

预制混凝土结构插入式预留孔灌浆钢筋锚固性能

姜洪斌¹, 张海顺^{1,2}, 刘文清³, 阎红缨³

(1. 哈尔滨工业大学 土木工程学院, 150090 哈尔滨, 3260787@hit.edu.cn; 2. 天津大学 建筑工程学院, 300072 天津;
3. 黑龙江宇辉建设集团, 150090 哈尔滨)

摘要: 为研究预制混凝土结构的钢筋连接方法, 设计制作了 81 个预制混凝土插入式预留孔灌浆钢筋锚固拉拔试件, 考虑钢筋直径、混凝土强度、锚固长度等主要影响参数. 连续加荷拉拔试验结果表明: 灌浆锚固试件的最终破坏状态都是外部钢筋屈服或被拉断, 没有发生异常锚固破坏, 而且在基本锚固长度基础上分别减小为 0.9、0.8 倍时还有较大安全储备. 根据试验数据结果给出插入式预留孔灌浆钢筋的基本锚固长度为 $0.8 l_a$.

关键词: 住宅产业化; 预制混凝土结构; 装配式结构; 钢筋锚固搭接; 粘结滑移

中图分类号: TU741.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2011)04-0028-04

Experimental study on plug-in filling hole for steel bar anchorage of the PC structure

JIANG Hong-bin¹, ZHANG Hai-shun^{1,2}, LIU Wen-qing³, YAN Hong-ying³

(1. School of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, 150090 Harbin, China, 3260787@hit.edu.cn; 2. School of Civil Engineering, Tianjin University, 300072 Tianjin, China; 3. Heilongjiang YUHUI Construction Group, 150090 Harbin, China)

Abstract: To study the connection method between reinforced bars of the precast concrete (PC) structure, 81 plug-in filling hole for lap-joint of steel bar sample tests were made, and the main factors, such as reinforced bar diameter, concrete strength and anchorage length etc. were considered during the tests. The test results indicated that the ultimate failure state of all the anchoring specimens were the external reinforced bar yielding or broken up by pulling, and the abnormal anchorage was not destroyed. When the basic anchoring length was reduced by 10% or even 20%, specimens still showed enough safety. Based on this, the basic anchoring length of plug-in filling hole for lap-joint of steel bar can be given as $0.8 l_a$.

Key words: housing industrialization; precast concrete structure; assembly structure; reinforcement anchorage & lapping; bond-slip behavior

住宅产业化的本质含义是采用工业化方式生产住宅, 提高住宅的性能品质、降低建筑产品能耗, 提高劳动生产率, 降低成本^[1]. 住宅产业化房屋关键在于结构部品之间的钢筋连接, 课题组研发了插入式预留孔钢筋搭接连接方法. 而钢筋搭接连接性能的基础是钢筋的锚固性能, 因此, 这种插入式预留孔钢筋锚固性能的研究至关重要.

1 试验

1.1 插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接

结合图 1 说明插入式预留孔灌浆钢筋搭接连接的实施方式^[2], 在预制混凝土构件预埋钢筋下端的旁边, 预留有内壁为螺旋状等粗糙表面孔洞, 当预制混凝土构件经吊装安装, 使得被连接钢筋插入孔洞内至一定的搭接长度, 向孔洞内灌入灌浆料, 凝结硬化后即可将两根钢筋连接成一体. 在孔洞和预埋钢筋周边预埋有沿孔洞长度方向布置的螺旋筋, 用以进一步加强钢筋的搭接连接性能.

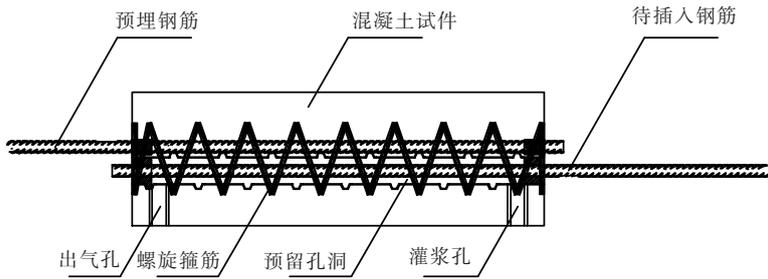


图1 钢筋搭接示意图

1.2 钢筋锚固试验

1.2.1 试件参数的选择

为了能够深入了解这种方式钢筋的搭接连接性能,应首先确定此种方式的钢筋锚固性能.而影响钢筋与混凝土之间粘结强度的因素很多^[3-4],经过筛选主要选择锚固长度、钢筋直径、混凝土强度、螺旋筋配箍率4个因素下的试验^[5-9].图2为

插入式预留孔灌浆钢筋锚固试验试件尺寸说明.其中,锚固长度 l_a 以规范计算长度基础上分别减小10%、20%;钢筋级别为HRB335,直径分别为12、14、16 mm;混凝土强度分别采用C20、C30、C40;螺旋筋配箍率按照避免试件劈裂破坏设计直径和间距.为了避免锚固钢筋加载端受到局部挤压,用橡胶皮塞隔离.

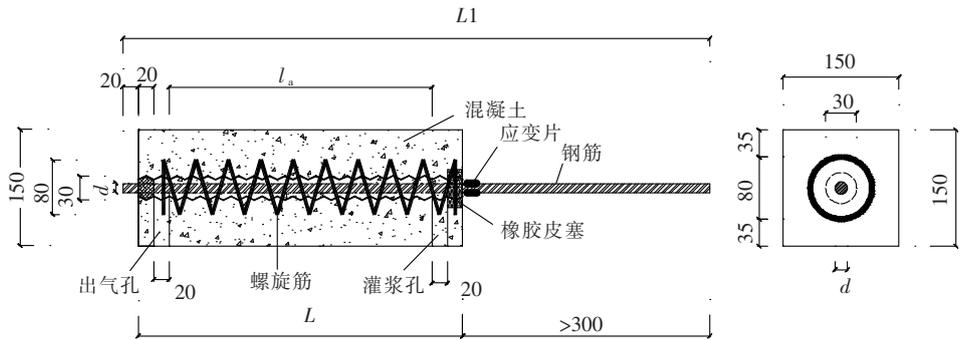


图2 试件尺寸说明

1.2.2 试件制备过程

1) 试件模具制作安装(图3).采用木模板制作,通过模板两端穿入带螺旋凸起的成孔模芯,其外侧套有螺旋状加强筋,在相应设计锚固长度两

端垂直插有灌浆孔和出气孔的成型塑料管.

2) 浇筑混凝土(图4).按照强度等要求设计混凝土配合比,浇入模具中,并进行人工振捣.

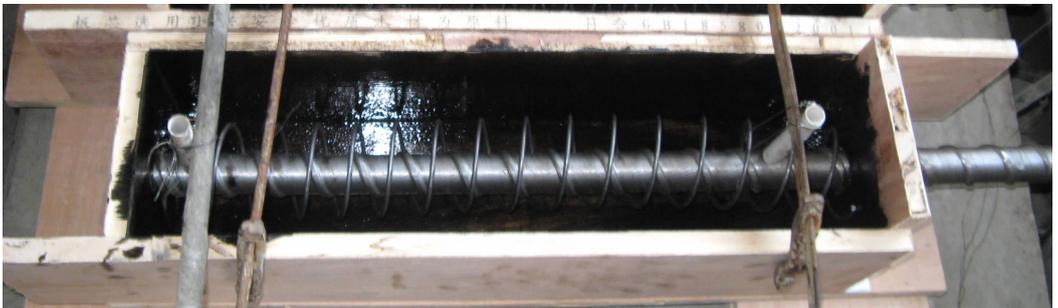


图3 模具及试件成孔方式



图4 浇筑混凝土

3) 试件养护拆模(图 5). 混凝土终凝前, 旋出成孔模芯、拔出灌浆、出气孔成孔塑料管, 再进行标准养护 3 d 后拆模.

(图 6)中插入锚固钢筋, 两端适当封堵后通过灌浆孔灌入水泥基灌浆料(图 7), 待出气孔有灌浆料冒出后封堵. 养护 28 d 后可进行拉拔试验.

4) 插入钢筋并灌入灌浆料. 试件的预留孔洞

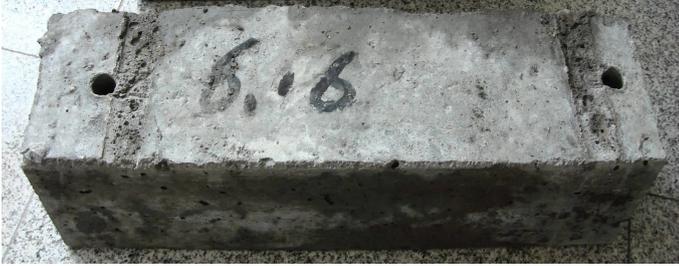


图 5 混凝土试件拆模



图 6 内部预留孔洞



图 7 试件灌浆锚固

1. 2. 3 试件参数说明

试件横截面为 150 mm × 150 mm, 试件长度见表 1, 灌浆孔和出气孔的直径均为 20 mm, 钢筋加

载端外露长度为 300 mm, 自由端外露长度为 20 mm.

表 1 锚固试验试件尺寸及数量

HRB335	钢筋直径	编号	锚固长度 l_a	编号	$0.9 l_a$	编号	$0.8 l_a$	箍筋间距	试件个数
	12	A1 - A3	458	A4 - A6	412	A7 - A9	367	40	9
C20	14	B1 - B3	535	B4 - B6	481	B7 - B9	428	40	9
	16	C1 - C3	611	C4 - C6	550	C7 - C9	489	40	9
	12	D1 - D3	352	D4 - D6	317	D7 - D9	282	31	9
C30	14	E1 - E3	411	E4 - E6	370	E7 - E9	329	31	9
	16	F1 - F3	470	F4 - F6	423	F7 - F9	376	31	9
	12	G1 - G3	295	G4 - G6	265	G7 - G9	236	26	9
C40	14	H1 - H3	344	H4 - H6	309	H7 - H9	275	26	9
	16	I1 - I3	393	I4 - I6	354	I7 - I9	314	26	9

1. 2. 4 钢筋锚固试验方案

钢筋锚固性能试验采用拉拔试验方式, 加载装置采用配有数字压力表的 200 kN 锚杆拉力计, 拉拔试验加荷为连续加荷, 直到试件钢筋屈服或拉断破坏为止. 加载速度根据拉拔试验操作方法确定, 通过数字压力表记录钢筋屈服或拉断时的力, 钢筋应变仪测得钢筋应变, 千分表记录钢筋自由端滑移量. 试验装置见图 8.



图 8 钢筋锚固性能拉拔试验装置图

2 结果及分析

2.1 锚固试验现象

试验前按照规定测得了各种直径锚固钢筋的屈服拉力和极限拉力等材性参数. 试验中,所有 81 个带肋钢筋试件最终没有发生粘结破坏、钢筋被抽出破坏或者是混凝土劈裂破坏,所有试件最终破坏模式都为钢筋在试件外部受拉屈服或被拉

断,达到了钢筋锚固要求. 破坏状态如图 9 所示.

2.2 锚固试验数据处理

试验记录了各试件的屈服拉应力、极限拉应力、加载端内外伸长量以及自由端千分表读数和最终的破坏模式. 相同钢筋直径、混凝土强度、锚固长度的每组试验 3 个试件,其中 1 个试件加载到钢筋断裂为止. 各组试验钢筋屈服拉应力结果平均值见表 2.



图 9 钢筋锚固试验试件破坏图

表 2 搭接长度试验试件屈服强度

MPa

钢筋直径/mm	锚固长度	混凝土强度			材料性能试验
		C20	C30	C40	
12	l_a	323.6	308.6	315.6	336.6
	$0.9 l_a$	313.9	318.3	314.8	
	$0.8 l_a$	313.9	317.4	320.1	
14	l_a	324.2	361.4	328.7	330.3
	$0.9 l_a$	324.2	321.6	302.8	
	$0.8 l_a$	315.8	316.4	300.8	
16	l_a	317.8	328.7	295.4	314.8
	$0.9 l_a$	315.8	302.8	280.5	
	$0.8 l_a$	325.2	300.8	274.5	

注:破坏状态均为屈服或拉断.

从表 2 可知,对于各种因素不同的试件,其最终破坏状态都是钢筋屈服或被拉断(每组 1 个加载到拉断,2 个加载到屈服),试件的加载端钢筋的外露部分伸长量较大,而自由端的滑移量为零,说明所有试件都没有发生异常锚固破坏.而在规范规定的基本锚固长度 l_a 基础上分别减小为 $0.9 l_a$ 、 $0.8 l_a$ 时,拉拔试验也都达到了锚固性能要求,说明这种插入式预留孔灌浆钢筋锚固性能满足我国规范规定的锚固性能要求,而且还有较大储备,根据试验数据结果其锚固长度可确定为 $0.8 l_a$.

3 结论

1)对于这种拥有自主知识产权的插入式预留孔灌浆钢筋锚固性能试件,试件内部设计有简单有效的螺旋加强箍筋,加强了对混凝土的套箍作

用,增强了钢筋在混凝土内部的锚固性能.

2)试验中当试件减少 20% 的锚固长度时均未发现钢筋滑移,说明这种方式的锚固长度可以很大程度减小,根据试验数据结果其锚固长度可确定为 $0.8 l_a$.

3)插入式预留孔灌浆钢筋锚固操作简单,只是通过简单的预留孔洞、现场插入和简单的灌浆过程完成,省去了钢筋焊接或连接套筒等复杂方式,并且钢筋锚固连接性能可靠,因此,适合于住宅产业化预制混凝土结构的施工建造特点^[10-12].

4)通过 81 个试件的钢筋锚固试验,获得了大量的第一手数据,对插入式预留孔灌浆钢筋锚固性能有了确切了解,为下一步确定这种方式的钢筋搭接连接性能提供理论依据和试验基础. (下转第 36 页)