

文章编号:1671-6833(2006)03-0034-04

植筋法新老混凝土粘结面剪切性能试验研究

张雷顺,王二花,闫国新

(郑州大学环境与水利学院,河南 郑州 450002)

摘 要:采用2个月龄期的老混凝土,浇制了一批150 mm×150 mm×150 mm立方体植筋法新老混凝土粘结试件.通过剪切试验研究发现,植筋法一方面使试件发生明显的延性破坏,即试件在有较大裂缝的情况下仍具有较大的剪切强度,从而保证了工程加固的有效性和可靠性;另一方面,同一植筋方式下,随着植筋率的增大,粘结面的剪切强度也有一定程度的提高,并且相同条件下,预埋钢筋的粘结剪切强度高于植筋粘合剂为膨胀水泥的;比如当植筋粘合剂为膨胀水泥时,植筋率0.13%,0.22%,0.35%,0.70%对应的粘结剪切强度分别为无筋试件粘结剪切强度的101.62%,105.04%,115.57%,128.02%倍.可见,植筋法新老混凝土的粘结加固在理论上是具有良好效果的.根据试验数据,回归了植筋的粘结剪切强度和植筋率的关系表达式可用于指导工程应用.

关键词:植筋;新老混凝土;粘结面;剪切强度

中图分类号: TU 528

文献标识码: A

0 引言

新老混凝土的粘结是结构物修补与加固工程中经常遇到的问题,而且修补加固成败的关键是新老混凝土的粘结质量.目前关于新老混凝土粘结的应用和研究,在国内已经是比较深入了,而且对于粘结理论也较为成熟和系统化.我国已制定了相关的规范标准并已经在实际工程中得到广泛的应用.

目前很多研究是关于无筋法新老混凝土粘结的^[1-3],关于植筋的试验研究还不多;并且大多是关于植筋的拉拔和粘结锚固性能的,对植筋的施工工艺的探讨也有很多;而对植筋法新老混凝土粘结的研究却较少.而新老混凝土粘结界面剪切性能是衡量新老混凝土加固是否成功的关键指标;并且植筋技术由于施工便捷、可靠灵活的特点已被广泛应用于实际工程加固.因此,研究植筋法新老混凝土粘结的剪切性能是非常必要和具有实际工程意义的.

1 试件制作

1.1 原材料及配合比

1.1.1 老混凝土的组成材料及强度

老混凝土是采用32.5级普通硅酸盐水泥,砂

是中粗河砂,粗骨料的粒径为10~20 mm的碎石,浇注的150 mm×150 mm×75 mm的块体,混凝土强度等级为C25,立方体抗压强度为33.5 MPa,粘结面为150 mm×150 mm的正方形面.钢筋采用一级光圆钢筋.按钢筋直径分3种:Φ6,Φ8,Φ10.按植筋率分4种:1Φ6,0.13%;1Φ8,0.22%;1Φ6+1Φ8,0.35%;2Φ10,0.70%.

1.1.2 新混凝土的组成材料及配合比

根据规范^[6]第2.2.4条规定,加固时所用混凝土强度等级,设计时宜比原结构、构件的设计混凝土强度提高一级,且不应低于C20.所以新混凝土设计强度等级选用了C30,且为普通硅酸盐水泥混凝土.新老混凝土的配合比见表1,其中,配合比设计参照《普通混凝土配合比规程》^[7].

表1 混凝土的材料配合比

Tab.1 Mix ration concrete material

强度等级	坍落度/cm	水灰比	砂率 $S_p/\%$	混凝土材料用量/(kg·m)			
				水泥	砂	石子	水
C25	3~5	0.49	38	390	690	1 127	191
C30	3~5	0.43	36	444	635	1 128	191

1.2 粘结面的处理

老混凝土处理面采用凿子凿去表面水泥浆,使表面有粗骨料露出,用气囊吹净表面,然后用清水冲洗.用灌砂法测的老混凝土表面粗糙度为

收稿日期:2006-02-14;修订日期:2006-03-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(59778045);郑州大学青年骨干教师资助计划项目.

作者简介:张雷顺(1950-),男,河南郑州人,郑州大学教授,主要从事混凝土非线性有限元及工程补强加固研究.

1.5 mm.界面用掺 12%膨胀剂的同新混凝土相同水灰比的水泥净浆。

1.3 粘结抗剪试件的制作

把制成的养护 2 个月 的 150 mm×150 mm×75 mm 的老混凝土试块按 要求在水中浸泡 6 h, 然 后拿出清洗干 净后, 放于干燥通 风处, 使其表面没 有明水. 然后置于 150 mm×150 mm×150 mm 钢模 中, 钢模的内壁与 底部涂刷机油. 浇 注 C30 的新混凝土. 养 护 28 d 后进行抗 剪性能实验。

1.4 试验方法

试验采用剪切装置 如下图 2, 加载过程 如下图 3 所示。

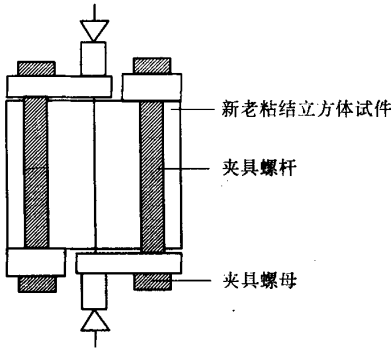


图 2 剪切装置
Fig.2 Shearing equipment

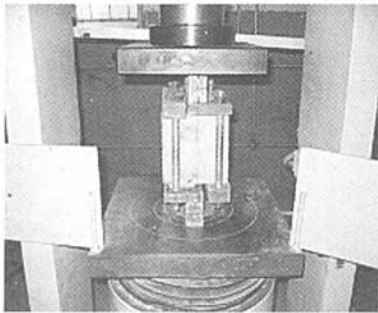


图 3 加载过程
Fig.3 Loading processing

本试验是在试验室的 液压万能压力实验机 上进行的. 试验步骤 进行如下：

- (1) 把做好的试验夹 具套在试件上, 然后 再把试件放在试验 机的支座上放稳. 对 中扶好。
- (2) 开动试验机, 当 加压头与试件快接 触时, 再次调整试 件使粘结面竖直对 中. 以 0.02 ~ 0.05 MPa/s 的速度 连续而均匀地加荷, 直 至试件破坏, 记录 破坏荷载。

2 试验结果

下表 2 列出了试件的 剪切试验结果。

万方数据

表 2 剪切试验结果

Tab.2 Shearing test result

编号	极限抗 剪力/kN	极限剪切 应力/MPa	平均剪切 应力/MPa	植筋提高平 均值/MPa
AⅠ-1	44.98	1.999		
AⅠ-2	33.11	1.472	1.632	0.026
AⅠ-3	32.10	1.427		
AⅡ-1	39.48	1.755		
AⅡ-2	40.01	1.778	1.687	0.081
AⅡ-3	34.37	1.528		
AⅢ-1	37.72	1.676		
AⅢ-2	47.98	2.132	1.856	0.250
AⅢ-3	39.56	1.758		
AⅣ-1	58.3	2.591		
AⅣ-2	45.61	2.027	2.056	0.450
AⅣ-3	34.87	1.550		
BⅠ-1	40.26	1.789		
BⅠ-2	34.63	1.539	1.703	0.097
BⅠ-3	40.06	1.780		
BⅡ-1	43.20	1.920		
BⅡ-2	37.50	1.667	1.822	0.216
BⅡ-3	42.28	1.879		
BⅢ-1	43.21	1.920		
BⅢ-2	47.93	2.130	2.214	0.608
BⅢ-3	58.31	2.592		
BⅣ-1	55.02	2.445		
BⅣ-2	56.36	2.505	2.476	0.870
BⅣ-3	55.76	2.478		

①说明:表中无筋剪切应力是应用文献[8]中公式 $f_{su} = (0.028f_c - 0.546)h - 0.0033f_c + 0.9$ 为 1.606 MPa. ②A 代表植筋粘结剂为膨胀水泥, B 代表植筋方式为预埋钢筋; ③Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ 分别代表植筋率为 0.13%, 0.22%, 0.35%, 0.70%, 末尾的阿拉伯数字代表每组内每个试件的编号. ④新混凝土立方抗压强度为 39.41 MPa.

3 试验结果分析

3.1 试验过程及分析

图 4 是植筋法新老混凝土粘结立方体试件剪切破坏. 从图中可以看出, 新老混凝土粘结的剪切试件均从粘结面破坏, 破坏面较平直. 说明新老混凝土粘结面是一个薄弱面。



图 4 新老混凝土粘结立方体试件破坏图
Fig.4 Destruction of new - old concrete bonding
cube shape specimens

加载初始阶段,新老混凝土结合面并未立即产生裂缝,试件表面也无其它可见裂缝产生,荷载增加到一定数值时,在新老混凝土粘结界面出现一条贯穿整个界面的微小裂缝.试件并没有立即发生剪切破坏,而是随着试验继续进行,剪切荷载并未立即下降,裂缝不断加宽,新老混凝土粘结界面发生了肉眼可见的较明显的剪切错动.继续加载一段时间,结束该试验.结果发现,至试验结束,试件也未发生突然的剪切破坏.试件表现为明显的延性破坏.此特点使结构即使在较大裂缝宽度情况下仍具有较大的剪切强度.这点对于实际工程中新老混凝土粘结界面尤为重要,因为在这些部位,混凝土本身会因为收缩而导致开裂,但植筋却可以使结构在开裂状态下仍保持较高的剪切强度,即混凝土结构可以带裂缝工作,从而保证加固的有效性和可靠性.

由文献[8]可知,无筋法新老混凝土粘结界面的剪切破坏具有明显的脆性.即加载开始后,新老混凝土粘结界面出现裂缝以前,剪力持续增长,一旦新老混凝土粘结面出现裂缝,试件所能够承受剪力立即下降,实际上界面一开裂,试件就已经被剪坏,此时在试验过程中还可听到“砰”一声脆响,试件从新老混凝土粘结面被剪为两半,破坏为明显的脆性破坏.

3.2 植筋率及植筋方式对结果的影响分析

3.2.1 植筋率对植筋剪切强度的影响

由表2中数据可以看到,随着植筋率的增大,其粘结抗剪强度也增大.比如A类植筋方式,I,II,III,IV种植筋率的粘结抗剪强度分别为相同条件下无筋试块粘结抗剪强度的101.62%,105.04%,115.57%和128.02%.II类植筋率的粘结抗剪强度比I类植筋率的提高了3.37%,III类植筋率的粘结抗剪强度比II类的提高了10.02%,IV类植筋率的粘结抗剪强度比III类的提高了10.78%.另外,在A,B类植筋方式中,IV类植筋率的粘结抗剪强度比I类植筋率的提高幅度分别为25.98%,45.39%.可见,新老混凝土粘结时配置一定的钢筋是必要的.但通过一味提高植筋率的方式来提高新老混凝土粘结抗剪强度是不可行的,也是不经济的.本文由于试验数据有限,没有得到最佳的植筋率.

3.2.2 植筋方式对植筋剪切强度的影响

由表2中数据可以看到,随着A,B植筋方式的不同,新老混凝土粘结的剪切强度有所提高.以IV类植筋率为例,A,B类植筋方式的粘结剪切强

度分别为2.056,2.476 MPa.B类植筋方式的新老混凝土粘结剪切强度比A类提高了20.43%.可见,同种条件下,B类即预埋钢筋的粘结剪切强度最大.这是由于预埋钢筋情况下,钢筋与老混凝土的粘结效果几乎等同于一个整体,而使用膨胀水泥的植筋方式A由于受粘合剂质量、试验操作等因素的影响,导致粘结剂粘结不牢,以致于钢筋强度没有被充分的利用,粘合效果自然差于预埋钢筋.这与试验的预期结果相吻合.

虽然预埋钢筋对提高新老混凝土粘结的剪切强度效果最佳,而且也广泛的应用于工程施工中,但由于预埋钢筋受到一定的工程条件限制,比如一期工程时必须预留钢筋等,工程加固中很少采用此法.而植筋技术以其施工便捷、可靠灵活的特点,目前在采矿、公路及铁路桥梁、水利、建筑等工程领域的结构加固、改型、补漏及建筑物夹层工程中得到广泛的应用;而且还受到广大科研人员和工程技术人员关注和不断的研究探索.

3.2.3 植筋率和植筋方式的综合影响

图5给出了植筋的粘结剪切强度和植筋率的关系图,可以发现,对于同一种植筋方式,粘结剪切强度和植筋率基本成线性关系.粘结剪切强度随植筋率的增大而增大,同时随A,B植筋方式的变化,粘结剪切强度也有所增大.

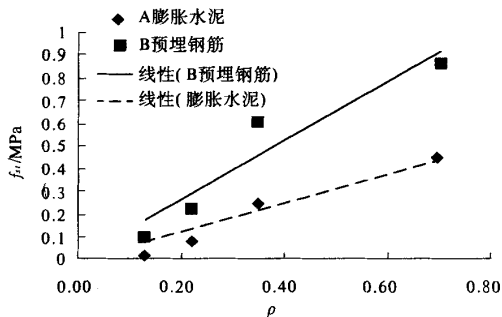


图5 植筋剪切强度和植筋率的关系

Fig.5 Relation between shearing strength and rate of reinforced bars

根据植筋剪切强度和配筋率及植筋方式的关系及图中试验点的分布,采用最小二乘法回归分析,可以得到,在老混凝土粘结面粗糙度为1.5 mm时,植筋的粘结剪切强度和植筋率的关系表达式如下.

当植筋方式为预埋钢筋时:

$$f_{st} = 130.12\rho \quad (1)$$

当植筋方式为膨胀水泥时:

$$f_{st} = 62.511\rho \quad (2)$$

式中: f_{st} 为植筋粘结剪切强度, MPa; ρ 为植筋率。
由以上式(1)、(2)可见, 当 ρ 趋于 0 时, f_{st} 趋于 0。

由植筋加固时, 钢筋这一因素对新老混凝土粘结的剪切强度所起作用的计算公式(1)、(2); 再结合文献[8]中公式 $f_{st} = (0.028f_c - 0.546)h - 0.0033f_c + 0.9$, 此式为无筋法新老混凝土粘结的剪切强度计算公式。综合上面两类公式, 可以得到植筋法新老混凝土粘结的剪切强度计算公式如下。

当植筋方式为预埋钢筋时:

$$f_{st} = (0.028f_c - 0.546)h - 0.0033f_c + 130.12\rho + 0.9 \quad (3)$$

当植筋方式为膨胀水泥时:

$$f_{st} = (0.028f_c - 0.546)h - 0.0033f_c + 62.511\rho + 0.9 \quad (4)$$

式中: f_{st} 为植筋粘结剪切强度, MPa; ρ 为植筋率; f_c 为新混凝土的立方体抗压强度, MPa; h 为粗糙度, mm。

4 结论

(1) 新老混凝土粘结面采用植筋法是可行的: 该方法不仅使无筋法新老混凝土的粘结脆性破坏转变为明显的延性破坏, 而且对粘结剪切强

度也有一定的提高。

(2) 试验得到加固时选择一定的植筋率是必要的。在今后的实际植筋加固工程中, 当老混凝土粗糙度、植筋率与植筋方式与本试验相接近时, 新老混凝土粘结的剪切强度计算可参考文中式(3)、(4)。

参考文献:

- [1] 韩菊红, 毕苏萍, 张启明, 等. 粗糙度对新老混凝土粘结性能的影响[J]. 郑州工业大学学报, 2001, 22(3): 22 ~ 24.
- [2] 袁群, 刘键. 新老混凝土粘结的剪切强度研究[J]. 建筑结构学报, 2001, 22(2): 46 ~ 50.
- [3] 田稳苓, 赵志方, 赵国藩, 等. 新老砼的粘结机理和测试方法研究综述[J]. 河北理工学院学报, 1998, 20(1): 84 ~ 94.
- [4] 袁永浩. 谈植筋技术在混凝土结构加固中的应用[J]. 山西建筑, 2005, 31(12): 50 ~ 51.
- [5] 刘益强. 植筋在建筑工程中的应用[J]. 淮南职业技术学院学报, 2004, 4(13): 110 ~ 112.
- [6] CECS25:90, 混凝土结构加固技术规范[S].
- [7] JGJ55—2000, 普通混凝土配合比设计规程[S].
- [8] 王少波. 新老混凝土粘结面抗剪强度实验研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2000.

Experimental Study on Shearing Property of Interfacial Bonding of New to Old Concrete by Planting Reinforced Bar

ZHANG Lei - shun, WANG Er - hua, YAN Guo - xin

(School of Environment and Water Conservancy, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: This research takes two - month - old concrete to cast a serial of 150 mm × 150 mm × 150 mm cube shape new - old concrete bonding specimens. By shear testing investigation, we find that the visible unbrittleness destruction happens to the specimens on the one hand by planting reinforced bars into concrete, and they still bear big shearing strength when the specimens have rather big crack and accordingly assure the validity and credibility of projects reinforced. On the other hand, the shearing strength of interface between new and old concrete is increased to some degree with the increasing rate of reinforced bars under the same method of inserting reinforced bars, and the shear strength of beforehand burying steel bars is larger than that of expansive cement adhesive under the same condition. For example, the corresponding shear strength of the ratio of planting reinforced bar 0.13%, 0.22%, 0.35%, 0.70%, which are separately 101.62%, 105.04%, 115.57%, 128.02% times greater than that of zero bars. It is obvious that planting reinforced bars into concrete to reinforce the constructions is good in theory. The paper gets the regression equation of shear strength of inserting reinforced bars - ratio of inserting reinforced bars (1), (2) based on the test data.

Key words: planting reinforced bar; new - old concrete; bond interface; shear strength