

钢绞线搭接锚固性能试验

李立文<sup>1</sup>, 郭子雄<sup>1</sup>, 黄群贤<sup>1</sup>, 陈建华<sup>2</sup>, 赖有泉<sup>2</sup>

(1. 华侨大学 土木工程学院, 福建 厦门 361021;  
2. 福建省第一公路工程公司, 福建 泉州 362000)

**摘要:** 针对目前钢绞线网片-聚合物砂浆加固技术中存在搭接,提出相向搭接和对扣搭接两种搭接方式,通过对拉试验研究这两种搭接方式的搭接锚固性能,包括搭接方式、钢绞线直径和涂抹聚合物砂浆.试验结果表明:1)采用配套铝扣锚固不会造成锚固位置钢绞线的局部损伤,所有试件的破坏位置均不在铝扣锚固位置;2)两种搭接方式均具有良好的搭接效果,但由于局部锚固导致钢绞线应力不均匀现象等影响,试件承载能力有10%~20%的损失量,因此,搭接位置应避开内力最大处;3)涂抹聚合物砂浆的试件和对扣搭接的试件钢绞线未出现相对滑移,而相向搭接试件出现一定的相对滑移.

**关键词:** 钢绞线; 搭接性能; 聚合物砂浆; 铝扣

**中图分类号:** TU 4                      **文献标志码:** A

钢绞线网片-聚合物砂浆加固技术是一种新型的加固技术,其将钢绞线网片敷设于被加固构件的受拉部位,然后在钢绞线网片上涂抹聚合物砂浆用于加固构件.由于聚合物砂浆对砖砌体或混凝土材料具有良好渗透性,使钢绞线网片与原结构构件变形协调、共同工作,有效提高加固构件的承载能力和刚度.与传统加固方法相比,该加固技术具有高效、加固快捷和加固后不影响观瞻等诸多优势,因而在实际工程中得到广泛应用<sup>[1-2]</sup>.目前,已有一些学者对该技术进行研究<sup>[3-12]</sup>,成果主要集中在加固机理和加固效果,而对该加固技术的构造措施和施工工艺的研究相对较少.考虑到钢绞线-聚合物砂浆在受弯加固应用中,由于受弯构件跨度较大,钢绞线往往由于长度不够有搭接的需求,但是在这方面尚未有研究,因此,有必要对钢绞线的搭接性能开展试验研究.本文针对目前钢绞线网片-聚合物砂浆加固技术中存在搭接需求,提出两种搭接方式,通过对拉试验对这两种搭接方式的搭接锚固性能开展试验研究.

1 试验概况

在钢绞网片-聚合物砂浆加固技术中,往往存在钢绞线长度不够需要进行搭接的问题,设计了两种钢绞线搭接方式,分别为相向搭接和对扣搭接,搭接方式如图 1 所示.

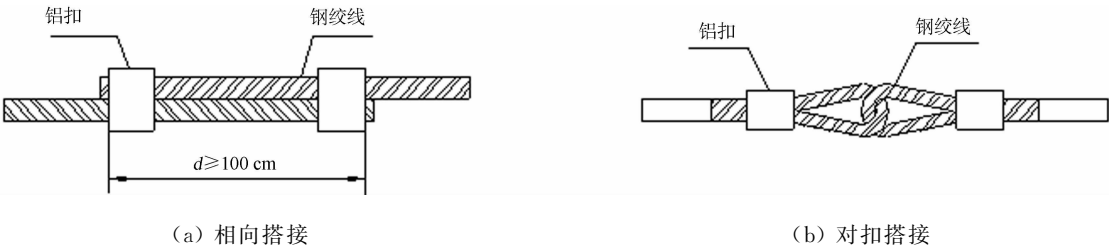


图 1 钢绞线搭接方式  
Fig. 1 Lap types of strand

采用对拉试验研究两种搭接方式的搭接性能. 试验共有 30 个试件, 每个试件由两根钢绞线搭接而成, 研究参数包括搭接方式、钢绞线直径和涂抹聚合物砂浆. 涂抹聚合砂浆的每个参数有 1 个试件, 其余的每个研究参数均有 3 个试件, 各试件的试验参数如表 1 所示. 表 1 中:  $D$  为钢绞线直径;  $F_u$  为极限承载力;  $\eta$  为承载力损失量; 搭接形式中, 1 为相向搭接, 2 为对扣搭接. 在实际加固中, 搭接区域需涂抹聚合物砂浆, 且实际使用中钢绞线距离聚合物砂浆表面约 20 mm. 为模拟真实的涂抹聚合物砂浆的效果, 有涂抹聚合物砂浆的试件按照工程上的实际情况进行设计, 具体的聚合物砂浆涂抹方式, 如图 2 所示.

表 1 试件参数及试验结果  
Tab. 1 Test parameters and results

编号	$D/\text{mm}$	搭接形式	聚合物砂浆类型	$F_u/\text{kN}$	$\eta/\%$
1-1-1	3.05	1	—	6.3	10.76
1-1-2	3.05	1	—	6.1	13.60
1-1-3	3.05	1	—	6.9	2.27
1-2-1	3.60	1	—	9.6	3.03
1-2-2	3.60	1	—	8.7	12.12
1-2-3	3.60	1	—	9.0	9.09
1-3-1	4.00	1	—	11.3	10.00
1-3-2	4.00	1	—	10.6	15.54
1-3-3	4.00	1	—	10.3	17.93
2-1-1	3.05	2	—	6.3	10.76
2-1-2	3.05	2	—	6.2	12.18
2-1-3	3.05	2	—	5.7	19.26
2-2-1	3.60	2	—	8.4	15.15
2-2-2	3.60	2	—	8.0	19.19
2-2-3	3.60	2	—	8.5	14.14
2-3-1	4.00	2	—	10.7	14.74
2-3-2	4.00	2	—	10.1	19.52
2-3-3	4.00	2	—	10.3	17.93
3-1	3.05	1	双组分	6.2	12.18
3-2	3.05	1	单组分	6.3	10.76
3-3	3.60	1	双组分	8.9	10.10
3-4	3.60	1	单组分	8.3	16.16
3-5	4.00	1	双组分	10.5	16.33
3-6	4.00	1	单组分	10.4	17.13
4-1	3.05	2	双组分	6.5	7.93
4-2	3.05	2	单组分	6.3	10.76
4-3	3.60	2	双组分	8.5	14.14
4-4	3.60	2	单组分	8.1	18.18
4-5	4.00	2	双组分	10.1	19.52
4-6	4.00	2	单组分	10.3	17.93

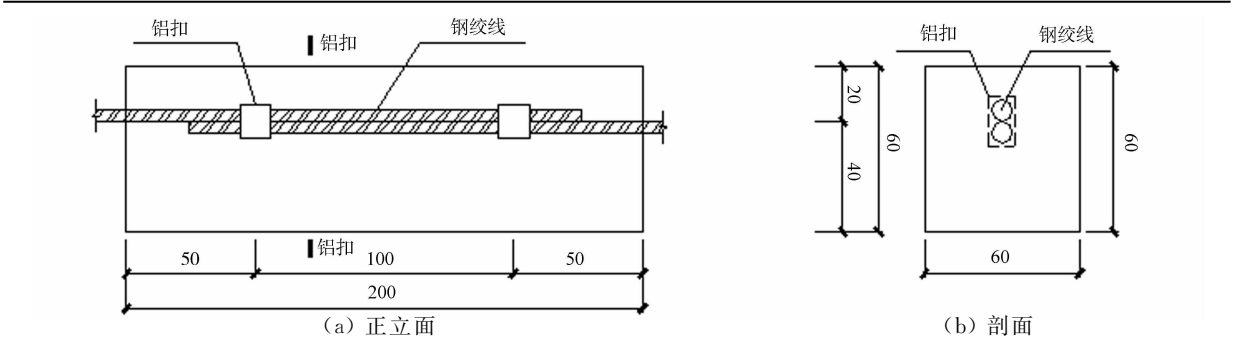
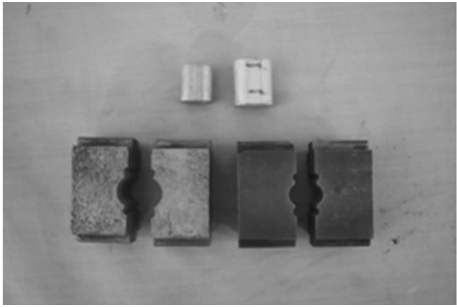


图 2 聚合物砂浆试件示意  
Fig. 2 Detail of polymer mortar specimen

试验采用  $6\times 7+1$  WS 型镀锌钢绞线,其材料力学性能,如表 2 所示.表 2 中: $D$  为公称直径; $d$  为单丝直径; $F_b$  为最小破坏力; $A$  为横截面面积; $f_t$  为抗拉强度.铝扣为钢绞线网片安装标准配件,铝扣大小与钢绞线直径相匹配,直径为 3.05 的对应一种铝扣,直径为 3.60,4.00 的对应另一种铝扣.通过专门设计的挤压模具和液压钳对铝扣进行挤压,使铝扣与钢丝绳挤压成一体,如图 3 所示.钢绞线的搭接长度为 100 mm.试验参数如表 1 所示.试验采用的聚合物砂浆有单组分和双组分两种,双组份聚合物砂浆实测强度为 53.5 MPa,单组分聚合物砂浆实测强度为 47.1 MPa.



(a) 铝扣和挤压模具



(b) 液压钳

图 3 专业器具

Fig. 3 Test equipments

2 加载制度及量测方案

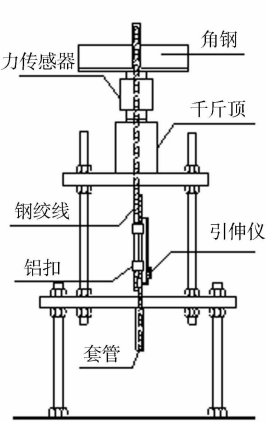
试验采用对拉的加载方式、加载装置,如图 4 所示.试件加载端采用钢套管注入植筋胶实现钢套管与钢绞线连接,避免钢绞线局部损伤.首先固定两端钢套管,拉力采用手动液压穿心千斤顶进行施加.试验中,拉力控制在  $1.5\sim 2.0\text{ kN}\cdot\text{min}^{-1}$ ,直至钢绞线拉断.

试验的主要量测内容:1) 通过介于穿心千斤顶和固定端板之间力传感器对拉力进行量测;2) 采用预装在钢绞线上的引伸仪对钢绞线的相对滑移进行量测.引伸仪的测量标距为 150 mm.所有数据均采用 DH3816 数据采集系统采集.

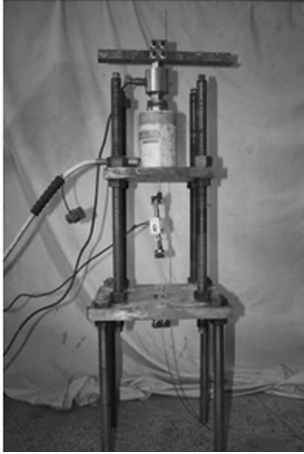
3 试验结果及分析

钢绞线对拉试验结果,如表 1 所示,两种搭接方式的试件最终均出现钢绞线被拉断,典型破坏形态,如图 5 所示.由图 5 可知:未涂抹聚合物砂浆的相向搭接试件,钢绞线拉断位置在距离铝扣 30~40 mm,对扣搭接的试件钢绞线在对扣位置被拉断,表明采用专门的挤压模具对钢绞线和铝扣进行锚固不会对钢绞线产生局部损伤.由表 1 可知:两种搭接方式的极限荷载相差不大,均出现一定承载力损失,极限承载力损失量均在 20% 以内.对扣搭接试件在对扣位置由于两根钢绞线的互相挤压导致钢绞线局部弯折受损,试件最终在对扣位置被拉断,试件的极限承载力小于钢绞线的最小破断力.相向搭接试件由于铝扣对钢绞线的局部锚固作用,钢绞线在受拉状态下出现应力不均匀现象,使得极限承载力也小于钢绞线的最小破断力.

有涂抹聚合物砂浆的试件也由于聚合物砂浆对钢绞线局部锚固作用,出现钢绞线局部应力不均匀现象,其破坏位置在聚合物砂浆端部 1 cm 位置处钢绞线被拉断,极限承载力也有所下降.其破坏形态如



(a) 加载装置详图

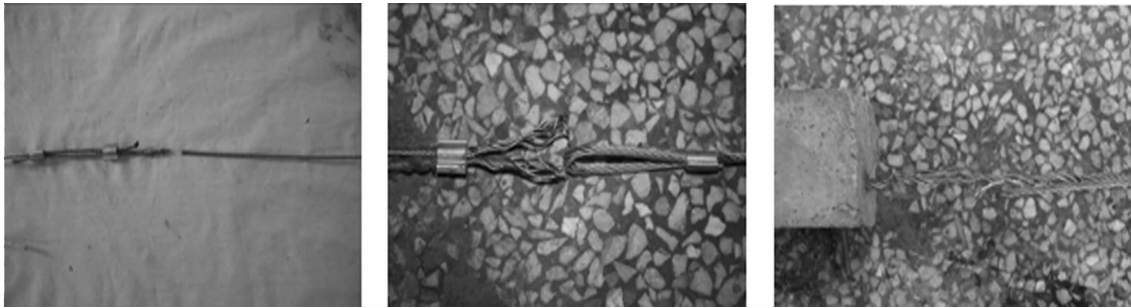


(b) 加载装置实物图

图 4 搭接试验装置

Fig. 4 Test setup of lap joint

图 5(c)所示.



(a) 相对搭接试件破坏形态 (b) 对扣搭接试件破坏形态 (c) 涂抹砂浆试件破坏形态

图 5 典型破坏形态

Fig. 5 Detail of lap joint failure pattern

试验采用引伸仪对钢绞线的相对滑移量进行量测. 涂抹聚合物砂浆的试件和对扣搭接的试件钢绞线未出现相对滑移, 而相向搭接试件出现一定的相对滑移, 其典型相对滑移-荷载曲线如图 6 所示. 由图 6 可知: 各试件的起滑荷载相差不大, 起滑荷载在 4~6 kN, 滑移量随荷载的增大而变大, 极限滑移量在 1.5~2.3 mm, 表明铝扣通过挤压对钢绞线具有较好的锚固效果. 同时, 所有试件破坏时并未达到最小破断力, 但承载力损失量均在 20% 以内. 因此, 钢绞线搭接部位不应在受力较大处搭接, 可在受力相对较小处进行搭接.

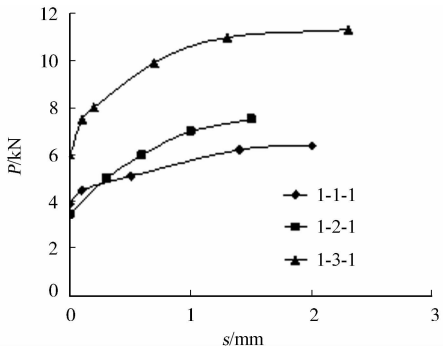


图 6 相向搭接钢绞线的典型滑移-荷载曲线

Fig. 6 Relative slippage vs loads for the strand with opposite lap

## 4 结束语

通过钢绞线搭接性能对拉试验可以得到以下 4 个结论.

- 1) 采用配套铝扣和挤压模具对钢绞线进行锚固不会造成钢绞线的局部损伤, 所有试件钢绞线拉断位置均未出现在锚固处.
- 2) 相向搭接试件由于铝扣对钢绞线局部锚固作用, 使钢绞线在受拉状态下出现应力不均匀现象, 使得极限承载力小于钢绞线的最小破断力. 而对扣搭接试件由于在对扣位置两根钢绞线的互相挤压弯折导致钢绞线局部受损, 极限承载力也出现损失.
- 3) 涂抹聚合物砂浆的试件和对扣搭接的试件钢绞线未出现相对滑移, 而相向搭接试件出现一定的相对滑移.
- 4) 所有试件的承载力损失量均在 20% 以内, 钢绞线搭接部位不应在受力较大处搭接, 可在受力相对较小处进行搭接.

## 参考文献:

[1] 王亚勇, 姚秋来, 巩正光, 等. 高强钢绞线网-聚合物砂浆在郑成功纪念馆加固工程中的应用[J]. 建筑结构, 2005, 35(8): 40-42.

[2] 龚文斌, 胡其龙, 龚锐. 高强钢绞线网-聚合物砂浆加固技术在南京某厂房改造中的应用[J]. 建筑结构, 2007, 37(7): 47-49.

[3] 聂建国, 蔡奇, 张天中, 等. 高强不锈钢绞线网-渗透性聚合砂浆抗剪加固的试验研究[J]. 建筑结构学报, 2005, 26(2): 10-17.

[4] 聂建国, 王寒冰, 张天中, 等. 高强不锈钢绞线网-渗透性聚合砂浆抗弯加固的试验研究[J]. 建筑结构学报, 2005, 26(2): 1-9.

[5] 姚志华. 高强钢绞线网-聚合物砂浆复合面层加固 RC 梁的研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2008: 16-81.

[6] 吴刚, 蒋剑彪, 吴智深. 预应力高强钢丝绳抗弯加固钢筋混凝土梁的试验研究[J]. 土木工程学报, 2007, 40(12): 17-27.

[7] 阮爱兵. 钢丝绳(钢绞线)网片-聚合物砂浆外加固层加固方法应用现状[J]. 福州大学学报:自然科学版, 2013, 41(4):463-470.

[8] 曹忠民, 李爱群, 王亚勇. 高强钢绞线网-聚合物砂浆加固技术的研究和应用[J]. 建筑技术, 2007, 8(6):3-4.

[9] 曹忠民, 李爱群, 王亚勇, 等. 高强钢绞线网-聚合物砂浆抗震加固框架梁柱节点的试验研究[J]. 建筑结构学报, 2006, 27(4):10-15.

[10] 郭彤, 李爱群, 姚秋来, 等. 钢绞线网片-聚合物砂浆加固钢筋混凝土箱梁试验[J]. 中国公路学报, 2010, 23(2):36-42.

[11] 王军辉, 徐向东, 贾留东. 高强钢丝-聚合物砂浆加固梁抗剪性能的研究[J]. 山东建筑大学学报, 2008, 23(4):293-296.

[12] 卢长福. 高强钢绞线网-聚合物砂浆加固钢筋混凝土梁抗剪性能试验研究[D]. 南昌:华东交通大学, 2010:12-58.

Experimental Study on Lap Anchorage Performance of Strand

LI Li-wen<sup>1</sup>, GUO Zi-xiong<sup>1</sup>, HUANG Qun-xian<sup>1</sup>,  
CHEN Jian-hua<sup>2</sup>, LAI You-quan<sup>2</sup>

(1. College of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China;  
2. Fujian First Highway Engineering Company, Quanzhou 362000, China)

**Abstract:** For to the lap in the strengthening technique with strand mesh-polymer mortar, two kinds of lap jointing type are proposed, then the lap anchorage performance of these lap jointing types with different parameters are investigated, including lap jointing type, strand diameter and daubing polymer mortar. The test result shows: 1) the aluminum anchor does not results in local damage of strand, no damage happens on anchorage position; 2) two lap jointing types has good lap anchorage performance, but because of non-uniform stress, the bearing capacity decreases by 10%~20%, so the lap position would avoid the position with maximal internal force; 3) the relative slip dies not occur in the test specimens of daubing polymer mortar and buckle lap, relative slap occurs in the test specimens of opposite lap.

**Keywords:** strand; lap anchorage performance; ploymer mortar; aluminium anchor

(责任编辑: 钱筠      英文审校: 方德平)