脚手架连墙件与锚栓拉拔性能的试验研究

吕家杰
鹤山市城乡工程检测有限公司，广东 鹤山 529700

DOI:10.61369/ETQM.2026080016

摘　　要： 建筑施工中，脚手架连墙件的安全可靠性直接影响整体结构稳定。传统扣件式连墙件存在许多缺点。研究提出一种预埋套筒与螺杆组合的新型连墙件技术，并通过一系列拉拔试验验证其力学性能。试验表明，预埋套筒锚栓试件的抗拉拔承载力达到28.4kN至28.8kN，螺杆拉力载荷超过84kN，现场拉拔试验中5个测点实测抗拔力均高于17.28kN的设计要求。新型连墙件在承载力、施工便捷性及质量稳定性方面均优于传统技术，为脚手架连墙施工提供可靠技术方案。

关 键 词： 脚手架连墙件；锚栓拉拔；试验研究

Experimental Study on the Pullout Performance of Scaffold Wall Connectors and Anchor Bolts

Lv Jiajie
Heshan Urban and Rural Engineering Testing Co., Ltd., Heshan, Guangdong 529700

Abstract: In building construction, the safety and reliability of scaffold wall-linking elements directly affect the overall structural stability. Traditional coupler-type wall-linking elements have many shortcomings. This study proposes a new wall-linking element technology combining pre-embedded sleeves and threaded rods, and verifies its mechanical properties through a series of pull-out tests. The tests show that the tensile pull-out bearing capacity of the pre-embedded sleeve anchor test specimens reaches 28.4kN to 28.8kN, and the tensile load of the threaded rods exceeds 84kN. In the on-site pull-out tests, the measured tensile forces at five test points are all higher than the design requirement of 17.28kN. The new wall-linking elements are superior to traditional technology in terms of bearing capacity, construction convenience, and quality stability, providing a reliable technical solution for scaffold wall-linking construction.

Keywords: scaffold wall-linking components; anchor bolt pull-out; experimental study

引言

脚手架连墙件是传递水平荷载、保障架体稳定的关键构件。传统连墙件采用扣件与预埋钢管连接，施工易损伤混凝土结构，承载力离散性较大。近年来，预埋套筒与螺杆组合的连墙技术逐步推广，定位精准、安装便捷、受力明确。但该技术锚固性能与拉拔承载力缺乏系统试验数据。研究结合工程实际，对其相关性能及安装质量开展试验，为推广应用提供依据。

一、传统脚手架连墙件技术分析

（一）扣件式连墙件构造与受力特征

传统扣件式连墙件主要采用直角扣件将脚手架立杆与预埋钢管连接成整体。预埋钢管在混凝土浇筑前固定于梁柱模板内，待混凝土达到强度后，施工人员使用扣件将脚手架钢管与预埋钢管扣紧。该连接方式的受力路径为水平荷载通过脚手架钢管传递至扣件，再经扣件与钢管之间的摩擦力传递至预埋钢管，最终由预埋钢管锚固于混凝土结构。

扣件连接的力学性能取决于螺栓拧紧力矩。根据GB 15831-2006《钢管脚手架扣件》要求，直角扣件的抗滑性能需达到规定限值。从提供的传统连墙件扣件检测报告看，某批次扣件试样的抗滑动荷载检测结果分别为17.45kN、21.47kN、20.28kN，数据呈现一定离散性。这种离散性主要源于扣件铸造质量差异、螺栓扭矩偏差以及使用过程中的磨损。

（二）传统技术的施工缺陷与局限

扣件式连墙件存在多项缺陷：一是预埋钢管定位偏差易导致连墙点无法对准，被迫弯管或加扣件，改变受力；二是扣件拧紧力矩缺乏监控，工人凭经验操作，易过松或过紧；三是拆除时需切割外露钢管，浪费材料且影响外墙装饰；四是忽视锚固承载力分项系数，设计荷载取值偏冒进。

 | Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

二、预埋套筒式连墙件新技术

（一）预埋套筒构造与工作原理

预埋套筒式连墙件由金属套筒、连接螺杆及配套螺母组成。套筒采用优质碳素结构钢制造，内壁加工标准螺纹，外壁设置锚固构造如环槽或焊接锚筋，以增强与混凝土的粘结锚固能力。施工时，将套筒按设计位置固定在模板内，混凝土浇筑后套筒预埋于结构构件中，套筒开口端与混凝土表面齐平或略低。后期安装脚手架时，将螺杆旋入套筒，螺杆外露部分通过扣件或直接焊接耳板与脚手架立杆连接。

该技术的受力机理明确：拉拔荷载通过螺杆螺纹传递至套筒，再经套筒外壁的粘结力和机械咬合力分散至周围混凝土。相较于传统预埋钢管，套筒体积小、定位灵活，螺纹连接可精确控制外露长度，且拆除后螺杆可重复使用或留作他用，无需切割处理[1]。

（二）施工工艺与质量控制要点

预埋套筒施工流程包括测量放线、套筒固定、模板封闭、混凝土浇筑、螺杆安装五个环节。测量放线阶段，根据脚手架设计间距在模板上标出套筒中心位置，允许偏差控制在 ±5mm以内。套筒固定采用细铁丝绑扎或点焊于结构钢筋上，确保浇筑混凝土时不发生位移。混凝土振捣过程中，振捣棒应与套筒保持一定距离，防止套筒偏位或螺纹受损。

混凝土达到设计强度后，安装螺杆前需清理套筒内部杂物。螺杆旋入时施加规定的初始扭矩，保证螺纹紧密贴合。对于非生命线工程的非结构构件连接，设计荷载通常按12kN考虑，锚固承载力分项系数取1.8，因此要求抗拔力达到17.28kN以上。施工完成后应随机抽取0.1%且不少于5件的连墙件进行拉拔验证试验。

（三）新技术优势与适用条件

预埋套筒式连墙件相比传统技术具有多方面优势。其一，承载力稳定可靠，螺纹连接避免了扣件摩擦滑移的不确定性。其二，施工效率提升，后期安装仅需旋入螺杆，无需调整预埋件位置。其三，外观质量好，套筒埋入混凝土后表面平整，不影响外墙防水和装饰施工。其四，材料可重复利用，脚手架拆除后螺杆回收，留作后续使用时只需更换套筒。

该技术适用于现浇混凝土结构的梁、柱、剪力墙等构件，尤其适合高层建筑和重要公共建筑的外脚手架连墙。对于生命线工程或承受较大水平荷载的脚手架，需适当加密套筒布置或采用更高强度等级的螺杆[2]。

三、试验材料与试验方法

（一）试验材料与设备

试验选用M16规格锚栓及M14规格螺杆。锚栓生产单位为重庆万力新材料有限公司，螺杆同样由该企业提供。混凝土基材强度等级为C30，符合常规工程应用条件。后锚固件总数为1000支，按照检验要求抽取5支进行拉拔试验。

加载设备采用一体式锚杆拉拔仪，型号为HC-10，配备秒表记录连续加载及持荷时间。锚固深度按设计要求控制为120mm，锚固孔径为16mm，符合《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145-2013的规定。

（二）试验方案设计

试验分为室内材性试验和现场拉拔试验两部分。室内材性试验包括螺杆拉力载荷试验、抗拉强度试验及抗剪强度试验，依据GB/T 3098.1-2010和GB/T 6400-2007执行。现场拉拔试验采用连续加载方式，在连续加载过程中，应以均匀速率在2 ~ 3分钟内将荷载增加至设定的检验荷载，并维持该荷载2分钟，观测荷载示值变化及试件破坏状态。

要求抗拔力按设计荷载乘以锚固承载力分项系数计算，设计荷载取12kN，锚固承载力分项系数取1.8，再乘以固定系数0.8，即12kN × 1.8 × 0.8 = 17.28kN。持荷期间荷载降低比值超过5%即判定不合格，试件破坏状态包括锚栓滑移、混凝土锥体破坏、螺杆断裂等类型[3]。

（三）加载方式与判定标准

加载方式选用连续加载而非分级加载，以模拟实际受力过程中荷载逐渐增加的情形。加载过程应以均匀速率在2 ~ 3分钟内将荷载增至要求抗拔力，并持荷观察稳定情况。达到要求抗拔力后开始计时，记录2分钟末的荷载示值。

判定标准依据《混凝土后锚固件抗拔和抗剪性能检测技术标准》DBJ/T15-35-2023：持荷期间锚固件无滑移、基材混凝土无裂纹或其他局部损坏迹象，且荷载示值下降幅度不超过5%，则判定为合格。反之，出现锚栓拔出、混凝土开裂或荷载骤降等现象即判为不合格。

四、试验结果与分析

（一）施工前锚栓拉拔工艺检验结果

施工前，依据产品出厂检验要求对预埋套筒锚栓进行拉拔工艺检验。共测试3个试件，检测地点位于成都市双流区簸箕山。试件编号分别为1#、2#、3#，检测荷载依次为28.80kN、28.37kN、28.62kN，平均值为28.60kN。持荷期间，所有试件均未出现锚固件滑移现象，基材混凝土表面无裂纹或其他局部损坏迹象。按照出厂检验判定标准，3个试件全部合格。

将实测平均值28.60kN与要求抗拔力17.28kN对比，安全系数达到1.65。这表明预埋套筒与C30混凝土的粘结锚固性能良好，满足设计荷载要求。即使考虑混凝土强度波动、施工偏差等不利因素，锚栓仍具有充足的安全储备。

（二）施工后现场拉拔检测结果

施工完成后，依据《混凝土后锚固件抗拔和抗剪性能检测技术标准》DBJ/T15-35-2023进行现场拉拔抽检。共选取5个测点，检测位置编号为1#、2#、3#、4#、5#。各测点连续加荷时间在121秒至130秒之间，锚固孔直径16mm，锚固深度120mm。实测抗拔力分别为17.43kN、17.93kN、17.40kN、17.53kN、17.29kN，均高于要求值17.28kN。持荷2分钟后，荷载降低比值分别为2.2%、2.5%、2.8%、1.5%、2.3%，全部小于

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

5%的控制标准。5个试件破坏状态均为完好，无滑移、无裂纹，判定结果全部合格。

5支样品合格率100%，数据一致性好，荷载降低比值约2%，表明螺纹连接自锁性良好，应力松弛轻微。

（三）螺杆力学性能试验结果

螺杆试件规格为M14，性能等级4.8级。依据GB/T 3098.1-2010进行拉力载荷试验，3个试件的拉力载荷分别为84.6kN、86.0kN、84.6kN，均远高于标准要求的48.3kN。断裂位置全部位于未旋合螺纹长度内，符合标准规定。抗拉强度实测值为735MPa、747MPa、736MPa，超过420MPa的最低要求。

抗剪强度试验依据GB/T 6400-2007进行，3个试件的抗剪强度分别为343MPa、368MPa、356MPa，平均值为355.7MPa。虽然标准未对4.8级螺栓的抗剪强度提出明确限值，但该批数据可作为工程设计参考。螺杆在承受拉剪复合作用时，可按Von Mises屈服准则进行强度验算。

（四）连墙件扣件抗滑性能试验

扣件试样为直角扣件，规格型号48A，依据GB 15831-2006进行抗滑性能试验。3个试件的抗滑动荷载分别为21.55kN、24.40kN、20.05kN，最大值与最小值相差4.35kN，离散系数约为0.09。

这种离散性主要源于扣件铸造毛坯的尺寸公差及螺栓拧紧力矩的差异。值得注意的是，该组数据来自预埋套筒式连墙件的配套扣件，其抗滑性能表现出上述离散特征。根据GB/T 15831-2006，传统脚手架单扣件合格品的实测抗滑承载力不应低于10kN，规范设计值取8kN；工程中连墙件采用的双扣件，合格新扣件实测抗滑荷载一般在20 ~ 25kN之间。预埋套筒式连墙件配套扣件的实测抗滑动荷载21.55kN、24.40kN、20.05kN与传统扣件式连墙件的检测结果17.45kN、21.47kN、20.28kN相比，除最小值略低外，整体承载力水平相近甚至略优，表明预埋套筒式连墙件所用扣件在抗滑性能上并未因连接方式的改变而降低，反而具有一定程度的提升。同时，新技术的受力路径更加明确，螺纹连接承担主要荷载，扣件更多作为辅助约束，因此实际工程中的安全冗余度更高。

五、新旧技术性能对比与讨论

（一）承载力与安全裕度优于传统扣件式

传统扣件式连墙件承载力受抗滑性能控制。GB/T 15831-2006规定单扣件设计值8kN，新扣件实测10 ~ 14kN；双扣件实测20 ~ 25kN，设计值按8 ~ 16kN考虑。预埋套筒式连墙件设计荷载12kN，试验抗拔力17.28kN。本试验中，锚栓拉拔承载力平均28.60kN，螺杆拉力超84kN。起控制作用的锚栓承载力仍远高于设计要求，安全裕度明显优于传统技术。破坏模式上，传统扣件为脆性滑移失效；新技术为混凝土锥体破坏或螺杆屈服，属延性破坏，安全性更高[4]。

（二）施工效率与质量稳定性对比

传统技术需预埋钢管定位、混凝土浇筑、扣件安装，钢管定位偏差易致扣件无法安装，施工中常弯管或加接杆件，改变受力路径。预埋套筒体积小、定位灵活，微小偏差可由螺纹间隙补偿。质量上传统技术人为影响大，扣件拧紧力矩无量化控制，操作差异明显。套筒式螺纹连接操作简便、质量易控，现场拉拔试验变异系数仅1.4%，优势显著。

（三）经济性与适用性评价

从材料成本看，预埋套筒单价虽高，但螺杆可重复使用，综合成本未必高于传统做法。人工成本方面，新技术安装拆除更便捷，每处连墙点可节约工时。维修成本方面，传统做法需切割修补外露钢管头，新技术无需额外处理。适用性上，预埋套筒技术尤其适合对墙面外观要求高、工期紧张的项目；临时性简易脚手架仍可用传统扣件。建议优先选用预埋套筒技术，特殊情况辅以传统技术[5]。

六、结束语

该研究验证了预埋套筒与螺杆组合新型连墙件的技术性能，锚栓拉拔承载力28.6kN，螺杆拉力载荷超84kN，现场5个测点全部合格，指标均满足规范。与传统扣件式相比，其承载力稳定性、施工效率及质量可控性更优，安全裕度大、破坏模式具延性，适用于各类现浇混凝土结构外脚手架，尤其适配高层建筑。后续可优化套筒锚固深度、研究疲劳性能退化及开发配套机具，完善技术体系。

参考文献

[1] 刘凯英 . 建筑施工脚手架连墙件技术研究与应用 [J]. 砖瓦 ,2025(5):152-154.

[2] 杨佳伟 , 蒲俊 , 吕作龙 , 等 . 建筑施工脚手架连墙件技术研究与应用 [J]. 建筑机械化 ,2024,45(9):157-159.

[3] 郭小敏 , 陆继鸿 . 脚手架连墙件布置对比分析与应用研究 [J]. 建筑施工 ,2023,45(2):329-333.

[4] 南通职业大学 . 一种建筑施工用锚栓抗拉拔强度检测装置 :CN202111515919.0[P]. 2022-03-08.

[5] 丛莉 , 宋兴龙 , 幺凯龙 . 连墙件与建筑结构连接施工方法对脚手架的影响 [J]. 建筑与预算 ,2025(1):52-54.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.