

# 混凝土结构加固结合面抗剪特性分析

赵瑶<sup>1</sup> 易水珊 郭红铄\* 李笑笑 戴鹏捷

湖南交通工程学院 交通运输工程学院 湖南 衡阳 421001

**摘要:** 随着植筋法在混凝土结构加固中的广泛应用, 新旧混凝土结合面的力学特性成为加固中的重要环节。本文通过分析新旧混凝土结合面的薄弱成因、抗剪机理, 并以此进行试验设计, 通过对比整体试件、凿毛试件、植筋凿毛试件、植筋沟槽试件的抗剪特性, 结果表明在没有植筋的情况下结构呈现脆性破坏, 植筋时呈现出延性破坏, 整体构件的抗剪特性高于新旧混凝土, 植筋和沟槽可以有效提高混凝土加固效果。

**关键词:** 混凝土; 植筋法; 粘结面; 抗剪特性

## 前言

随着社会、经济的发展和环境影响, 我国许多既有建筑已经不能满足当前的使用要求, 这些建筑面临着检测、维修、加固、改造等。工程实践证明, 在原有建筑形体基础上对其进行加固和改造, 不仅可提高原结构的安全, 而且能达到新建筑使用功能的要求; 节约了新建筑的大量建筑材料资源, 而且减少了新建建筑带来的环境破坏的影响。与新建建筑相比, 既有建筑的加固改造具有投资小, 影响小, 工期短, 省空间等诸多优点。大多数既有混凝土建筑结构的加固和改造工程, 都会涉及到新旧混凝土连接的问题, 新旧混凝土连接的质量直接影响加固改造成果的质量。随着混凝土结构加固改造项目的不断增多, 新旧混凝土加固方法也得到广泛应用, 但是新旧混凝土粘结面的力学特性仍比整浇混凝土要小得多, 于是粘结面就成了加固结构中最容易破坏的环节。因此, 对新旧混凝土界面的连接方法以及受力性能研究是具有重要的理论研究意义和工程应用价值。

## 1 混凝土结构加固中粘结面薄弱成因

(1) 新旧混凝土之间存在空隙。新旧混凝土由于粗糙度等原因导致在粘结面形成了一些空隙, 这种空隙是一种封闭结构, 在新混凝土浇筑和振捣过程中并不能将这些空隙完全填充, 使得新旧混凝土结合面形成了一些空隙, 显著降低了新旧混凝土粘结面的粘结强度。

(2) 新旧混凝土结合面水灰比存在差异。在旧混

凝土上浇筑新混凝土时, 新旧混凝土界面之间存在一个过渡区, 而旧混凝土由于存在较强的亲水性, 从而在表面形成具有一定厚度的水膜, 从而导致新旧混凝土结合面的水灰比高于结构中其他部位, 因此结合面处氢氧化钙晶体和巧错硫酸盐晶体数量增多、体积增大, 晶体结构中的晶粒会在不同程度上围绕某些特殊的取向排列, 导致结合面强度降低。

(3) 新旧混凝土不均匀变形导致微裂缝。由于新旧混凝土的粘结面远大于粗骨料的面积, 因此在结合面间由化学收缩和失水收缩所产生的不均匀变形更大, 相应的在新旧混凝土界面所产生的的拉应力也远大于整浇混凝土中骨料与水泥之间的作用力, 因此在新旧混凝土粘结面不可避免地产生更多的微裂缝, 从而使得粘结面强度降低。

## 2 新旧混凝土粘结面抗剪机理

根据目前的研究普遍认为新旧混凝土之间的粘结力主要由机械咬合力、范德华力、化学力三部分组成, 而主要粘结力是骨料与水泥浆之间的机械咬合力, 其次为浆体与细颗粒、晶体之间的范德华力, 粘结面之间的化学力相对较小可以忽略不计。根据目前的研究可知, 新旧混凝土之间的粘结力与结合面的粗糙度、混凝土的抗压强度等级、界面剂等因素有关, 粗糙度越大, 新旧混凝土之间的咬合力也就越大, 结合面之间的粘结力越大; 混凝土的抗压强度等级越高, 水泥的胶结力也越高, 新旧混凝土结合面的咬合力越大; 在新旧混凝土之间涂刷界面剂可以有效提高界面之间的粘结力。

## 3 新旧混凝土植筋抗剪机理

在没有植筋的混凝土加固结构中, 粘结面发生的属于脆性破坏, 粘结力主要由机械咬合力、范德华力、化学力提供, 植筋后由于钢筋的抗剪能力较强, 破坏形态呈现出明显的塑性破坏, 当植筋与植筋粘结剂之间、混

**作者简介:** 赵瑶(2002.11-), 男, 汉族, 湖南益阳人, 本科在读, 研究方向: 土木工程。

**\*通讯作者:** 郭红铄(1987.4-), 女, 汉族, 河南安阳人, 硕士, 副教授, 主要从事桥梁与隧道工程、道路工程、材料力学等的教学与科研工作。

**基金项目:** 2022 年度湖南省大学生创新创业训练计划项目, 项目编号: S202213924032

凝±与植筋粘结剂之间的粘结力较大的时候，那么植筋的抗拉强度就由植筋的屈服强度决定。

#### 4 试验研究

##### 4.1 试件制作

本设计采用“Z”型试件，试件尺寸为340mm×100mm×540mm，为保证试件拐角处不被压碎破坏，使用φ12钢筋进行补强。旧混凝土采用C30混凝土，新混凝土试件采用C35混凝土，植筋采用HRB335级带肋钢筋，植

入钢筋分别采用10mm、12mm、14mm三种规格，每种试件制作2组，试件制作流程如图1所示。试件参数如表1所示，ZT-1、ZM-1、ZJ-1、ZG-1分别如图2所示。

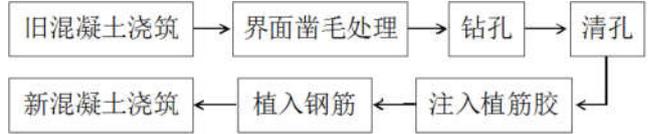


图1 试件制作流程

表1 试件参数表

序号	编号	处理方式
1	ZT-1	整体试件
2	ZM-1	表面凿毛，清除浮浆
3	ZJ-1	表面凿毛，清除浮浆，植筋2根，直径10mm，间距100mm，植入深度120mm
4	ZJ-2	表面凿毛，清除浮浆，植筋2根，直径12mm，间距100mm，植入深度120mm
5	ZJ-3	表面凿毛，清除浮浆，植筋2根，直径14mm，间距100mm，植入深度120mm
6	ZG-1	表面凿毛并设沟槽，清除浮浆，沟槽深度30mm，宽度50mm，植筋2根，直径10mm，间距100mm，植入深度120mm
7	ZG-2	表面凿毛并设沟槽，清除浮浆，沟槽深度30mm，宽度50mm，植筋2根，直径12mm，间距100mm，植入深度120mm
8	ZG-3	表面凿毛并设沟槽，清除浮浆，沟槽深度30mm，宽度50mm，植筋2根，直径14mm，间距100mm，植入深度120mm

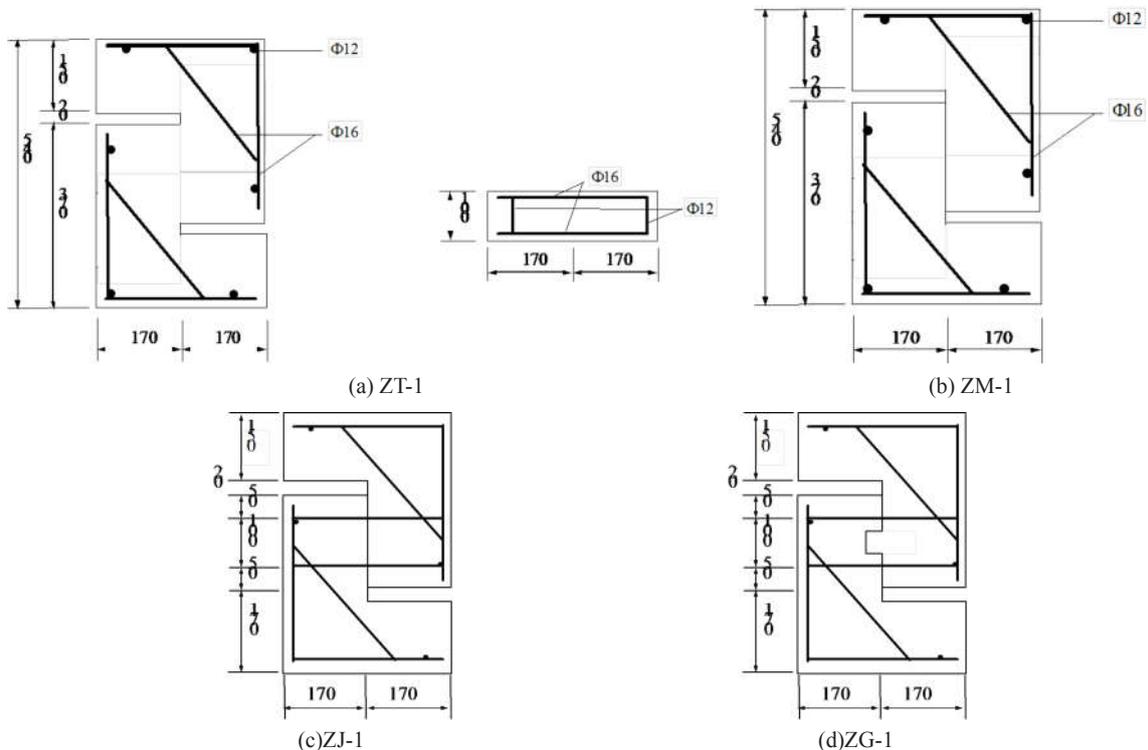


图2 试件结构图

##### 4.2 试验结果

试验采用液压万能压力试验机进行加载，为保证试验结果的准确性，首先进行预加载并保持15分钟，然后

逐步卸载。正式加载每级加载5kN，每次加载保持10分钟。试验结果如表2所示：

表2 时间抗剪强度表

试件组号	剪切破坏荷载值 (kN)	抗剪强度 (MPa)	平均抗剪强度 (MPa)	试件组号	剪切破坏荷载值 (kN)	抗剪强度 (MPa)	平均抗剪强度 (MPa)
ZT-1	154.2	7.71	7.85	ZJ-3	109.6	5.48	5.53
	159.8	7.99			111.6	5.58	
ZM-1	64.6	3.23	3.03	ZG-1	99.8	4.99	4.96
	56.6	2.83			98.6	4.93	
ZJ-1	84.4	4.22	4.12	ZG-2	107.4	5.37	5.61
	80.4	4.02			117	5.85	
ZJ-2	93.8	4.69	4.84	ZG-3	123	6.15	6.07
	99.8	4.99			119.8	5.99	

### 4.3 实验分析

经过加载至试件破坏，主要实验现象如下：

(1) 整体试件ZT-1从开始加载到破坏，没有明显的变形、开裂等，为脆性破坏，破坏面与加载方向基本平行，破坏原因为混凝土剪应力达到极限剪切应力发生剪切破坏。

(2) 凿毛试件ZM-1加载至破坏荷载时，新旧混凝土在结合面处发生相对错动并完全分离，试件破坏之前没有明显的变形，开裂与破坏几乎同时发生，呈典型的脆性破坏。

(3) 植筋试件ZJ-1、ZJ-2、ZJ-3与植筋沟槽试件ZG-1、ZG-2、ZG-3试验现象类似，加载初期没有明显裂缝，随着荷载的增加出现微小裂缝，并伴随一定的响声，裂缝不断发展形成贯穿裂缝，此时试件并未发生剪切破坏但是抗剪能力明显下降，随着加载的进行抗剪能力有所提升至某一峰值后迅速下降，剪切位移不断增大，呈现出明显的延性破坏。

(4) 通过对比植筋试件ZJ-1、ZJ-2、ZJ-3与植筋沟槽试件ZG-1、ZG-2、ZG-3的抗剪强度随着植筋率的增加新旧混凝土粘结面抗剪能力明显提高，通过增加沟槽的方式可以有效提高新旧混凝土粘结面抗剪能力。

### 5 结论与展望

本文通过分析新旧混凝土结合面破坏原因、抗剪机理进行试验设计，试验通过对比整体试件、凿毛试件、植筋凿毛试件、植筋沟槽试件等不同情况下的试验情况，得到如下结论：

(1) 整体试件、凿毛试件在没有植筋的情况下破坏前没有明显的开裂、变形，呈现出典型的脆性破坏的特征；植筋凿毛试件、植筋沟槽试件加载过程中在新旧混

凝土粘结面出现贯穿裂缝，出现明显的剪切位移，呈现出延性破坏的特点；

(2) 凿毛试件、植筋凿毛试件、植筋沟槽试件破坏面均发生在新旧混凝土粘结面，且抗剪能力明显低于整体试件，由此可见新旧混凝土结合面是混凝土加固结构中的薄弱部分；

(3) 随着植筋率的增加，新旧混凝土粘结面抗剪特性明显提高，通过设置沟槽的形式亦可以有效提高新旧混凝土结合面的抗剪特性；

(4) 不同试件抗剪能力为整体试件 > 植筋沟槽试件 > 植筋试件 > 凿毛试件。

由于实验条件限制，本实验未对植筋深度、植筋胶等因素进行试验，未能得出最佳植筋率以及最佳植筋深度。

### 参考文献

[1] 张胡澳,郭红钰.植筋法在新旧混凝土结合面的抗剪性能研究[J].散装水泥,2020(02):13-14.

[2] 孙晓波.浅谈植筋法在建筑填充墙砌体施工中的应用[J].中外企业家,2019(04):83-84.

[3] 黄璐,林新鹏,廖丽云,彭茹蕊,卓卫东.植筋法新旧混凝土界面剪切强度的实用计算公式[C]//第25届全国结构工程学术会议论文集(第Ⅲ册).,2016:316-325.

[4] 张淼,张晶.植筋法混凝土与石砌体粘结面剪切性能试验研究[J].建筑科学,2015,31(01):43-47.

[5] 江志伟.沟槽和植筋新旧混凝土界面抗剪性能试验研究[D].广东工业大学,2014.

[6] 李刚.建筑工程中植筋法的应用[J].建筑工程技术与设计,2015(8):650-650.

[7] 李亚军.浅谈填充墙砌体拉结筋“植筋法”施工法[J].民营科技,2014(4):169.