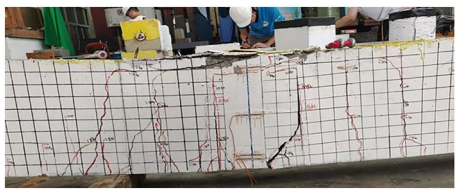
3.1.1 抗弯试验

整浇梁加载至80 kN时梁中开始出现垂直裂缝;加载至130 kN时,梁纯弯曲段两侧开始出现垂直裂缝;直至220 kN时,纯弯曲段外侧出现斜裂缝;加载至306.45 kN时,上部混凝土压碎,下部钢筋拉断,如图6(a)所示。观察可知,中部裂缝呈竖向且较宽,主要由弯矩引起的拉应力导致;两侧裂缝呈倾斜状且较细小,主要由剪力和弯矩共同作用导致;梁跨中位置见若干条竖向主裂缝。

套筒连接预制梁加载至60 kN时,后浇段与预制段连接处率先出现垂直裂缝;加载至105 kN时,纯弯曲段外侧部分开始出现垂直裂缝;加载至279.47 kN时,上部混凝土压碎,下部钢筋拉断,如图6(b)所示。观察可知,裂缝基本都呈竖向并贯穿整个高度,在后浇带的两侧位置对称出现两条明显的主裂缝,说明在整个抗弯过程中弯矩作用起主导,剪力作用相较于整浇梁效果并不明显。因为在后浇段与预制段连接处往往更容易产生裂缝且并不断发育为主裂缝,一定程度上减弱了向两侧传递延伸的剪力;这是由连接处材料的力学性质不连续、刚度不均匀所导致的。本文套筒连接预制梁的受弯破坏极限强度是全浇筑梁的91.2%,这说明采用反向旋转锁定套筒连接工艺的预制连接件的抗弯性能可以达到工程实践的要求。



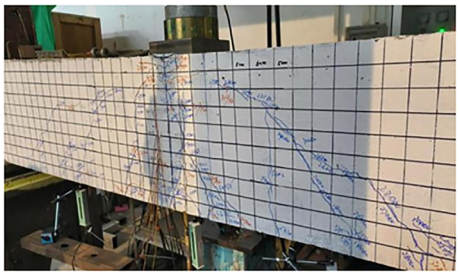
(a) 整体现浇梁受弯破坏



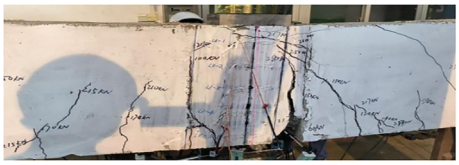
(b) 套筒连接预制梁受弯破坏



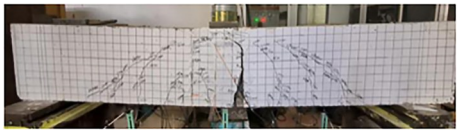
(c) 套筒连接加强筋预制梁受弯破坏



(d) 整体现浇梁受剪破坏



(e) 套筒连接预制梁受剪破坏



(f) 套筒连接加强筋预制梁受剪破坏

图6 试验荷载作用下梁的破坏情况

Fig. 6 Failure modes of beams under test loading

套筒连接加强筋预制梁加载至80 kN时,后浇段出现垂直裂缝;加载至120 kN时,纯弯曲段外侧部分出现垂直裂缝;加载至180 kN时,纯弯曲段外侧斜裂缝开始出现,且梁下缘先开裂,裂缝沿斜向发展;加载至377.87 kN时,上部混凝土压碎,下部纵筋拉断,梁破坏,如图6(c)所示。观察可知,主裂缝出现于后浇带中部,两侧裂缝偏细小且呈倾斜状。相较于整浇梁,套筒连接加强筋预制梁极限荷载提高了23%,说明在反向旋转锁定套筒连接工艺

的基础上增加钢筋直径时，可以改善后浇段与预制段连接处的材料协调性，抗弯及抗剪性能会进一步提高，明显优于整浇梁。

3.1.2　抗剪试验

对于整浇梁，加载至 77 kN 时跨中段率先开裂；150 kN 时，梁腹先出现细微斜裂缝；180 kN 时，下缘斜裂缝出现，斜裂缝及主裂缝随着加载量增大而发展；直至 319.73 kN 时，下部纵筋拉断，梁破坏，如图 6(d)所示。观察可知，裂缝整体较多，分布范围较大，梁中位置裂缝较集中，主裂缝位于梁正中且贯穿整个竖向。

对于套筒连接预制梁，加载至 60 kN 时，梁后浇段开始出现裂缝，随着荷载继续增大，主裂缝持续开展；至 170 kN 时，斜裂缝出现；继续加载至 314.81 kN 时，下部纵筋拉断，下部混凝土部分脱落，梁破坏，如图 6(e)所示。观察可知，相较整浇梁，裂缝数量较少，后浇带中出现四条竖直主裂缝，缝宽较大，后浇带两侧仅四条主要的斜裂缝，说明剪力主要集中作用在后浇带区域，传递到后浇带两侧的剪力并不明显，这同样是由连接处界面性质所决定的。

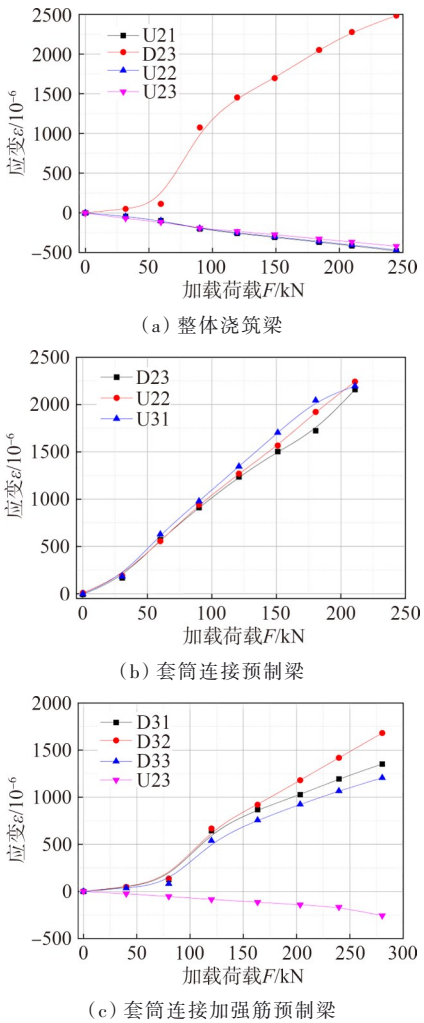
对于套筒连接加强筋预制梁，加载至 70 kN 时，主裂缝在后浇段出现；加载至 90 kN 时，另一条主裂缝出现；加载至 110 kN 时，斜裂缝出现，随着加载持续，主裂缝、斜裂缝发展；加载至 322.37 kN 时，第二条主裂缝处纵向钢筋拉断，裂缝急剧发展，下部混凝土部分脱落，梁破坏，如图 6(f)所示。观察可知，主裂缝位于梁中，且缝宽很大，说明增加钢筋直径可以提升后浇带的抗剪效果，且明显增强剪力从后浇带向两侧传递的效果，使梁整体受力更加均匀。

综上可见，三种梁破坏时的剪切荷载大小差别很小，相差均在 5% 以内，这说明反向旋转锁定套筒连接作为预制梁节点连接方式，在抗剪性能上也可以满足工程要求。

3.2　梁内钢筋应变情况

由梁内安装的应变片可以采集到加载过程中钢筋的应变情况。在混凝土浇筑以及加载过程中部分应变片出现了损坏，将正常工作的传感器采集到的数据整理后如图 7 和图 8 所示。

由图 7 可见，外荷载作用下，各钢筋的应变都随着加载值的增大而增大，不同位置处钢筋的应变值不同，但是绝对值大小相差不大。图中应变片 U21、U22、U23 得到的结果是负值，而其他点为正值，这



(a) 整体浇筑梁

(b) 套筒连接预制梁

(c) 套筒连接加强筋预制梁

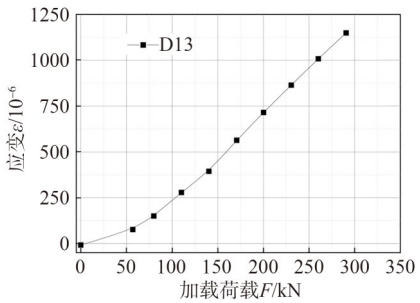
图 7　弯曲荷载作用下梁内纵筋应变曲线

Fig. 7　Strain curves of longitudinal rebars in the beam under bending

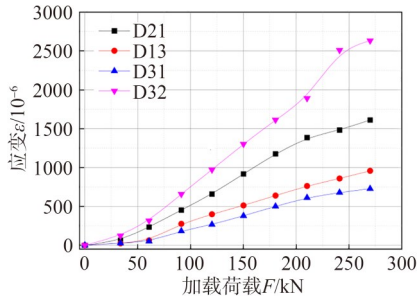
是因为弯曲荷载下，梁的中性轴上部为受压变形，而梁的底端为受拉变形，应变片在记录数据时以受拉为正。

同时，图 7 中各曲线在外部荷载较小时呈现出一定的弯曲，例如图 7(a)中 D23 和图 7(c)中 D31、D32、D33 最为明显，这是因为在加载之初，套筒和螺栓之间有一定的缝隙，在荷载下套筒内螺纹与预留筋螺纹慢慢咬合，因此该阶段荷载加载值与钢筋应变值不呈线性变化关系。当两者咬合后，在一定区段内，加载值与应变几乎呈线性关系。但是当荷载值达到一定程度后，套筒-螺栓连接处出现屈服，两者的关系又呈现出部分非线性变化，如图 7(a)中 U23，图 7(b)中 D23、D22、D31 以及图 7(c)中 U23 最为明显。

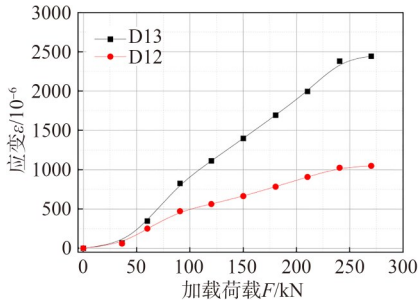
由图 8 可见，与受弯时各钢筋的应变表现基本相同，随着荷载的增加，各纵向钢筋的应变都在增加，但是不同位置处钢筋应变值相差悬殊较大，这



(a) 整体浇筑梁



(b) 套筒连接预制梁



(c) 套筒连接加强筋预制梁

图 8 剪切荷载作用下梁内纵筋应变曲线

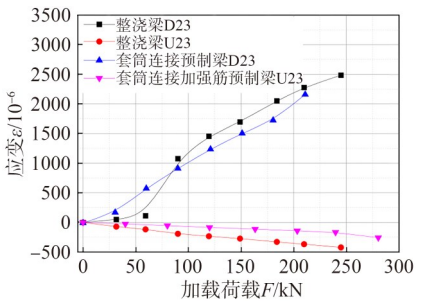
Fig. 8 Strain curves of longitudinal rebars in the beam under shear

是因为试验的加载方式为梁中点处集中荷载加载,不同位置处梁的弯矩是变化的,而梁中点处的弯矩最大。各测点曲线的整体变化趋势与受弯时基本相同,都在曲线起始处有轻微的非线性表现,加载到一定荷载值后几乎呈线性变化,在最大荷载附近又出现了非线性变化。

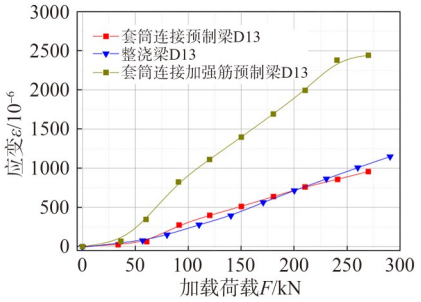
对三种梁同位置处钢筋应变进行对比,如图9所示。可以看出,相同位置处的纵筋在相同荷载下,套筒连接加强筋预制梁的应变值最小,整浇梁的次之,套筒连接预制梁的最大,但是它们之间的差别较小,尤其是整浇梁与套筒连接预制梁之间的差别更小,这说明套筒连接的效果很好。

3.3 梁挠度变化情况

通过梁底部布置的百分表以及加载设备内部的位移记录仪可以计算得到梁的弯曲情况。弯曲荷载以及剪切荷载作用下整浇梁、套筒连接预制梁



(a) 弯曲荷载作用



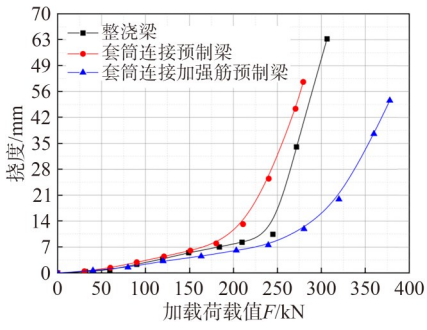
(b) 剪切荷载作用

图 9 三种梁不同位置纵筋的荷载-应变关系曲线

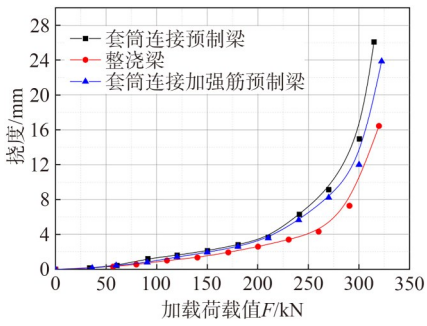
Fig. 9 Load-strain curves of longitudinal rebars at different positions of the three types of beams

以及套筒连接加强筋预制梁的挠度随荷载的变化情况如图10所示。

可以看出,弯曲荷载作用下,三种梁的挠度都随着荷载值的增加而增加,但是套筒连接预制梁的



(a) 受弯



(b) 受剪

图 10 荷载作用下梁的挠度变化曲线

Fig. 10 Deflection curves of beams under loading

曲线增加得更快；整浇梁的次之；套筒连接加强筋预制梁的变化趋势最慢。剪切荷载作用时也有类似情况，套筒连接预制梁的曲线增加最快，整浇梁变化趋势最慢。从曲线的整个变形趋势看，荷载较小时挠度变化较小，当荷载增大到一定程度后，挠度值急剧上升。这是因为，荷载较小阶段，材料处于弹性阶段，当荷载值较大时，连接点出现塑性变形，因此呈现出较大的非线性变化。另外，挠度增加越快，也意味着刚度退化越快。由前文可知，因为有后浇带的存在，梁的整体材料不均匀、刚度不协调，导致后浇段与预制段连接处在受力初期裂缝就开始发展，并不断扩大，这直接加快了梁的刚度退化过程，因此套筒连接预制梁的刚度退化速度最快。所以增加钢筋直径可以有效提高梁整体的刚度协调性，通过与整浇梁进行对比，发现对抗弯刚度的提高较抗剪刚度更加明显。

4　结　论

针对混凝土预制构件中节点连接存在的问题，提出了一种快速连接方式——反向旋转锁定套筒连接。通过弯曲试验、剪切试验测试了该连接方式的力学性能，得到了以下结论：

1）套筒连接预制梁抗弯极限荷载相比于整浇梁，降低了 8.8%，而套筒连接加强筋预制梁极限荷载相比套筒连接预制梁提高了 23%；抗剪强度值方面，套筒连接加强筋预制梁最大，整浇梁次之，套筒连接预制梁最小，但是三者的差别都在 5% 之内。这说明反向旋转锁定套筒连接作为预制梁节点连接方式，在抗弯和抗剪性能上均可以满足工程要求。

2）纵筋的应变随荷载增大而增加，且不同位置处纵筋的应变有所不同，但总体差别不大。同时在加载过程中，加载荷载-应变曲线呈现出非线性、线性、非线性三个阶段。

3）三种梁的挠度都随着荷载的增加而增加，但是套筒连接预制梁的曲线增加得更快，整浇梁的次之，套筒连接加强筋预制梁得变化趋势最慢。在荷载较小时，三种梁的挠度变化较小，当荷载达到一定值之后，挠度值急剧上升。

参　考　文　献

[1] 庄建杰，李辰，江辉，等. 京雄快线预制装配式桥墩足尺模型拟静力试验研究[J]. 土木工程学报，2025，58(1)：90-100.

[2] 林志，冯万林，陈相，等. 超大断面装配式明挖隧道结构及其施工方法研究[J]. 隧道建设(中英文)，2022，42(7)：1167-1176.

[3] 张超哲，刘松玉. 地下空间预制装配式结构研究现状综述[J]. 应用基础与工程科学学报，2022，30(1)：236-245.

[4] 王江营，陈浩，刘国庆，等. 装配式建筑技术在绿色建造中的综合应用[J]. 施工技术(中英文)，2022，51(16)：73-77.

[5] 刘安，陈彦江，许维炳，等. UHPC-齿槽-灌浆套筒连接装配式RC梁抗弯承载力研究[J]. 建筑科学，2022，38(1)：127-134.

[6] 李新星，周泉，李水生，等. 基于UHPC的钢筋错位连接装配式混凝土结构研究及应用[J]. 施工技术(中英文)，2023，52(16)：1-6.

[7] 杨婴，吕伟，包亮. 基于螺栓连接的新型钢筋混凝土框架装配式节点抗震性能研究[J]. 工业建筑，2019，49(8)：93-99.

[8] TRUONG G T，DINH N H，KIM J，et al. Seismic performance of exterior RC beam-column joints retrofitted using various retrofit solutions[J]. International Journal of Concrete Structures and Materials，2017，11(3)：415-433.

[9] 韦宏，李琼宇. 钢板焊接连接的带水平接缝装配式RC剪力墙抗震性能试验研究[J]. 建筑结构学报，2020，41(9)：77-87.

[10] SOLAK A，TAMA Y S，YILMAZ S，et al. Experimental study on behavior of anchored external shear wall panel connections[J]. Bulletin of Earthquake Engineering，2015，13(10)：3065-3081.

[11] 钱稼茹，韩文龙，赵作周，等. 钢筋套筒灌浆连接装配式剪力墙结构三层足尺模型子结构拟动力试验[J]. 建筑结构学报，2017，38(3)：26-38.

[12] 臧旭磊，朱张峰. 螺旋箍筋约束波纹管浆锚连接装配式剪力墙拟静力试验研究[J]. 施工技术，2018，47(21)：82-87.

[13] YANG H，GUO Z，YIN H，et al. Development and testing of precast concrete beam-to-column connections with high-strength hooked bars under cyclic loading[J]. Advances in Structural Engineering，2019，22(14)：3042-3054.

[14] 丁颖楠，许维炳，王瑾，等. 高强螺栓-齿槽-灌浆套筒连接装配式L型梁-柱边节点抗震性能试验研究[J]. 北京工业大学学报，2022，48(8)：830-841.

[15] 曾宪纯，马旭新，李海波，等. 直型半灌浆套筒组件用于混凝土预制主梁与次梁的标准化连接[J]. 建筑结构，2020，50(增刊2)：445-451.

[16] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 钢筋套筒灌浆连接应用技术规程：JGJ 355—2015[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2015.

[17] 刘良林，肖建庄. 钢筋套筒灌浆连接研究进展[J]. 建筑结构学报，2023，44(1)：235-247.

[18] LING J H，RAHMAN A B，IBRAHIM I S，et al. Tensile capacity of grouted splice sleeves[J]. Engineering Structures，2016，111：285-296.

[19] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 钢筋连接用灌浆套筒：JG/T 398—2019[S]. 北京：中国标准出版社，2019.

[20] ZHAO C，ZHANG Z，WANG J，et al. Numerical and theoretical analysis on the mechanical properties of improved CP-GFRP splice sleeve[J]. Thin-Walled Structures，2019，137：487-501.

[21] 顾浩声,吴佳鹏. 环境温度对钢筋套筒灌浆连接接头性能的影响[J]. 结构工程师, 2017, 33(5): 140-146.
[22] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 钢筋连接用套筒灌浆料:JG/T 408—2019[S]. 北京:中国标准出版社, 2019.
[23] ZHENG Y, GUO Z, ZHANG X. Effect of grout properties on bond behavior of grouted pipe splice[J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2018, 22(8): 2951-2960.
[24] 罗小勇,张璧玮,程俊峰,等. 键槽接缝PC墙板抗震性能试验研究及有限元分析[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2023, 51(8): 32-40.
[25] 解琳琳,钟勃健,陈曦,等. 套筒灌浆缺陷连接足尺预制混凝土柱抗震性能试验研究[J]. 工程力学, 2023, 40(8): 68-76.
[26] 鲍佳文,赵唯坚,高强,等. 套筒灌浆接头黏结滑移关系的精细有限元分析[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2024, 56(2): 68-76.
[27] 周奎,陈燕清. 钢筋套筒灌浆连接施工缺陷及检测方法研究进展[J]. 建设科技, 2020(6): 69-72.
[28] 史继创,田鹏刚,张风亮,等. 装配式混凝土结构湿连接发展现状[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2022, 54(6): 914-922.
[29] 吴俊峰. 装配式建筑钢筋套筒灌浆连接施工技术的研究[J]. 科技创新与应用, 2020(24): 95-96.
[30] 王佩佩. 浅析装配式建筑施工的常见质量问题及对策[J]. 中国住宅设施, 2022(8): 118-120.
[31] 王智. 装配式建筑套筒灌浆技术施工质量问题及应对措施[J]. 上海建设科技, 2020(3): 61-63.
[32] 张永强. 装配式建筑套筒灌浆质量问题研究进展[J]. 江苏建筑, 2018(增刊1): 80-81.