

江苏省地方标准

DB32

J 15113—2020

DB32/T 3754—2020

装配整体式混凝土结构 检测技术规程

Technical specification for inspection of
monolithic precast concrete structure



2020-02-24 发布

2020-05-01 实施

统一书号：155345·758

定 价： 30.00 元

江苏省住房和城乡建设厅
江苏省市场监督管理局

联合发布

WWW.ZYLJC.CN

江苏省地方标准

装配整体式混凝土结构检测技术规程

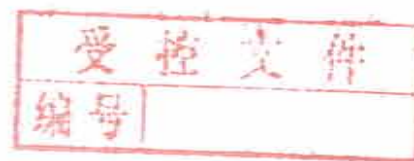
Technical specification for inspection of
monolithic precast concrete structure

DB32/T 3754—2020

主编单位：南京市建筑安装工程质量监督站
东南大学

批准部门：江苏省住房和城乡建设厅
江苏省市场监督管理局

实施日期：2020年5月1日



江苏凤凰科学技术出版社

2020 南京

江苏省地方标准

装配整体式混凝土结构检测技术规程

Technical specification for inspection of monolithic precast concrete structure

DB32/T 3754—2020

主 编 南京市建筑安装工程质量监督站
东南大学

责任编辑 刘屹立 宋 平

出版发行 江苏凤凰科学技术出版社

出版社地址 南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009

出版社网址 <http://www.pspress.cn>

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 南京碧峰印务有限公司

开 本 850mm×1168mm 1/32

印 张 3

版 次 2020年5月第1版

印 次 2020年5月第1次印刷

统一书号 155345·758

定 价 30.00元

图书如有印装质量问题, 可随时寄印刷厂调换。

前 言

为推进江苏省建筑工业化进程, 规范装配整体式混凝土结构质量检测, 根据《省住房城乡建设厅关于印发〈2017年度江苏省工程建设标准和标准设计编制、修订计划〉的通知》(苏建科〔2017〕409号)的要求, 编制组经广泛调查研究, 结合承担的省级课题“装配式混凝土结构关键检测技术研究”(项目编号2017ZD122)的成果, 参考国内外相关标准和规范, 进行了大量的试验、数据比对和统计分析, 联系装配整体式混凝土结构的工程实际, 在广泛征求意见的基础上制定本规程。

本规程于2020年2月24日经主管部门批准发布, 自2020年5月1日起实施。

本规程共6章, 主要技术内容包括: 1 总则; 2 术语; 3 基本规定; 4 材料及预制构件质量检测; 5 结构连接节点实体质量检测; 6 结构实体质量检测; 附录A~附录J。

本规程由江苏省住房和城乡建设厅负责管理, 由南京市建筑安装工程质量监督站(地址: 南京市御道街33-30号; 邮政编码: 210007)负责具体技术内容的解释。各单位在执行过程中若有修改意见或建议, 请反馈至江苏省工程建设标准站(地址: 南京市江东北路287号银城广场B座4楼; 邮政编码: 210036)。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 南京市建筑安装工程质量监督站

东南大学

参 编 单 位: 昆山市建设工程质量检测中心

南京工大建设工程技术有限公司

南京华建工业设备安装检测调试有限公司

中国建筑第二工程局有限公司上海分公司

中民筑友科技集团有限公司

河海大学

南京市装配式建筑工程研究中心

淮安市建筑工程质量检测中心有限公司

主要起草人: 石平府 赵建华 顾 盛 杨 放 张亚梅

许 斌 吕如楠 曹 旷 吴玉龙 凌良建

刘国华 吴永军 谢慧晟 李 敏 沈 嵘

夏卫忠 崔咏军 贺鲁杰 沈德建 姜国庆

周晓方 苏宪新

主要审查人: 许清风 孙 彬 钱冠龙 汪 凯 李延和

金孝权 孙正华

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	5
3.1 检测范围、项目和方法	5
3.2 检测工作的程序与要求	8
3.3 检测报告	10
4 材料及预制构件质量检测	11
4.1 一般规定	11
4.2 材料质量检测	11
4.3 预制构件质量检测	13
5 结构连接节点实体质量检测	15
5.1 一般规定	15
5.2 灌浆饱满度检测	15
5.3 钢筋锚固(插入)长度检测	17
5.4 灌浆料实体强度检测	17
5.5 竖向预制构件底部接缝内部缺陷检测	18
5.6 叠合楼板结合面缺陷检测	18
6 结构实体质量检测	20
6.1 一般规定	20
6.2 结构尺寸偏差检测	20
6.3 结构构件检测	21
6.4 动力特性检测	21
6.5 外围护墙板防水性能检测	22
附录 A 铺砂法检测混凝土叠合板结合面粗糙度	24
附录 B 拉拔法检测预制构件预埋连接件锚固抗拔力	28

附录 C 现场原位取样法检测套筒内灌浆高度和钢筋锚固长度	35
附录 D 内窥镜法检测套筒内灌浆饱满度和钢筋插入长度	37
附录 E X 射线法检测套筒内灌浆饱满度及钢筋锚固长度	45
附录 F 表面硬度法检测套筒连接灌浆料实体强度	48
附录 G 阵列超声成像法检测叠合楼板结合面缺陷	56
附录 H 三维点云与 BIM 对比检测结构尺寸偏差	57
附录 J 红外热成像法检测外围护墙板防水性能	60
本规程用词说明	62
条文说明	63

1 总 则

1.0.1 为了规范装配整体式混凝土结构检测工作,合理选择检测方法,提升检测质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、改建、扩建和既有装配整体式混凝土结构的检测。

1.0.3 装配整体式混凝土结构的检测除应执行本规程外,尚应符合国家和江苏省现行相关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 装配整体式混凝土结构 monolithic precast concrete structure

由预制混凝土构件通过可靠的连接方式进行连接并与现场后浇混凝土、水泥基灌浆料形成整体的装配式混凝土结构。

2.0.2 混凝土结构实体检测 in-situ inspection of concrete structure

对混凝土结构实体实施的原位检查、检验和测试,以及对从结构实体中取得的样品进行检验和测试分析。

2.0.3 混凝土结构性能检测 inspection of concrete structural performance

针对混凝土构件的承载力、挠度、裂缝控制性能等各项指标所进行的检测。

2.0.4 钢筋套筒灌浆连接 rebar sleeve connection with injected grout

在预制混凝土构件内预埋的金属套筒中插入钢筋并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋连接方式。

2.0.5 钢筋浆锚搭接连接 rebar splice connection with injected grout

在预制混凝土构件中预留孔道,在孔道中插入需搭接的钢筋,并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋搭接连接方式。

2.0.6 集中约束搭接连接 rebar bundle lapping in grout-filled hole confined with spiral hoop

在预制混凝土剪力墙构件中预留孔道,孔道外侧采用螺旋箍筋约束,在孔道中插入下层剪力墙的竖向钢筋束,并灌注水泥基灌浆料而实现的预制剪力墙竖向钢筋搭接连接方式。

2.0.7 灌浆料实体强度检测 in-situ strength inspection of grouting material

从现场钢筋套筒灌浆连接节点处,通过原位测试推定套筒内灌浆料的抗压强度。

2.0.8 铺砂法 sand laying method

采用规定体积的试验用砂,在混凝土叠合板预制底板上摊铺成四边形,量测边长,通过计算得出构件粗糙度换算值的方法。

2.0.9 内窥镜法 observation method via endoscope

利用带尺寸测量功能的内窥镜,在灌浆前和灌浆后对套筒内部进行观测,根据观测结果判断套筒内钢筋插入长度及灌浆饱满度的方法。

2.0.10 X射线局部破损法 partial disrepair method with X-ray

通过对被测构件进行局部破损,减小X射线穿透厚度或将成像装置放置于有利位置,以改善X射线成像效果的一种方法。

2.0.11 表面硬度法 surface hardness method

通过测试灌浆孔道或出浆孔道内灌浆料外端面的硬度值,根据表面硬度与抗压强度的相关性来推定灌浆料抗压强度的方法。

2.0.12 阵列超声成像法 array ultrasonic imaging method

通过超声阵列探头实现超声波的发射与接收,并采用合成孔径聚焦等特定算法完成超声成像的方法。

2.0.13 环境激励法 ambient excitation method

利用周围环境的随机激励使建筑结构产生的微小振动来分析建筑结构的动力特性的方法。

2.0.14 稳态正弦激振法 steady-state sinusoidal excitation method

对被测对象施加频率可控的简谐激振力的激振方法。

2.0.15 粗糙度换算值 roughness conversion value

采用铺砂法检测混凝土叠合构件粗糙度时,在一定面积的检

测区域中, 构件表面凹凸不平的开口空隙的平均深度。

2.0.16 灌浆饱满度 grouting plumpness

钢筋套筒灌浆连接或浆锚搭接连接灌浆结束并稳定后, 套筒或浆锚孔道内灌浆料界面达到连接钢筋预定锚固位置的程度。

2.0.17 灌浆接头钢筋锚固长度 anchorage length of rebar at grouting connecting joint

套筒或浆锚孔道内连接钢筋与灌浆料的粘结长度。

2.0.18 结构动力特性 dynamic characteristics of structures

表示结构动态特征的基本物理量。一般指结构的自振周期或自振频率、振型和阻尼。

3 基本规定

3.1 检测范围、项目和方法

3.1.1 装配整体式混凝土结构应做下列检测:

- 1 材料及预制构件质量检测。
- 2 结构连接节点实体质量检测。
- 3 结构实体质量检测。

3.1.2 装配整体式混凝土结构检测应依据设计文件、相关规范以及委托方要求合理确定检测项目。

3.1.3 装配整体式混凝土结构检测应根据检测类别、检测目的、检测项目、结构实际状况和现场具体条件选择适用的检测方法。

3.1.4 存在质量争议时, 宜采用多种检测方法相互印证, 综合判定。

3.1.5 装配整体式混凝土结构所涉及的材料检测应按表 3.1.5 执行。

表 3.1.5 材料检测一览表

序号	材料名称	抽样数量	检测参数	检测方法
1	水泥	GB 50204	安定性、凝结时间	GB/T 1346
			强度	GB/T 17671
2	粉煤灰	GB 50204	细度	GB/T 1345
			需水量比	GB/T 1596
			烧失量	GB/T 176
3	细骨料	GB 50204	颗粒级配、细度模数、含泥量、泥块含量	JGJ 52

续表3.1.5

序号	材料名称	抽样数量	检测参数	检测方法
4	粗骨料	GB 50204	颗粒级配、含泥量、泥块含量、针片状颗粒含量	JGJ 52
5	钢筋	GB 50204	屈服强度、抗拉强度、伸长率	GB/T 28900、GB/T 228.1
			弯曲性能	GB/T 28900、GB/T 232
			重量偏差	GB/T 1499.1、GB/T 1499.2
6	混凝土	GB 50204	抗压强度	GB/T 50081
7	钢筋连接用灌浆套筒	GB/T 51231	尺寸偏差	JG/T 398
8	钢筋浆锚连接用镀锌金属波纹管	GB/T 51231	径向刚度、抗渗漏性能	JG 225
9	钢筋锚固板	JGJ 256	抗拉强度	JGJ 256
10	夹芯墙板纤维增强塑料(FRP)连接件	GB/T 51231	拉伸强度	JG/T 561
			拉伸弹性模量	
			层间剪切强度	
11	夹芯墙板金属连接件	GB/T 51231	屈服强度	GB/T 228.1
			拉伸强度	
			弹性模量	
			抗剪强度	GB/T 6400
12	灌浆料	GB/T 51231	流动性、竖向膨胀率、凝结时间、抗压强度	JG/T 408
13	坐浆料	GB/T 51231	抗压强度	JGJ/T 70
14	钢筋套筒灌浆连接接头	GB/T 51231	极限抗拉强度、残余变形、灌浆料抗压强度	JGJ 107、JGJ 355
15	钢筋机械连接接头	GB/T 51231	极限抗拉强度、残余变形	JGJ 107

3.1.6 装配整体式混凝土结构所涉及的预制构件、节点及实体质量抽检的数量、参数和方法应按表 3.1.6-1、表 3.1.6-2 执行。

表 3.1.6-1 预制构件检测一览表

序号	检测项目	检测数量	检测参数	检测方法
1	构件几何尺寸	1000 个同类型构件抽取不少于 3 个	尺寸偏差	GB/T 51231
2	叠合板结合面粗糙程度	1000 个同类型构件抽取不少于 3 个	粗糙度	本规程附录 A
3	构件材料强度	1000 个同类型构件抽取不少于 5 个	强度	GB/T 50784
4	构件钢筋配置	1000 个同类型构件抽取不少于 5 个	钢筋保护层、数量、间距、直径	GB/T 50784
5	预埋连接件锚固质量	1000 个同类型构件抽取不少于 3 个	抗拔力	本规程附录 B
6	结构性能	1000 个同类型构件抽取 1 个	承载力、挠度、裂缝宽度	GB 50204

注：同类型是指同一钢种、同一混凝土强度等级、同一生产工艺和同一结构形式。

表 3.1.6-2 连接节点及实体检测一览表

序号	检测项目	检测数量	检测参数	检测方法
1	套筒灌浆连接质量	同一楼层、同一灌浆工艺、同类预制构件中的灌浆套筒应抽取不少于 3 个	灌浆饱满度	本规程附录 C~附录 E
			钢筋锚固(插入)长度	本规程附录 C~附录 E
2	浆锚搭接连接质量	同一楼层、同一灌浆工艺、同类预制构件中的浆锚管应抽取不少于 3 个	灌浆饱满度	本规程附录 C~附录 E
			钢筋锚固长度	本规程附录 C~附录 E

续表3.1.6-2

序号	检测项目	检测数量	检测参数	检测方法
3	外墙板接缝	当外围护面积小于等于5000m ² (包含窗洞面积) 时, 应抽取2个测区; 当外围护面积大于5000m ² (包含窗洞面积) 时, 每增加2500m ² 应增加1个测区	防水性能	本规程附录J

3.1.7 当对装配整体式混凝土结构节点及实体质量存在疑问或有检测要求时, 检测参数、检测方法等可按表3.1.7执行。

表3.1.7 装配整体式混凝土结构检测一览表

序号	检测项目	检测参数	检测方法
1	竖向预制构件底部接缝	内部缺陷	本规程第5.5节
2	套筒灌浆料实体强度	抗压强度	本规程附录F
3	混凝土叠合楼板结合面质量	缺陷	本规程附录G
4	结构实体尺寸偏差	轴线位置、标高、垂直度、倾斜度、相邻构件平整度、支垫中心位置、搁置长度、墙板接缝宽度等	本规程第6.2节、附录H
5	梁、板类构件静载检验	承载力、挠度、裂缝宽度	GB/T 50152
6	结构动力特性	自振周期(频率)、振型和阻尼等	GB/T 50784、DGJ32/TJ 110

3.2 检测工作的程序与要求

3.2.1 装配整体式混凝土结构检测工作宜按图3.2.1的程序进行。

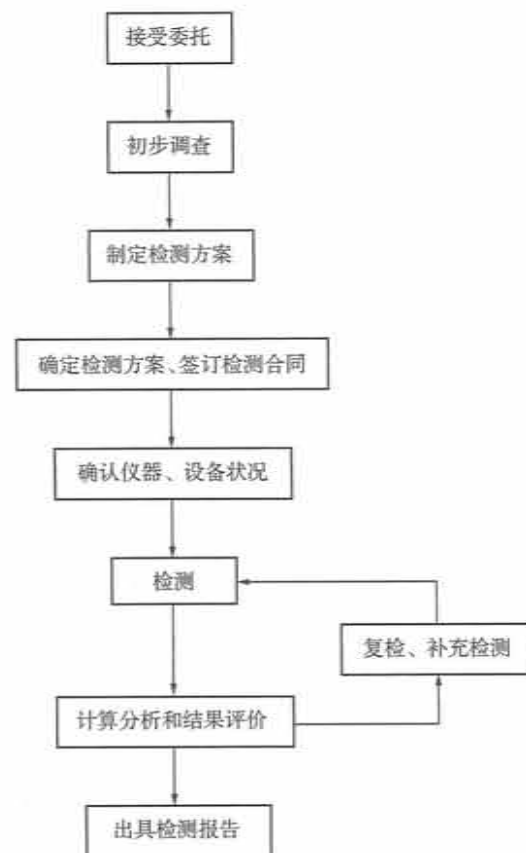


图3.2.1 装配整体式混凝土结构检测工作程序

3.2.2 装配整体式混凝土结构检测工作包括初步调查、检测方案制定、仪器设备选择、检测人员配备、检测样品标识、数据信息记录、补充检测或复检等方面, 应按国家现行相关标准执行。

3.2.3 装配整体式混凝土结构检测工作结束后, 出现结构或构件局部破损时, 应及时进行修补。

3.3 检测报告

3.3.1 检测报告应结论明确、用词规范、文字简练,对于容易混淆的术语和概念应以文字解释或图例、图像说明。

3.3.2 检测报告宜包括下列内容:

- 1 委托方名称。
- 2 建筑工程概况,包括工程名称、地址、结构类型、规模、施工日期及现状等。
- 3 建设单位、设计单位、施工单位、监理单位及相关构件生产厂家名称。
- 4 检测原因、检测目的,以往相关检测情况概述。
- 5 检测项目、检测方法及其依据的标准。
- 6 抽样方案及数量。
- 7 检测项目的主要分类检测数据和汇总结果。
- 8 检测结果、检测结论。
- 9 检测日期、报告完成日期。
- 10 主检、审核和批准人员的签名。
- 11 检测机构的有效印章。

3.3.3 检测机构应就委托方对报告提出的异议作出解释或说明。

4 材料及预制构件质量检测

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于装配整体式混凝土结构材料及预制构件质量检测。

4.1.2 装配整体式混凝土结构材料包括水泥、粉煤灰、细骨料、粗骨料、钢筋、混凝土、钢筋连接用灌浆套筒、钢筋浆锚连接用镀锌金属波纹管、钢筋锚固板、夹芯墙板纤维增强塑料(FRP)连接件、夹芯墙板金属连接件、灌浆料、坐浆料、钢筋套筒灌浆连接接头、钢筋机械连接接头等。

4.1.3 装配整体式混凝土结构预制构件检测应包括几何尺寸、混凝土抗压强度、钢筋配置、预埋连接件的锚固抗拔力、结构性能等内容。

4.2 材料质量检测

4.2.1 水泥检测包括凝结时间、安定性和强度,检测方法应按《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检测方法》GB/T 1346 和《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》GB/T 17671 执行。

4.2.2 粉煤灰检测包括细度、需水量比和烧失量,检测方法应按《水泥细度检验方法筛析法》GB/T 1345、《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 和《水泥分析方法》GB/T 177 执行。

4.2.3 细骨料检测包括颗粒级配、细度模数、含泥量和泥块含

量,检测方法应按《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 执行。

4.2.4 粗骨料检测包括颗粒级配、含泥量、泥块含量和针片状颗粒含量,检测方法应按《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 执行。

4.2.5 钢筋检测包括屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差,检测方法应按《钢筋混凝土用钢材试验方法》GB/T 28900、《金属材料拉伸试验 第1部分:室温试验方法》GB/T 228.1、《金属材料弯曲试验方法》GB/T 232、《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1 和《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 执行。

4.2.6 混凝土立方体抗压强度检测应按《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 执行。对于蒸汽养护构件,其试件应随构件同条件养护,再置入标准养护条件下继续养护 28d 或设计规定的龄期。

4.2.7 钢筋连接用灌浆套筒的尺寸偏差检测应按《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 执行。

4.2.8 钢筋浆锚连接用镀锌金属波纹管检测包括径向刚度、抗渗漏性能,检测方法应按《预应力混凝土金属波纹管》JG 225 执行。

4.2.9 钢筋锚固板抗拉强度检测方法应按《钢筋锚固板应用技术规程》JGJ 256 执行。

4.2.10 夹芯墙板纤维增强塑料(FRP)连接件检测包括拉伸强度、拉伸弹性模量和层间剪切强度,检测方法应按《预制保温墙体用纤维增强塑料连接件》JG/T 561 执行。

4.2.11 夹芯墙板金属连接件检测包括屈服强度、拉伸强度、弹性模量和抗剪强度,检测方法应按《金属材料拉伸试验 第1部分:室温试验方法》GB/T 228.1 和《金属材料 线材和铆钉剪

切试验方法》GB/T 6400 执行。

4.2.12 灌浆料检测包括流动性、竖向膨胀率、凝结时间和抗压强度,检测方法应按《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408 执行。

4.2.13 坐浆料抗压强度检测应按《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 执行。

4.2.14 钢筋套筒灌浆连接接头的工艺检测包括极限抗拉强度、残余变形和灌浆料抗压强度,检测应按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 执行。

4.2.15 钢筋机械连接接头极限抗拉强度、残余变形检测应按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 执行。

4.3 预制构件质量检测

4.3.1 对预制构件进行几何尺寸检测时,应同时对预制构件上的预埋件、预留插筋、预留孔洞、预埋管线的尺寸偏差进行检测,检测方法按《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 执行。

4.3.2 预制构件与后浇混凝土、灌浆料、坐浆料的结合面应按设计要求设置粗糙面或键槽,粗糙面的面积、键槽的尺寸、间距和位置可用钢卷尺量测,混凝土叠合板结合面粗糙度的检测方法按本规程附录 A 执行。

4.3.3 预制构件进场时应对其混凝土抗压强度进行检测,检测方法按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 执行。

4.3.4 预制构件的钢筋配置检测应包括直径、数量、间距和保护层厚度,检测方法按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 执行。

4.3.5 预制构件预埋连接件的锚固抗拔力检测包括夹心墙板预

埋连接件锚固抗拔力检测和吊装连接件锚固抗拔力检测，检测方法按本规程附录 B 执行。

4.3.6 梁板类简支受弯预制构件进场时应进行结构性能检测，检测方法按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 执行。对于不可单独使用的叠合预制底板，可不进行结构性能检测；对于叠合底梁，是否进行结构性能检测、结构性能检测方式应根据设计要求确定。

5 结构连接节点实体质量检测

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于装配整体式混凝土结构安装完成后连接节点实体质量检测。

5.1.2 装配整体式混凝土结构连接节点实体质量检测包括灌浆饱满度、灌浆接头钢筋锚固（插入）长度、灌浆料实体强度、竖向预制构件底部接缝内部缺陷和叠合楼板结合面缺陷等。其中，灌浆饱满度、灌浆接头钢筋锚固（插入）长度和灌浆料实体强度的检测规定主要针对钢筋套筒灌浆连接，对于钢筋浆锚搭接连接和集中约束搭接连接的检测可参照执行。

5.1.3 当对钢筋套筒灌浆连接节点的施工质量或检测结果有疑义时，可抽取具有代表性的钢筋套筒灌浆连接接头进行破损检测，检测方法按本规程附录 C 执行；对于钢筋浆锚搭接连接和集中约束搭接连接节点可参照执行。

5.2 灌浆饱满度检测

5.2.1 套筒灌浆饱满度可采用内窥镜法或 X 射线法进行检测。

5.2.2 采用内窥镜法检测时，应选用带尺寸测量功能的内窥镜。内窥镜法分为预成孔内窥镜法、出浆孔道钻孔内窥镜法及套筒壁钻孔内窥镜法，应根据出浆孔道的形状进行选用。

1 当出浆孔道为非直线形时，应采用套筒壁钻孔内窥镜法。

2 当出浆孔道为直线形时，可采用预成孔内窥镜法或出浆孔道钻孔内窥镜法，必要时也可采用套筒壁钻孔内窥镜法。

5.2.3 采用 X 射线法检测套筒灌浆饱满度时,应采用便携式 X 射线机,被测构件受检区域的结构层厚度不宜大于 200mm,且同一射线路径上不应有 2 个或 2 个以上的套筒。当被测构件的检测条件不满足以上要求时,可采用 X 射线局部破损法。

5.2.4 根据出浆孔道的形状、构件受检区域的结构层厚度及套筒的布置方式等检测条件,可参照表 5.2.4 选择合适的套筒灌浆饱满度检测方法。

表 5.2.4 套筒灌浆饱满度检测方法的选用

检测工况			检测方法	
孔道形状	结构层厚度	套筒布置方式	宜采用	可采用
直线形	$\leq 200\text{mm}$	单排居中或梅花形	预成孔内窥镜法、出浆孔道钻孔内窥镜法	X 射线法
		双排		X 射线局部破损法
	$> 200\text{mm}$	无限定		套筒壁钻孔内窥镜法、X 射线局部破损法
非直线形	$\leq 200\text{mm}$	单排居中或梅花形	X 射线法	套筒壁钻孔内窥镜法
	无限定	双排及以上	套筒壁钻孔内窥镜法	X 射线局部破损法

5.2.5 现场套筒灌浆饱满度检测应在同一楼层、同一灌浆工艺、同类预制构件中抽取不少于 3 个套筒,取样应具有代表性。

5.2.6 采用预成孔内窥镜法检测套筒灌浆饱满度时,预成孔装置的布置数量及位置应符合下列规定:

1 采用钢筋套筒灌浆连接的预制构件,每个构件上应选择不少于 2 个套筒进行预成孔装置布置。

2 设计认为重要的构件或对施工难度较大的构件,预成孔装置的布置数量应加倍。

3 采用连通腔灌浆的预制构件,预成孔装置的布置位置应包含灌浆口处及距离灌浆口最远处的套筒。

5.2.7 采用内窥镜法对套筒灌浆饱满度进行检测时,应按本规

程附录 D 执行。

5.2.8 采用 X 射线法对套筒灌浆饱满度进行检测时,应按本规程附录 E 执行。

5.2.9 钢筋浆锚搭接连接和集中约束搭接连接的灌浆饱满度可采用出浆孔道钻孔内窥镜法、浆锚管壁钻孔内窥镜法和 X 射线法进行检测。

5.2.10 采用出浆孔道钻孔内窥镜法、浆锚管壁钻孔内窥镜法对钢筋浆锚搭接连接和集中约束搭接连接的灌浆饱满度进行检测时,可参照本规程附录 D 执行。

5.2.11 采用 X 射线法对钢筋浆锚搭接连接和集中约束搭接连接的灌浆饱满度进行检测时,可参照本规程附录 E 执行。

5.3 钢筋锚固(插入)长度检测

5.3.1 钢筋套筒灌浆连接钢筋锚固(插入)长度可采用内窥镜法、X 射线法进行检测,钢筋浆锚搭接连接和集中约束搭接连接的钢筋锚固长度可采用 X 射线法进行检测。

5.3.2 采用内窥镜法检测钢筋套筒灌浆连接钢筋锚固长度时,应在灌浆施工前检测套筒内钢筋插入长度,灌浆施工后检测套筒灌浆饱满度,综合两次检测结果得到钢筋锚固长度。

5.3.3 采用内窥镜法对套筒内钢筋插入长度进行检测时,应按本规程附录 D 执行。

5.3.4 采用 X 射线法对钢筋锚固长度进行检测时,应按本规程附录 E 执行。

5.4 灌浆料实体强度检测

5.4.1 当对灌浆料强度有疑义或有检测要求时,可采用表面硬

度法对灌浆料实体强度进行检测。

5.4.2 采用表面硬度法检测时,灌浆料养护龄期不应低于 7d,检测面应为灌浆料原浆面,并应光滑、平整,不应有明显缺陷且为自然风干状态,抗压强度的检测范围为 40~120MPa。

5.4.3 采用表面硬度法对灌浆料实体强度进行检测时,应按本规程附录 F 执行。

5.4.4 当表面硬度法检测灌浆料实体强度推定值不小于设计要求时,可判定单个预制构件或批量预制构件套筒灌浆料抗压强度符合设计要求。

5.5 竖向预制构件底部接缝内部缺陷检测

5.5.1 竖向预制构件底部接缝内部缺陷检测宜采用超声法,超声法所用换能器的辐射端直径不应超过 20mm,工作频率不应低于 250kHz,也不宜高于 750kHz。

5.5.2 采用超声法对竖向预制构件底部接缝内部缺陷进行检测时,灌浆龄期不应低于 7d,宜选用对测法,初次测量时测点间距宜选择 100mm,对初次测量后有怀疑的点位可在附近加密测点,检测时应避开机电管线穿过的区域。

5.5.3 采用超声法对竖向预制构件底部接缝内部缺陷进行检测后,必要时可采用局部破损法进行验证。

5.6 叠合楼板结合面缺陷检测

5.6.1 叠合楼板结合面的缺陷可采用阵列超声成像法进行检测,必要时可采用取芯法进行验证。

5.6.2 单块叠合楼板上的测点布置应符合下列规定:

1 测点数不应少于 6 个。

2 测点应在板上均匀布置,并应保证仪器测试边缘至板边缘的距离不小于板的厚度。

3 测点上应有清晰的编号。

5.6.3 采用阵列超声成像法对叠合楼板结合面的缺陷进行检测时,应按本规程附录 G 执行。

6 结构实体质量检测

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于装配整体式混凝土结构实体质量的检测。

6.1.2 装配整体式混凝土结构实体质量检测包括结构尺寸偏差、混凝土强度、钢筋保护层厚度、静载检验、动力特性、外墙板接缝防水性能等项目。

6.2 结构尺寸偏差检测

6.2.1 装配整体式混凝土结构施工后,预制构件位置、尺寸偏差应符合设计要求;当设计无具体要求时,应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定。

6.2.2 结构尺寸偏差应采用下列方法检测:

- 1 构件轴线位置采用全站仪、经纬仪或尺量。
- 2 标高采用全站仪、水准仪或拉线、尺量。
- 3 构件垂直度采用全站仪、经纬仪或吊线、尺量。
- 4 构件倾斜度采用全站仪、经纬仪或吊线、尺量。
- 5 相邻构件平整度采用 2m 靠尺和塞尺量测。
- 6 构件搁置长度采用尺量。
- 7 支座、支垫中心位置采用尺量。
- 8 墙板接缝宽度采用尺量。

6.2.3 轴线位置、标高、垂直度、倾斜度、平整度也可采用三维激光扫描测量结合 BIM 技术进行检测,检测方法按本规程附录 H 执行。

6.3 结构构件检测

6.3.1 结构实体现浇混凝土强度应按不同强度等级分别检测。

6.3.2 结构实体现浇混凝土强度的抽样方法应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定,检测要求按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 执行。

6.3.3 结构实体现浇部分的钢筋保护层厚度检测的抽样方法应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定,检测要求按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 及《混凝土中钢筋检测技术规程》JGJ/T 152 执行。

6.3.4 当对实体受弯构件的质量存在怀疑时,可对相关构件进行静载检验。静载检验包括结构构件的使用状态检验、承载力检验,检测方法按《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152 执行。

6.4 动力特性检测

6.4.1 下列装配整体式混凝土结构宜进行动力特性检测:

- 1 对质量有怀疑和争议的结构。
- 2 大型公共或重要建筑结构。
- 3 需进行健康监测的结构。
- 4 抗震设防烈度为 7 度(设计基本地震加速度为 $0.15g$)及以上地震区的高层建筑结构。

5 遭受偶然作用(如强震、爆炸、火灾、撞击等)且需进行安全评估的结构。

6.4.2 动力特性检测应包括固有频率、阻尼比和振型等动力特性参数的检测。

6.4.3 动力特性检测宜采用环境激励法。

6.4.4 结构动力特性检测方法应按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784 及《工程结构动力特性及动力响应检测技术规程》DGJ32/TJ 110 执行。

6.5 外围护墙板防水性能检测

6.5.1 对于外围护墙板采用部品部件装配的工程,在防水构造措施施工结束后,应在工程现场对水平及竖向接缝的防水性能进行检测。

6.5.2 测区应符合下列要求:

- 1 当外围护面积小于等于 5000m^2 (包含窗洞面积) 时,应抽取 2 个测区。
- 2 当外围护面积大于 5000m^2 (包含窗洞面积) 时,每增加 2500m^2 应增加 1 个测区。
- 3 单个测区应包括 2 条水平接缝及 1 条竖向接缝,单条接缝长度为单块预制墙板边缘长度。
- 4 测区的室内部分应便于观察渗漏状况。

6.5.3 检测用淋水装置应符合下列要求:

- 1 应配有控制阀和压力计。
- 2 供水管内径应为 19.05mm 。
- 3 检测时喷嘴处的水压力应为 $200\sim 235\text{kPa}$ 。

6.5.4 淋水过程应符合下列要求:

- 1 淋水前应确保测区干燥。
- 2 应正对接缝进行淋水。
- 3 淋水方向应与墙板表面垂直。
- 4 喷嘴距接缝表面应保持约 0.7m 的距离。
- 5 喷嘴的移动过程应均速缓慢,每延长米接缝的淋水时间不应少于 5min 。

6 淋水顺序宜从测区下部开始,由下至上,先水平接缝后竖直接缝。

6.5.5 应采用目视法及红外热成像法进行渗漏检测。

6.5.6 目视法渗漏检测应符合下列要求:

- 1 应对测区室内侧墙板表面进行观察。
- 2 观察应自淋水开始同步进行,并在淋水结束后持续观察 45min 。
- 3 对出现渗漏现象的部位,应记录其位置。

6.5.7 红外热成像法检测应按本规程附录 J 执行。

6.5.8 外围护墙板接缝防水性能的评价应符合下列要求:

- 1 对无渗漏现象的测区,评价为合格。
- 2 对有渗漏现象的测区,评价为不合格。

附录 A 铺砂法检测混凝土叠合板结合面粗糙度

A.0.1 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列要求:

1 量砂筒: 容积为 300mL, 材料可采用有机玻璃制成, 形状为圆柱形开口筒, 内径为 100mm, 高度为 38.2mm, 如图 A.0.1-1 所示。

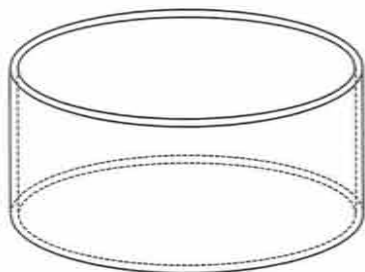


图 A.0.1-1 量砂筒示意

2 钢卷尺: 5m, 最小分度值为 1mm。

3 推平刷: 刷头宽度为 100mm, 前端采用 1mm 厚的软质橡胶皮, 具体尺寸参照图 A.0.1-2。

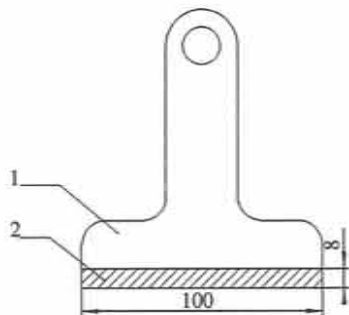


图 A.0.1-2 推平刷示意

1—刷柄; 2—橡胶皮

4 试验用砂: 粒径 0.075~0.60mm 的干燥砂。

A.0.2 检测前应做好下列准备工作:

1 确定检测数量: 同一类型构件进场应按不超过 1000 件为一批, 每批应随机抽取不少于 3 个构件进行检测。

2 检查检测设备是否正常。

3 试验用砂应采用烘箱烘干至恒重, 过标准筛, 收集粒径 0.075~0.60mm 之间的砂, 完成后应密封带至检测现场。

4 构件水平放置, 测试面应保持干燥状态, 检测前应将构件测试面清理干净, 不得有松动的石子等杂物。

5 记录工程名称、楼号、楼层、构件编号、检测人员等信息。

A.0.3 检测时应按下列规定执行:

1 沿筒边向量砂筒中缓慢注砂, 保证筒内砂平面缓慢均匀升高, 最终注入量应超过量砂筒上口, 注满后沿筒口中心线向相反的方向刮平表面, 除去多余的砂。砂在量砂筒内应为自然堆积状态, 不得对砂进行震动及插捣。

2 测区的选择原则: 构件结合面面积为 2m^2 及以下时, 应布置不少于 3 个测区, 每增加 2m^2 应增加 1 个测区; 应选取有代表性的区域作为构件测区, 测区应均匀分布, 相邻测区的边缘距离不宜小于 0.2m; 设置桁架筋的构件, 测区宜布置在桁架筋之间; 测区应避免预埋件、预留洞等不利于铺砂检测的部位。

3 对采用机械拉毛形成沟槽的粗糙面, 应在铺砂前先用钢卷尺测量沟槽的宽度, 以及相邻两个沟槽间的净距, 计算宽度与净距的比值, 测量连续的三处, 取平均值作为沟槽宽度与沟槽间净距比值, 精确至 0.1。

4 将砂倒在测区中部, 用推平刷将其由中部向四边缓慢推铺, 使砂完全填入凹凸不平表面的空隙中, 将砂摊铺成近似正方形。

5 用钢卷尺测量所构成四边形的两个垂直方向的边长,每边在四等分点位置共量取五处,取其平均值,精确至 1mm。当四边形的长宽比大于 1.2 时,此测区数据无效,应重新试验。

A.0.4 数据处理应按下列规定执行:

1 粗糙度应按下列公式计算:

$$\mu = k\mu_c \quad (\text{A.0.4-1})$$

$$\mu_c = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i}{n} \quad (\text{A.0.4-2})$$

$$\mu_i = \frac{300}{a \cdot b} \times 10^3 \quad (\text{A.0.4-3})$$

式中 μ ——粗糙度(粗糙面凹凸深度),精确至 0.1mm;

k ——推定系数;

μ_c ——构件粗糙度换算值,精确至 0.1mm;

μ_i ——测区粗糙度换算值,精确至 0.01mm;

a 、 b ——分别为摊铺后四边形的平均边长,精确至 1mm;

n ——测区数。

2 推定系数的选取应按下列规定执行:

- 1) 机械拉毛法形成的粗糙面中沟槽宽度与沟槽间净距比值小于 0.5 时,宜选取 1.50 作为整个测区粗糙面凹凸深度的推定系数;
- 2) 机械拉毛法形成的粗糙面中沟槽宽度与沟槽间净距比值不小于 0.5 时,宜选取 1.27 作为整个测区粗糙面凹凸深度的推定系数;
- 3) 采用非机械拉毛形成的粗糙面时,宜选取 1.50 作为整个测区粗糙面凹凸深度的推定系数。

A.0.5 粗糙度评定应按下列规定执行:

- 1 每个构件取不少于 3 个测区进行铺砂检测,以所有测区

的平均值作为构件粗糙度换算值,粗糙度换算值乘以推定系数即为构件粗糙面凹凸深度。

- 2 预制混凝土叠合楼板粗糙面凹凸深度 $\mu \geq 4.0\text{mm}$ 时,判定为合格。

附录 B 拉拔法检测预制构件预埋 连接件锚固抗拔力

B.1 检测过程

B.1.1 检测设备可采用专业拉拔仪,应配有合适的试验连接装置,并应符合下列要求:

- 1 试验荷载应大于设备量程的 20%且不超过设备量程的 80%。
- 2 设备应能连续、平稳、速度可控地运行,测力系统测量允许偏差为全量程的 $\pm 2\%$;设备的液压加荷系统持荷时间不超过 5min 时,其降荷值不应大于 5%。

3 当加载设备出现异常情况经维修后,应重新送法定机构进行检定。

B.1.2 检测前的准备工作应包括下列内容:

1 确定检测数量:同一类型构件进场应按不超过 1000 件为一批,每批应随机抽取不少于 3 个构件进行检测,每个构件应检测 3 个连接件,数量不足 3 个时应全数检测。

2 检查检测设备状态。

3 确定检验荷载:

1) 夹心墙板连接件的检验荷载宜由设计单位提供,也可根据相关材料的力学性能计算得到检验荷载值,具体计算公式如下:

$$F=0.9f_{yk}A_s \quad (\text{B.1.2})$$

式中 F ——检验荷载 (kN),精确至 0.1kN;

f_{yk} ——材料屈服强度标准值 (MPa);

A_s ——材料应力截面面积 (mm^2)。

2) 吊装连接件的检验荷载宜由设计单位提供。

4 记录工程名称、楼号、楼层、连接件种类、连接件具体位置、检测人员信息等。

5 预制构件混凝土强度应达到设计要求,混凝土表面平整度应满足试验要求。

6 检测前应在原始记录中描绘测点布置示意图,并在构件上做相应标注,与记录一一对应。

B.1.3 检测时应按下列规定执行:

1 预制构件预埋连接件锚固抗拔力采用拉拔法进行检测,宜采用非破坏性方法,若设计有特殊要求,可采用破坏性方法。

2 检测前应根据连接件的形式选用适当的试验加载和支撑装置,并保证所施加的拉伸荷载与预埋件实际受力状态保持一致,且不改变可能的破坏形态。具体的试验加载连接和支撑装置可参见本附录第 B.2 节。

3 对夹芯墙板连接件锚固抗拔力检测时,应选取有代表性的预埋连接件进行检测。相邻两个被测连接件的间距不应小于 300mm,被测连接件距构件边缘不应小于 150mm。

4 预制混凝土构件预埋件的抗拔力试验可采用连续加载或分级加载。试验过程中,若采用连续加载,施加力应连续、均匀,其速度应控制在 2~3min 内加荷至规定的检验荷载或样品破坏;若采用分级加载,应以预计检验荷载的 10%为一级,逐级加荷,每级荷载保持 2min,至设定荷载或锚固破坏。

5 在加载至检验荷载后,应通过设备稳压或人工补压的方式维持检验荷载 2min。

6 试验时,应采取有效措施防止试验装置脱落。

B.1.4 检测结果合格评价应符合下列规定:

1 在检验荷载作用下 2min,以混凝土基材无裂缝、破坏或连接件滑移等破坏现象出现为合格。

2 当构件所抽检的连接件锚固抗拔力全部合格时,则该构件判定为合格。

B.2 试验连接装置

B.2.1 锚固抗拔力试验装置如图 B.2.1 所示。

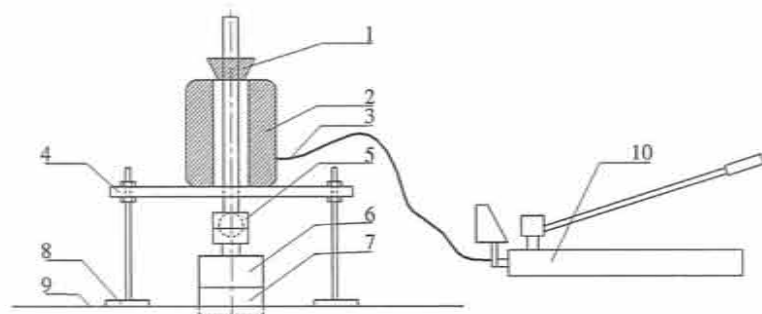


图 B.2.1 锚固抗拔力试验装置

1—锁紧装置；2—千斤顶；3—油管；4—支撑环；5—球形连接支座；
6—加载连接装置；7—连接件；
8—支撑角垫；9—预制构件；10—拉拔仪

B.2.2 加载连接装置构造及安装说明如下：

1 提升套筒试验加载连接装置形式见图 B.2.2-1,由夹持螺杆与螺纹接头组成。

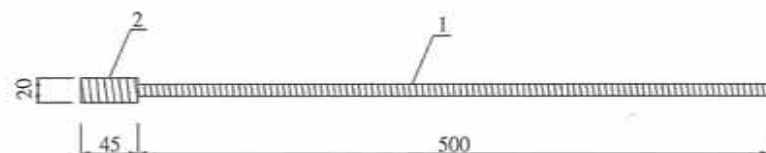


图 B.2.2-1 提升套筒试验加载连接装置

1—夹持螺杆；2—螺纹接头

2 吊环试验加载连接装置形式见图 B.2.2-2,由夹持螺杆和挂钩组成。

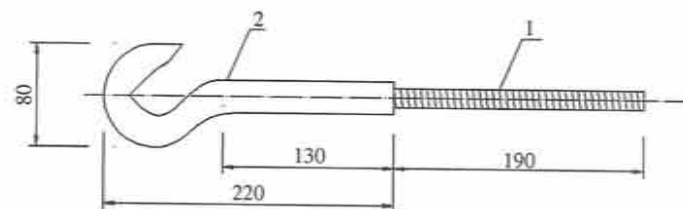


图 B.2.2-2 吊环试验加载连接装置

1—夹持螺杆；2—挂钩

3 吊钉试验加载连接装置形式见图 B.2.2-3,由夹持螺杆和套环组成。

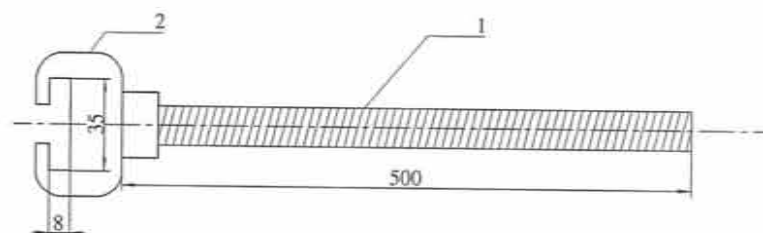
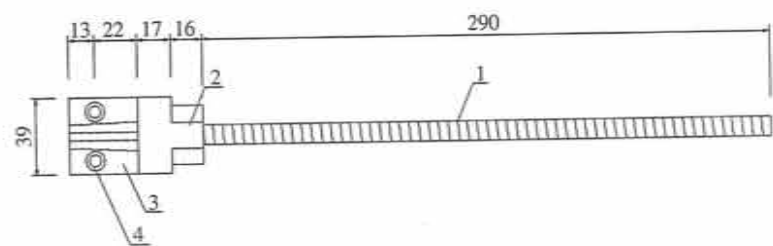


图 B.2.2-3 吊钉试验加载连接装置

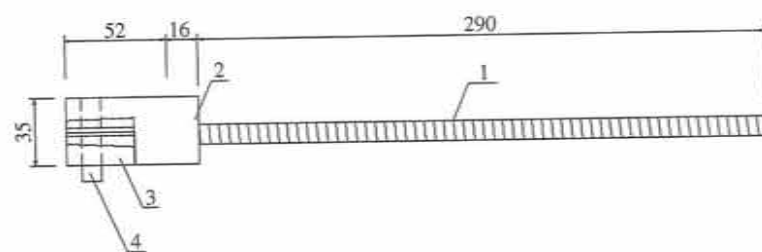
1—夹持螺杆；2—套环

4 纤维增强塑料连接件试验加载连接装置见图 B.2.2-4,由夹持螺杆、固定块、夹紧活动块、夹紧螺栓组成。

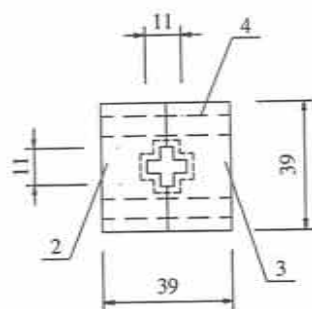
将纤维增强塑料连接件穿入试验加载连接装置中,用螺栓将固定块和夹紧块紧固,应使连接装置和连接件轴线始终保持在一条直线上,确保连接件是轴心受力。在夹紧和拉伸过程中应保持纤维增强塑料连接件与墙板面垂直。



(a) 正视图



(b) 俯视图

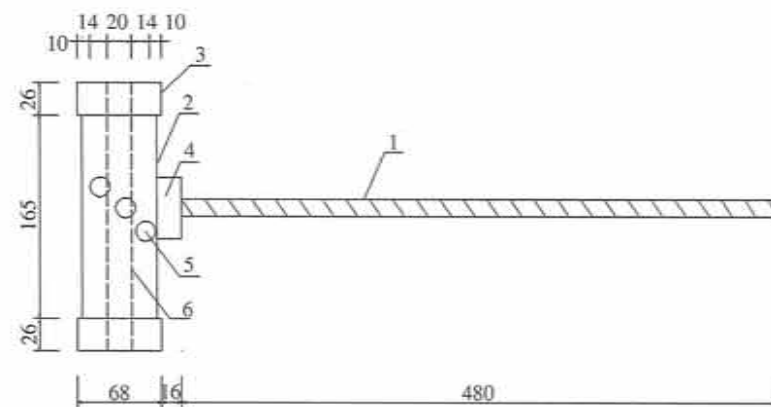


(c) 侧视图

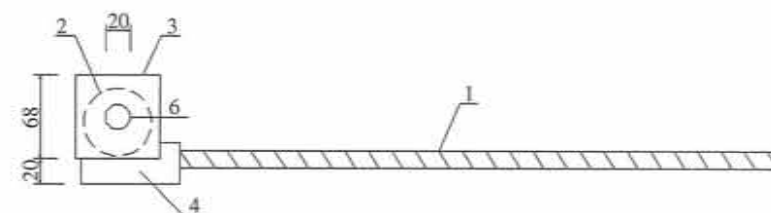
图 B.2.2-4 纤维增强塑料连接件试验加载连接装置
1—夹持螺杆；2—固定块；3—夹紧活动块；4—夹紧螺栓

5 金属连接件试验加载连接装置形式见图 B.2.2-5, 由夹持螺杆、压紧滚轮、滚轮支座、固定架、贯穿孔、滚筒偏心轴组成。

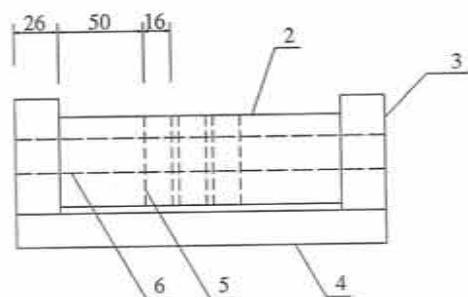
将金属连接件穿入试验加载装置中, 压紧滚轮与固定架之间的空隙, 金属连接件的中线应与夹持杆保持在一条直线上, 利用贯穿孔转动压紧滚轮, 使连接件压紧在固定架上。在夹紧和拉伸过程中应注意保持金属连接件与墙板面垂直。



(a) 正视图



(b) 俯视图



(c) 侧视图

图 B.2.2-5 金属连接件试验加载连接装置

1—夹持螺杆；2—压紧滚轮；3—滚轮支座；
4—固定架；5—贯穿孔；6—滚筒偏心轴

附录 C 现场原位取样法检测套筒内灌浆高度和钢筋锚固长度

C.0.1 检测仪器、辅助工具及材料包括手持式砂轮切割机、固定台钳和钢直尺等。

C.0.2 取样位置应由检测机构会同设计单位根据构件的重要程度等因素综合确定。取样过程应符合下列规定：

1 应剔除套筒周边的混凝土，剔除过程中应尽量减少对套筒的扰动。

2 应采用氧气焊等工具沿套筒上下连接钢筋端进行切割，取出的样品为一个完整的钢筋灌浆套筒。

3 取出的样品应标记好具体部位等必要的检测信息。

4 取样完成后，应及时对破损部位进行修补，修补方案及工艺要求应由建设单位组织设计单位、施工单位、检测单位共同确定。

C.0.3 样品的加工过程应符合下列要求：

1 套筒在固定台钳上应夹持稳固。

2 应使用手持式砂轮切割机沿套筒侧面纵向轴线对称方向分别切割套筒壁，直至将套筒切成两半，露出套筒内的灌浆料部分。

3 切割过程中应注意避免破坏灌浆料。

C.0.4 测量与计算应符合下列规定：

1 应用钢直尺测量套筒内灌浆料固化体的最小高度，作为灌浆料灌浆高度。

2 应沿套筒长度方向剔除灌浆料，露出被灌浆料握裹的钢筋，用钢直尺测量套筒内钢筋与灌浆料紧密握裹部分的长度，作为套筒内钢筋的锚固长度。

C.0.5 结果判定应按下列要求执行:

1 当套筒内钢筋锚固长度不小于插入钢筋的 8 倍公称直径时,判定为合格。

2 对于特殊套筒(如套筒本身的长度不满足插入钢筋的 8 倍公称直径)的钢筋锚固长度判定依据应由设计单位确定。

附录 D 内窥镜法检测套筒内灌浆饱满度和钢筋插入长度

D.0.1 检测仪器、辅助工具及材料应符合下列规定:

1 内窥镜应带有尺寸测量功能,能够显示测量镜头与被测物表面选定点之间的距离及测量选定点与选定平面之间的距离,测量允许误差为量程的 $\pm 2\%$ 。

2 内窥镜探头的直径不应大于 5mm,平直状态下导向弯曲度不应小于 120° 。

3 内窥镜的镜头应包括前视观察镜头、前视测量镜头及侧视测量镜头。前视观察镜头的视角不应小于 100° ;前视测量镜头的视角不应小于 55° ,测量范围应涵盖 10~80mm;侧视测量镜头的视角不应小于 55° ,测量范围应涵盖 6~60mm。

4 钻孔设备宜配备石工钻头和金工钻头。石工钻头的直径应为 6~10mm,长度不应小于 150mm;金工钻头的直径应为 5~6mm。

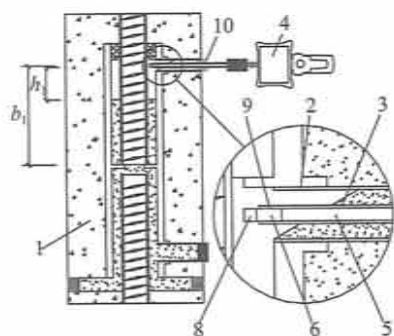
5 探头定位装置由刚性套管与橡胶塞组成,刚性套管的内径应与内窥镜探头的直径相同,刚性套管的外径应与橡胶塞上刚性套管穿过孔的孔径相等。

6 预成孔装置(图 D.0.1)由包覆有薄膜的塑料吸管及橡胶塞组成,塑料吸管的外径应为 5.5~6.5mm,包覆有薄膜的吸管应刚好穿设在橡胶塞的中心孔内。



图 D.0.1 预成孔装置

1—薄膜; 2—吸管; 3—橡胶塞



(b) 不饱满

图 D.0.6 灌浆饱满度检测示意

1—预制构件；2—出浆孔道；3—检测孔道；4—内窥镜；5—连接软管；
6—内窥镜探头；7—前视观察镜头；8—侧视测量镜头；9—刚性套管；10—橡胶塞

D.0.7 套筒灌浆饱满度计算应符合下列规定：

1 半灌浆套筒灌浆饱满度应按下列公式计算

$$F = \frac{b - h_1 - h_2}{L_0} \times 100\% \quad (\text{D.0.7-1})$$

式中 L_0 ——设计锚固长度 (mm)；

F ——套筒灌浆饱满度 (%), 当 F 的计算结果大于 100% 时按 100% 计, 精确至 1%；

b ——套筒出浆口中心至套筒底部的高度 (mm)；

h_1 ——灌浆料上表面到侧视测量镜头拍摄端面的垂直距离 (mm), 精确至 1mm；

h_2 ——侧视测量镜头拍摄端面到套筒出浆口中心的垂直距离 (mm), 精确至 1mm。

2 当全灌浆套筒的内腔顶部存在灌浆缺陷区时, 全灌浆套筒灌浆饱满度应按下列公式计算

$$F = \frac{b_1 - h_1 - h_2}{L_0} \times 100\% \quad (\text{D.0.7-2})$$

式中 b_1 ——套筒出浆口中心至套筒中部预制端钢筋限位点的高度 (mm)；

L_0 ——设计锚固长度 (mm)；

F ——套筒灌浆饱满度 (%), 当 F 的计算结果大于 100% 时按 100% 计, 当 F 的计算结果为负值时按 0 计, 精确至 1%；

h_1 ——灌浆料上表面到侧视测量镜头拍摄端面的垂直距离 (mm), 精确至 1mm；

h_2 ——侧视测量镜头拍摄端面到套筒出浆口中心的垂直距离 (mm), 精确至 1mm。

D.0.8 内窥镜法检测套筒内钢筋插入长度的时间, 应在预制构件现场拼接完成后、套筒灌浆施工前。

D.0.9 采用内窥镜法检测半灌浆套筒内钢筋插入长度时, 应符合下列规定：

1 应采用辅助工具从出浆孔道底部水平捣入, 快速判断连接钢筋插入段末端与套筒出浆口底部的相对位置。

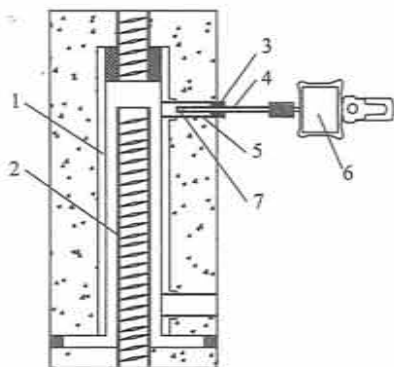
2 若本条第 1 款的初判结果为连接钢筋插入段末端在套筒出浆口底部以上, 测量示意图如图 D.0.9a 所示, 则进行下列操作：

- 1) 将带有前视测量镜头的内窥镜探头在探头定位装置的辅助下伸入出浆孔道；
- 2) 选择合适的位置使得成像清晰, 拍摄图像；
- 3) 观察图像, 若连接钢筋插入段末端超过套筒出浆口顶部, 可直接判定钢筋插入长度满足要求, 插入长度按“大于套筒出浆口顶部高度值”记录；
- 4) 若连接钢筋插入段末端未超过套筒出浆口顶部, 则选择图像上套筒出浆口位于水平方向上最左侧端点、最右侧端点以及同一水平面上的出浆孔道内任一点, 将

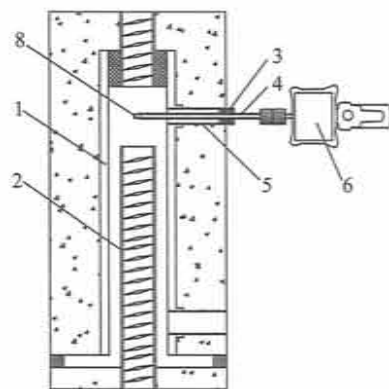
选择的三个点形成的平面定义为基准平面，接着将第四个点定位在连接钢筋插入段末端，通过测量连接钢筋插入段末端到基准平面的相对距离，计算得到连接钢筋的插入长度。

3 若步骤1的初判结果为连接钢筋插入段末端在套筒出浆口底部以下，测量示意图如图 D.0.9b 所示，则进行下列操作：

- 1) 将带有侧视测量镜头的内窥镜探头，在探头定位装置的辅助下伸入出浆孔道并到达套筒内腔；
- 2) 采用侧视测量镜头垂直向下观察并拍摄套筒内部的图像，图像中应包含连接钢筋插入段末端；
- 3) 测量侧视镜头拍摄端面与连接钢筋插入段末端表面选定点之间垂直距离，再根据镜头拍摄端面与套筒出浆口中心的垂直距离及套筒出浆口中心的高度计算得到连接钢筋的插入长度。



(a) 前视镜头测量



(b) 侧视镜头测量

图 D.0.9 半灌浆套筒钢筋插入长度检测示意

1—套筒；2—安装端连接钢筋；3—橡胶塞；4—刚性套管；
5—出浆孔道；6—内窥镜；7—前视测量镜头；8—侧视测量镜头

D.0.10 采用内窥镜法检测全灌浆套筒内钢筋插入长度时，应符合下列规定：

1 应将带有前视测量镜头的内窥镜探头直接伸入出浆孔道，在出浆孔道与套筒的交接位置斜向下弯曲，利用预制端连接钢筋与套筒内壁之间的间隙继续向下推进伸入（图 D.0.10）。

2 应控制探头导向弯曲寻找成像位置，对套筒中部的限位挡卡以及限位挡卡下方的安装端连接钢筋进行成像，当选择位置的成像清晰时，拍摄得到图像。

3 应选择图像中限位挡卡上表面的三个点，将选择的三个点形成的平面定义为基准平面，接着将第四个点定位在安装端连接钢筋插入段的末端，计算钢筋末端到基准平面的垂直距离，再根据限位挡卡上表面的高度位置计算得到安装端连接钢筋的插入长度。

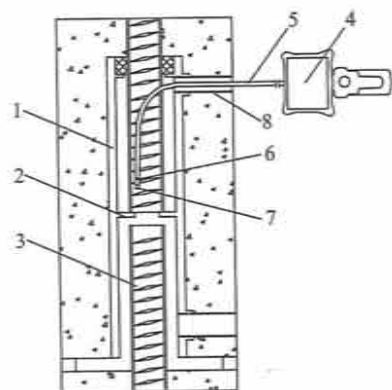


图 D.0.10 全灌浆套筒钢筋插入长度检测示意
1—套筒；2—限位挡卡；3—安装端连接钢筋；4—内窥镜；
5—连接软管；6—内窥镜探头；7—前视测量镜头；8—出浆孔道

附录 E X 射线法检测套筒内灌浆饱满度及钢筋锚固长度

E.0.1 本方法主要适用于套筒内部灌浆饱满度及钢筋锚固长度的定性检测，当能够有效识别套筒、锚固钢筋轮廓及灌浆料固化液面时，也可进行定量检测。应采用便携式 X 射线探伤仪。

E.0.2 进行检测作业时必须采取辐射防护措施，防护措施应符合下列要求：

- 1 进行 X 射线法作业的检测单位必须具有辐射安全许可证。
- 2 所有从事 X 射线检测的人员在上岗前应进行安全和防护的培训。

3 辐射防护应符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871、《工业 X 射线探伤放射卫生防护标准》GBZ 117 的相关规定。

E.0.3 检测设备除应满足相关标准的规定外，还应符合下列规定：

- 1 便携式 X 射线机的最大管电压不宜低于 250kV。
- 2 控制器（箱）最长延迟开启时间不应低于 180s。
- 3 控制器（箱）与便携式 X 射线机的连接电缆不应短于 20m。

E.0.4 套筒灌浆连接节点及浆锚搭接连接节点在检测前应做好下列工作：

- 1 应确保灌浆龄期不低于 7d。
- 2 应对检测设备及辐射报警装置进行检查，确保所有设备运转正常。
- 3 应对检测工作相关信息进行记录，包括工程名称、构件位置、套筒或浆锚管具体位置、检测人员信息等。

E.0.5 检测过程应符合下列规定:

1 应根据设备参数及检测工况要求选择合适的透照工艺,必要时可通过试验事先确定各项参数的数值。

2 应根据透照工艺放置检测装置。成像装置宜贴紧构件表面,且有效成像区域应覆盖待检测的部位;射线机放置应满足透照时 X 射线束垂直指向透照区中心,需要时可选用有利于发现缺陷的方向透照。

3 确保检测人员处于安全区域后,开启透照曝光,待曝光完成后,关闭射线机高压,确认检测区域处于安全状态后,取下成像装置。

4 应按照现场操作的实际情况详细记录检测过程的相关信息和数据。

E.0.6 当所检测构件成像有困难时,可采用 X 射线局部破损法,破损方式可参照图 E.0.6。

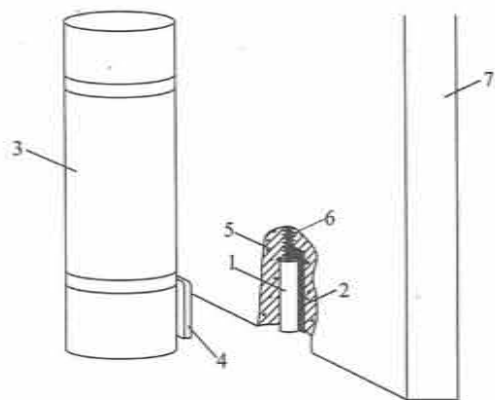


图 E.0.6 局部破损检测示意

1—节点连接件; 2—成像装置 (工业胶片或 IP 板); 3—发射机;
4—发射机窗口; 5—剔凿区域; 6—钢筋; 7—预制构件

E.0.7 图像处理应符合下列规定:

1 评片人员应持有相关行业或者专业组织颁发的 2 (II) 级或以上射线检测资格证书。

2 采用工业胶片成像时,暗室处理参数应通过试验确定,并通过专业观片灯评定检测结果;采用 CR 成像或 DR 成像时,应通过专业设备软件进行图像处理,并评定检测结果。

3 宜优先识别出灌浆料固化液面及锚固钢筋轮廓,必要时可结合黑度值或灰度值进行评价。

4 进行尺寸测量时,还应考虑透射照相的投影关系,对测量数值进行修正。

附录 F 表面硬度法检测套筒连接灌浆料实体强度

F.0.1 表面硬度法检测设备及辅助工具应包括 DL 型里氏硬度计和带平整塞入端面的橡胶塞。

F.0.2 DL 型里氏硬度计应通过技术鉴定,并具有产品合格证书和定期计量检定证书,且相关参数应满足下列要求:

1 冲击能量为 11mJ,冲击体质量为 7.2g,球头硬度不应低于 1500HV,球头直径为 3mm,冲击装置直径不宜大于 6mm。

2 测量范围涵盖 300~700HL,在标准里氏硬度块上的率定值误差不应超过 ± 12 HL,分度值不大于 1HL,示值误差不大于 ± 12 HL,示值重复性不大于 ± 12 HL。

F.0.3 检测前应做好下列工作:

1 在进行检测前,首先应对 DL 型里氏硬度计检查和率定,确保设备正常工作,并应做好原始记录。

2 应记录工程名称、楼号、楼层、套筒所在构件编号和套筒位置等。

F.0.4 灌浆料抗压强度可按单个预制构件或批量进行检测。

1 按单个预制构件进行检测,应在预制构件上选择不少于 4 个连续灌浆施工的套筒。

2 对于采用同一批灌浆料、同一水灰比、同一灌浆工艺、同一养护龄期且连续灌浆施工或灌浆间隔相近的预制构件应采用批量检测。检测时应随机抽取预制构件,抽检数量不宜少于同批构件总数的 30%,且不宜少于 10 个预制构件,每个预制构件上应选择不少于 4 个套筒。

F.0.5 灌浆施工时,应采用带平整塞入端面的橡胶塞对灌浆孔道和出浆孔道进行封堵并塞正,以在灌浆料凝结硬化后获得光滑、平整的硬度检测面,如图 F.0.5 所示。橡胶塞应在灌浆结束

1~2d 后取出。

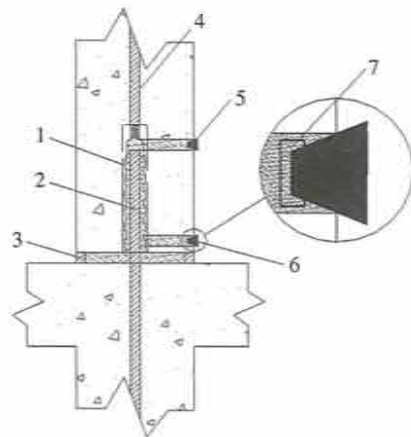


图 F.0.5 灌浆料硬度检测面示意

1—套筒; 2—安装端连接钢筋; 3—坐浆料; 4—预制端连接钢筋;
5—出浆口橡胶塞; 6—灌浆口橡胶塞; 7—成型检测面

F.0.6 自然养护龄期达到 7d 后,可对灌浆料表面硬度进行检测,应按下列步骤进行:

1 按本附录第 F.0.4 条对单个预制构件或批量预制构件进行随机抽检,并随机选择预制构件上的套筒。

2 检查所抽检套筒的灌浆孔道和出浆孔道内灌浆料表面外观质量,若浆料饱满,表面光洁、平整且气孔较少,则符合检测面要求,应进行表面硬度测试。若出浆孔道内灌浆料表面外观质量不符合检测面要求,可仅选择灌浆孔道测试;若两个孔道均不满足检测面要求,则应更换选择其他套筒。

3 采用 DL 型里氏硬度计对灌浆料检测面进行表面硬度测试,应按下列程序进行:

1) 向下推动加载套或用其他方式锁住冲击体;

- 2) 将冲击装置冲击头紧压在灌浆料表面的平整、光滑区域, 并应避开气孔, 冲击方向应与测试面垂直;
- 3) 平稳地按动冲击装置释放按钮;
- 4) 读取里氏硬度示值。

4 测点应在检测面内均匀分布, 同一测点只能测试 1 次, 任意两压痕中心之间的距离以及任一压痕中心距检测面边缘的距离均不宜小于 3mm。每个套筒应采集 3~6 个表面硬度值, 每一测点的表面硬度值应精确至 1HL, 每个预制构件测试 16 个点, 共计 16 个表面硬度值。

F.0.7 表面硬度代表值应按下列方法计算: 计算预制构件套筒灌浆料表面硬度平均值, 应从该预制构件 16 个表面硬度值中依次剔除 3 个最大值和 3 个最小值, 其余的 10 个表面硬度值按下式计算平均值作为表面硬度代表值:

$$H_m = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} H_i \quad (\text{F.0.7})$$

式中 H_m ——单个预制构件套筒灌浆料的表面硬度代表值 (HL), 精确至 1HL;

H_i ——单个预制构件第 i 个测点套筒灌浆料的表面硬度值 (HL), 精确至 1HL。

F.0.8 可根据套筒灌浆料抗压强度换算曲线计算得出表面硬度代表值 H_m 所对应抗压强度换算值 $f_{2,j}^c$ 。宜按本附录第 F.0.12 条建立专用测强曲线进行强度换算; 当建立专用测强曲线受条件限制时, 可采用本附录提供的测强曲线, 测强曲线的公式为 $f_{2,j}^c = 3.0463e^{0.0057H_m}$ 。使用本附录提供的测强曲线前, 应先按本附录第 F.0.13 条对相应套筒灌浆料进行检测误差验证。当检测误差不能满足要求时, 或当所检灌浆料有下列两种情况之一时, 必须建立专用测强曲线进行强度换算:

- 1 灌浆料中骨料最大粒径大于 2.36mm。

2 特种工艺制作的灌浆料。

F.0.9 按批检测时, 同批构件套筒灌浆料抗压强度应按下列公式计算其平均值、标准差和变异系数:

$$m_{f_2^c} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f_{2,j}^c \quad (\text{F.0.9-1})$$

$$s_{f_2^c} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (m_{f_2^c} - f_{2,j}^c)^2}{n-1}} \quad (\text{F.0.9-2})$$

$$\delta_{f_2^c} = \frac{s_{f_2^c}}{m_{f_2^c}} \quad (\text{F.0.9-3})$$

式中 $m_{f_2^c}$ ——同批预制构件套筒灌浆料抗压强度换算值的平均值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{2,j}^c$ ——第 j 个预制构件的套筒灌浆料抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$s_{f_2^c}$ ——同批预制构件套筒灌浆料抗压强度换算值的标准差 (MPa), 精确至 0.01MPa;

$\delta_{f_2^c}$ ——同批预制构件套筒灌浆料抗压强度换算值的变异系数, 精确至 0.1。

F.0.10 套筒灌浆料抗压强度推定值 $f_{2,e}^c$ 应按下列规定确定:

- 1 当按单个预制构件检测时, 该构件的套筒灌浆料抗压强度推定值应按下式计算:

$$f_{2,e}^c = f_{2,j}^c \quad (\text{F.0.10-1})$$

式中 $f_{2,e}^c$ ——灌浆料抗压强度推定值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{2,j}^c$ ——第 j 个预制构件套筒灌浆料抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa。

- 2 当按批抽检时, 应按下列公式计算, 并取 $f_{2,e1}^c$ 和 $f_{2,e2}^c$ 中较小值作为该批预制构件的套筒灌浆料抗压强度推定值 $f_{2,e}^c$:

$$f_{2,el}^c = m_{f_2^c} \quad (\text{F. 0. 10-2})$$

$$f_{2,e2}^c = \frac{f_{2,min}^c}{0.75} \quad (\text{F. 0. 10-3})$$

式中 $f_{2,el}^c$ ——套筒灌浆料抗压强度推定值之一 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{2,e2}^c$ ——套筒灌浆料抗压强度推定值之二 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$m_{f_2^c}$ ——同批预制构件套筒灌浆料换算值的平均值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{2,min}^c$ ——同批预制构件套筒灌浆料换算值的最小值 (MPa), 精确至 0.1MPa。

F. 0. 11 对于按批抽检的预制构件, 当该批构件套筒灌浆料抗压强度换算值变异系数大于等于 0.3 时, 则该批构件应全部按单个预制构件检测。

F. 0. 12 灌浆料表面硬度与抗压强度的测强回归曲线可按下列方法建立:

1 表面硬度测试的 DL 型里氏硬度计应符合本附录的相关规定。

2 试验所用的灌浆料除抗压强度外, 其他指标应符合《钢筋连接用套筒灌浆料》JGT 408 等相关标准的规定。

3 建立测强曲线用灌浆料不宜少于 6 个强度等级, 每个强度等级不少于 6 组试验, 每组试验包含 3 个平行试件对, 每个试件对按下列步骤进行:

1) 制作 2 块中部穿有 2 根 PVC 管的混凝土试件 (100mm×100mm×100mm), 在 PVC 管的一端塞入橡胶塞, 从 PVC 管的另一端灌入灌浆料, 用同盘灌浆料制作 1 组灌浆料标准试件 (40mm×40mm×160mm), 试件如图 F. 0. 12 所示;

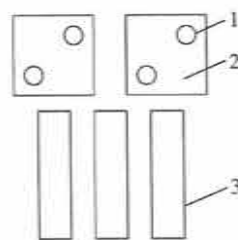


图 F. 0. 12 试件示意

1—PVC 管; 2—混凝土立方体 (100mm×100mm×100mm);
3—灌浆料标准试件 (40mm×40mm×160mm)

2) 将上述埋入混凝土的 PVC 管灌浆料试件和灌浆料标准试件进行同条件自然养护;

3) 养护 1~2d 后拔出橡胶塞, 继续养护达到相应龄期后, 将混凝土立方体块置于压力试验机承压板间, 并保证 PVC 管水平且塞入橡胶塞一端朝向试验操作方向, 施加压力用于固定混凝土立方体块, 然后采用 DL 型里氏硬度计对 PVC 管内的灌浆料检测面进行硬度测试, 每根 PVC 管采集 4 个表面硬度值, 共采集 16 个表面硬度值, 依次剔除 3 个最大值和 3 个最小值, 其余的 10 个表面硬度值的平均值作为表面硬度代表值;

4) 灌浆料标准试件在压力试验机上进行抗压强度试验, 3 个标准试件抗压强度代表值应按《钢筋连接用套筒灌浆料》JGT 408 确定。

4 测强曲线应按下列步骤建立:

1) 将每个试件对的 PVC 管灌浆料试件硬度代表值和标准试件的抗压强度代表值汇总, 采用最小二乘法进行回归分析;

2) 回归方程式可按下列式计算:

$$f_2^c = \alpha \cdot \beta^{H_m} \quad (\text{F. 0. 12-1})$$

式中 f_2^c ——标准试件灌浆料抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

H_m ——PVC 管灌浆料试件表面硬度代表值 (HL), 精确至 1HL;

α ——测强公式回归系数 (MPa/ HL);

β ——测强公式回归系数 (无量纲)。

5 回归方程式的强度平均相对误差 δ 不应大于 12%, 相对标准差 e_r 不应大于 15%。平均相对误差 δ 和相对标准差 e_r 应按下列公式计算:

$$\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{2,i}^c}{f_{c,i}} - 1 \right| \times 100\% \quad (\text{F. 0. 12-2})$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{2,i}^c}{f_{c,i}} - 1 \right)^2} \times 100\% \quad (\text{F. 0. 12-3})$$

式中 δ ——回归方程式的强度平均相对误差 (%), 精确至 0.1%;

e_r ——回归方程式的强度相对标准差 (%), 精确至 0.1%;

$f_{c,i}$ ——第 i 个试件对中灌浆料标准试件抗压强度实测值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{2,i}^c$ ——第 i 个试件对中 PVC 管灌浆料试件按回归方程式计算出的灌浆料抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

n ——制定回归方程式的试件对数量。

F. 0. 13 测强曲线可按下列方法进行验证:

- 1 仪器设备和灌浆料指标参照本附录第 F. 0. 12 条的要求。
- 2 所验证灌浆料不宜少于 3 个强度等级, 每个强度等级不少于 2 组试验, 每组试验包含 3 个平行试件对, 试件对制作方式和试验步骤参照本附录第 F. 0. 12 条的要求执行。
- 3 灌浆料 3 个强度等级宜选择所需检测灌浆料的设计强度

等级和相邻的高低各 1 个强度等级。

4 根据试验所得表面硬度参数, 代入测强曲线, 进行强度换算。

5 根据试件实测抗压强度和换算强度, 按下式计算相对标准差 e_r :

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{2,i}^c}{f_{c,i}} - 1 \right)^2} \times 100\% \quad (\text{F. 0. 13})$$

式中 e_r ——相对标准差 (%), 精确至 0.1%;

$f_{c,i}$ ——第 i 个试件对中灌浆料标准试件的抗压强度实测值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

$f_{2,i}^c$ ——第 i 个试件对中 PVC 管灌浆料试件按测强曲线计算得到的抗压强度换算值 (MPa), 精确至 0.1MPa;

n ——试件对数量。

6 当 e_r 小于等于 15% 时, 可使用本附录测强曲线; 当 e_r 大于 15% 时, 应按本附录第 F. 0. 12 条建立专用测强曲线进行强度换算。

附录 G 阵列超声成像法检测叠合楼板结合面缺陷

G.0.1 用于叠合楼板结合面缺陷检测的阵列超声成像仪应包括主机、阵列探头和软件等,每个探头都应装载独立的弹簧悬架。

G.0.2 阵列超声成像仪应符合下列规定:

1 仪器应具备扫描成像、波形及图像查看、原始数据保存和导出等功能。

2 仪器应配置主频不大于 100kHz 的宽频带探头,探头宜采用穿透性强的干耦合式换能器,探头数量不宜少于 24 个。

3 仪器的模拟增益不宜小于 40dB。

4 仪器的采样频率不宜小于 1MHz。

G.0.3 检测前应做好下列工作:

1 确定检测设备是否正常。

2 确定叠合楼板的总厚度及预制底板的厚度。

3 根据检测要求及测试条件,确定待测部位。

G.0.4 应按下列步骤进行检测:

1 采用阵列超声成像仪对叠合楼板的厚度进行测试,根据仪器对叠合楼板下表面的反射成像效果,调试仪器的工作频率、彩色增益等参数。

2 依次对每个测点进行扫描成像,测点表面应为混凝土原浆面。

3 对各测点的扫描成像图进行缺陷识别,根据缺陷的深度判断是否为结合面的缺陷。

附录 H 三维点云与 BIM 对比检测结构尺寸偏差

H.0.1 检测的一般流程应符合下列规定:

1 应现场抽取 1% 的梁、柱构件,采用全站仪测量梁构件的侧向弯曲、柱构件的两个方向倾斜,选取侧向弯曲矢高不大于 1mm 的梁、垂直度不大于 1/1000 的柱构件进行标识。

2 采用三维激光扫描仪获取结构施工完成后三维空间尺寸数据,三维激光扫描仪性能及观测要求应满足本附录第 H.0.2 条的要求。

3 将获取的数据建立相应的点云模型,点云获取及处理应满足本附录第 H.0.3~H.0.7 条的要求。

4 在点云模型里,将标识构件的表面作为拟合特征面,一组特征面应包含三个相互垂直的平面,并将点云模型与 BIM 模型进行拟合。

5 应根据拟合结果,按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定,筛选出每个测区内尺寸偏差超过允许值的构件。

H.0.2 激光扫描仪性能及观测要求应满足表 H.0.2 的要求。

表 H.0.2 激光扫描仪性能及观测要求

控制项目	标称精度 (mm)	采样点间距 (mm)	有效测程 (m)	测回数
误差要求	测距中误差 $\leq 2@D$ 或点位中误差 $\leq 3@D$	≤ 3	$\leq D$ 且 $\leq S/2$	7

注 1 标称精度中@前的数据是指扫描仪的标称测距中误差或点位中误差值, D 是指标称精度对应的距离, S 是指标称测程。

2 测回数是指照准扫描的次数。

H.0.3 当采用激光扫描仪获取结构外形数据时,应符合下列规定:

1 应设置参考点。参考点数不应少于4个,分布应均匀,并位于建筑物外包尺寸外。参考点的坐标宜采用全站仪,按《建筑变形测量规范》JGJ 8关于工作基点测量的要求进行测定。

2 参考点应设置标靶,并采用与激光扫描仪配套的标靶。标靶布设应牢固可靠,宜采用遮光防水膜保护,并在完成该站扫描后及时遮盖。

H.0.4 激光扫描测量的测站布设应符合下列规定:

1 应设置在视野开阔、测站稳定、车流量较小的安全区域内。

2 应使观测标靶在本附录表 H.0.2 规定的有效测程内。

3 测站间可通视的参考点不应少于3个。

4 当采用平面标靶时,激光束相对标靶平面的人射角度不应大于 50° 。

H.0.5 激光扫描测量作业前,应将激光扫描仪放置在观测环境中进行温度平衡,并对其进行一般检查和通电检验。检查检验后,应符合下列规定:

1 激光扫描仪外观应无破损,附件配备应齐全,电源、电缆线、数据线等的连接应紧密稳固。

2 激光扫描仪应能正常获取并存储数据,电源容量和存储容量应充足。

H.0.6 激光扫描测量作业应符合下列规定:

1 每站测量前,仪器应进行平整。

2 扫描作业应按建立扫描项目、设置扫描范围、设置点间距或者采集分辨率、开始扫描、获取点云、精确扫描标靶等步骤进行操作。

3 扫描获取的数据应及时导入计算机中,并对标靶数据的完整性、可用性进行检查。当某测站标靶数据不完整、不能识别或者识别的坐标点明显偏离靶心时,应重测该测站。

4 扫描过程中若出现断电、死机等异常情况,或者仪器位置发生变化,应重测该测站。

H.0.7 激光扫描测量的数据处理与分析应符合下列规定:

1 应直接利用参考点将各测回监测点的坐标从仪器坐标系转换到工程坐标系。

2 坐标转换的残差应小于本附录表 H.0.2 规定的点位中误差值。

附录 J 红外热成像法检测外围护墙板防水性能

J.0.1 红外热成像法是基于物质干湿状态会影响其表面红外热辐射强度的原理,通过红外热成像技术把不可见的红外热辐射转变为可视图像,进而根据墙板表面的温度分布判定接缝渗漏的方法。

J.0.2 检测所采用的红外热成像仪应符合下列要求:

- 1 空间分辨力不应大于 $1.5 \times 10^{-3} \text{rad}$ 。
- 2 温度分辨率不应大于 0.05°C 。
- 3 探测器一般为不小于 $320 \text{ 像素} \times 240 \text{ 像素}$ 的非制冷平面探测器。
- 4 工作波段宜在长波范围内,即 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 。
- 5 测温一致性值不应超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。
- 6 测温范围宜在 $-20 \sim +100^\circ\text{C}$ 范围内,此范围内图像应清晰、层次分明,且测量数据满足温度分辨率的要求。
- 7 工作环境温度应在 $-15 \sim +50^\circ\text{C}$ 之间,工作环境相对湿度不大于 90% 。
- 8 连续稳定工作时间不宜小于 2h 。
- 9 应同时具备可见光拍摄的能力。

J.0.3 红外热成像法检测应符合下列要求:

- 1 在测区室内侧选择合适的观测点,观测点应能满足所拍摄的红外图像覆盖整个测区室内侧表面,同时记录相关检测信息,包括环境温度、测区表面材料、颜色等。
- 2 淋水开始前,应进行一次拍摄。
- 3 淋水过程中,应全程采用红外热成像仪持续观察,若发现温度分布图像发生异常变化,应立即拍摄。
- 4 淋水结束 5min 后,还应进行一次拍摄。

5 拍摄方向与测区表面的夹角不应超过 45° 。

6 拍摄过程中应避免仪器抖动。

7 单次红外拍摄的同时应拍摄可视照片。

8 检测得到的红外图像应标识其所对应测区及拍摄时间,原始图像应妥善保存,且不得进行修改。

J.0.4 渗漏区域的判定应符合下列要求:

- 1 单幅红外图像异常区域的最小温差参考值为 0.3°C 。
- 2 对由红外图像所识别的异常区域,应采用目视法细致检查,若发现渗漏现象,则判定该区域为渗漏区域。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为“应按……执行（或采用）”或“应符合……的规定（或要求）”。非必须按指定的标准、规范执行的，写法为“可参照……”。

江苏省地方标准

装配整体式混凝土结构检测技术规程

DB32/T 3754—2020

条 文 说 明

目 次

1 总则	67
3 基本规定	68
3.1 检测范围、项目和方法	68
3.2 检测工作的程序与要求	68
3.3 检测报告	68
4 材料及预制构件质量检测	69
4.1 一般规定	69
4.2 材料质量检测	69
4.3 预制构件质量检测	69
5 结构连接节点实体质量检测	71
5.2 灌浆饱满度检测	71
5.3 钢筋锚固（插入）长度检测	72
5.4 灌浆料实体强度检测	72
5.5 竖向预制构件底部接缝内部缺陷检测	73
5.6 叠合楼板结合面缺陷检测	74
6 结构实体质量检测	75
6.2 结构尺寸偏差检测	75
6.3 结构构件检测	75
6.4 动力特性检测	75
6.5 外围护墙板防水性能检测	76
附录 A 铺砂法检测混凝土叠合板结合面粗糙度	78
附录 B 拉拔法检测预制构件预埋连接件锚固抗拔力	80
附录 D 内窥镜法检测套筒内灌浆饱满度和钢筋插入长度	81

附录 E X射线法检测套筒内灌浆饱满度及钢筋锚固长度	83
附录 F 表面硬度法检测套筒连接灌浆料实体强度	86
附录 G 阵列超声成像法检测叠合楼板结合面缺陷	88

1 总 则

1.0.1 《省政府关于加快推进建筑产业现代化的促进建筑产业转型升级的意见》（苏政发〔2014〕111号）明确规定：“2025年，全省新建建筑的装配化率达到50%以上。”由于装配整体式结构与传统结构在建造方式上的不同，现有的检测技术尚不能满足装配整体式结构质量控制的要求。为了规范装配整体式混凝土结构检测工作，合理选择检测方法，提升检测质量，制定本规程。

1.0.3 装配整体式混凝土结构的检测综合性强、涉及面广，本规程未涉及的内容或与普通现浇混凝土结构通用的内容，应执行国家、行业及江苏省相关标准的规定。

3 基本规定

3.1 检测范围、项目和方法

3.1.3 进行装配整体式混凝土结构检测时，当同一个检测参数存在多种检测方法时，应尽量选择直观、明了、无损、经济的检测方法。

3.1.5 本条罗列了装配整体式混凝土结构所涉及的主要材料，未涵盖的其他材料及参数应按现行相关规范要求进行检测。

3.1.6 当按照本规程表 3.1.6-1、表 3.1.6-2 所列检测数量进行检测时，其检测目的是对施工安装质量进行抽检。当出现单个构件或部分抽检结果不合格时，可根据实际情况加倍抽检或批量检测。

3.2 检测工作的程序与要求

3.2.1 本条规定了装配整体式混凝土结构检测工作的程序。检测工作自身的质量应该有一套程序来保证，对于一般装配整体式混凝土结构检测工作，程序框图中描述的从接受委托到检测报告的各个阶段构成了一套比较完备的检测程序。对于特殊情况的检测，则应根据检测目的确定其检测程序和相应内容。

3.3 检测报告

3.3.3 检测机构对检测数据和检测结论的真实有效性负责。当委托方对报告提出异议时，应进行内部审查。当审查表明检测结论正确时应予以解释或说明，当审查表明检测结论错误时应予以纠正。

4 材料及预制构件质量检测

4.1 一般规定

4.1.2 本条列举材料为装配式建筑涉及的主要材料，均应按相应规范要求进行第三方检测，构件厂内使用材料也应执行，生产性自检不在此范围内。

4.2 材料质量检测

4.2.13 实际工程中，坐浆料的用量不像灌浆料那么大，目前还没有相关标准形成。《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 中的验收要求规定，对坐浆料拌合物应制作边长为 70.7mm 的立方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验，沿用了《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70 的规定。接缝采用坐浆连接时，如果希望坐浆满足竖向传力要求，则应对坐浆的强度提出明确的设计要求。对于不需要传力的填缝砂浆可以按构造要求规定其强度指标。

4.3 预制构件质量检测

4.3.1 预制构件上的预埋件、预留插筋、预留孔洞、预埋管线的位置及尺寸准确对于保证预制构件的顺利安装至关重要，应同时进行检测。

4.3.2 粗糙面和键槽是装配整体式混凝土建筑隐蔽工程验收的重要内容。《装配式结构工程施工质量验收规程》DGJ32/J 184

对粗糙度（粗糙面凹凸深度）和键槽尺寸应满足的要求作出了明确规定。

4.3.4 钢筋直径的检测宜首先采用游标卡尺直接测量外露钢筋的方法。由于《装配式结构工程施工质量验收规程》DGJ32/J184对预应力叠合板的保护层厚度有明确的规定，因此在对构件进行钢筋保护层厚度检测时，应考虑构件是否为预应力叠合板。

4.3.5 本条所指连接件包括吊装连接件和夹芯墙板连接件。吊装连接件包括吊环、吊钉和提升套筒等连接件。夹芯墙板连接件包括金属夹芯墙板连接件和纤维增强塑料夹芯墙板连接件等。

4.3.6 本条规定了预制构件进场时的结构性能检测要求。“不可单独使用的叠合预制底板”主要包括桁架钢筋叠合底板和各类预应力叠合楼板用薄板、带肋板，由于此类构件刚度较小，且板类构件强度与混凝土强度相关性不大，很难通过加载方式对结构受力性能进行检测，故本条规定可不进行结构性能检测。对叠合底梁，由于情况复杂，本条规定是否进行结构性能检测、结构性能检测的方式由设计人员确定。

5 结构连接节点实体质量检测

5.2 灌浆饱满度检测

5.2.2 在未灌满或者漏浆情况下，由于重力作用，流动灌浆料的液面会低于套筒出浆口。根据这一特征，在套筒出浆口高度位置制备内窥检测孔道，采用带尺寸测量功能的内窥镜可获得套筒顶部不饱满区的图像，通过数字化处理可定量确定不饱满的范围，进而计算出灌浆饱满度。当套筒的出浆孔道为直线形时，可在灌浆施工过程中通过预成孔装置形成孔道，也可通过后期沿着出浆孔道钻孔形成孔道；当套筒的出浆孔道为非直线形时，可将套筒出浆口高度位置外侧的混凝土保护层剔除，在套筒壁上钻孔形成孔道，检测完成后应对套筒壁钻孔部位进行修补。

5.2.3 本条规定了X射线法的适用范围。目前，便携式X射线机的穿透能力有限，对混凝土材料而言，最大穿透厚度在250mm左右，为了保证检测质量，实际检测时的穿透厚度不宜大于200mm。构件进行局部破损后，射线穿透厚度变小，故X射线法的适用范围可适当扩大。

5.2.4 本规程表5.2.4中所列的检测方法主要适用于竖向预制构件连接节点的灌浆饱满度检测，对于梁类预制构件可参照执行。

5.2.6 本条对预成孔装置的布置数量及位置作出了规定。通常情况下，采用连通腔灌浆的预制构件，当灌浆口处及距离灌浆口最远处的套筒灌浆饱满时，其余各个套筒的灌浆饱满度可得到基本保证，因此灌浆口处及距离灌浆口最远处的套筒为重点抽检对象。

5.2.8 X射线法检测的关键是设置好管电压、管电流、曝光时间、射线源到成像装置（如胶片、IP板或数字探测器）的距离等参数，需要通过试验事先确定，有时需根据现场实际情况进行调整。

5.2.9 由于钢筋浆锚搭接连接和集中约束搭接连接的出浆口构造做法特殊，预成孔内窥镜法尚不适用。一般情况下，出浆孔道钻孔内窥镜法和浆锚管壁钻孔内窥镜法只进行灌浆饱满度定性检测，仅当内窥镜的测量镜头在浆锚管内的高度位置能够确定时，方可进行灌浆饱满度定量检测。X射线法用于钢筋浆锚搭接连接和集中约束搭接连接的灌浆饱满度检测适用范围，可参照本规程第5.2.3条的规定。

5.3 钢筋锚固（插入）长度检测

5.3.1 由于钢筋浆锚搭接连接和集中约束搭接连接的出浆口构造做法特殊，内窥镜法尚不适用。

5.3.2 钢筋插入长度是指预留插筋进入套筒内的长度。钢筋锚固长度是由套筒内钢筋插入长度及灌浆饱满度共同决定的。内窥镜法检测套筒内钢筋插入长度是利用套筒尺寸精度高的特点，将测量钢筋插入长度转化为测量钢筋插入段末端与套筒内已知参照点的相对距离，通过带尺寸测量功能的内窥镜准确测量上述相对距离，计算出钢筋插入长度。

5.4 灌浆料实体强度检测

5.4.1 当出现试块抗压强度不符合设计要求或不具代表性，施工环境不满足灌浆料产品标准要求等情况时，可采用表面硬度法对灌浆料实体强度进行检测。该方法是指通过测试灌浆孔道或出

浆孔道内灌浆料外端面的硬度值，根据表面硬度与抗压强度的相关性来推定灌浆料抗压强度的方法。由于灌浆孔道及出浆孔道内灌浆料与套筒内灌浆料是连续一体的，因此检测上述孔道内的灌浆料强度即可代表套筒内的灌浆料强度。经大量实验室和现场验证试验表明，灌浆料表面硬度与其抗压强度存在较好正相关性，通过表面硬度的检测，利用建立的测强曲线可推定其抗压强度。

5.4.2 灌浆料为早强型水泥基胶凝材料，在0~7d龄期内，强度增长最快，要求3d龄期的抗压强度达到60MPa，7d龄期的抗压强度通常可达到设计强度的80%。此外，大量试验结果表明，达到7d龄期后，灌浆料的表面硬度数据的离散性显著减小，测试结果更为可靠。检测面应为灌浆料的原始浆料面，以保证测试结果的真实性，检测面存在明显缺陷、潮湿或人为烘干处理等将对检测结果带来影响。抗压强度的检测范围基本涵盖了目前套筒连接灌浆料在3~28d的强度区间，以满足实际工程的需求。表面硬度法不受套筒布置方式及灌浆和出浆孔道形状的限制。

5.5 竖向预制构件底部接缝内部缺陷检测

5.5.1 本条主要参考山东省《装配式混凝土结构现场检测技术标准》DB37/T 5106—2018及上海市《装配整体式混凝土建筑检测技术标准》DG/TJ 08-2252—2018的相关规定制定。小直径、高频率换能器是一种改进型换能器，能较好地适应竖向预制构件底部接缝的构造特点，该方法主要适用于预制剪力墙底部接缝内部缺陷检测。对于预制柱底部接缝内部缺陷检测，超声测距不宜大于800mm。试验结果表明，当超声测距大于800mm时，提高换能器的工作频率会导致超声波明显衰减，首波采集困难。对于预制夹心保温剪力墙底部接缝内部缺陷检测，本方法尚不适用。

5.5.2 《超声法检测混凝土缺陷技术规程》CECS 21 建议测点

的间距为 100~300mm, 这里取较小值是为了增大发现缺陷的概率。首轮测量后, 对有怀疑的点位区域进一步加密测点, 可大致确定缺陷的分布范围。采用超声对测法, 当竖向预制构件底部接缝具有两对相互平行的测试面时, 宜选择超声测距较小的一对测试面; 当竖向预制构件底部接缝为圆形时, 可做径向对测。

5.6 叠合楼板结合面缺陷检测

5.6.1 阵列超声成像法通过扫描成像能较准确清晰地显示出缺陷的位置, 可根据缺陷的深度判断是否为结合面的缺陷, 有效排除预埋线管、线盒的干扰。

5.6.2 本条所指的单块叠合楼板是以预制底板作为划分依据。用阵列超声成像法检测时, 存在边界效应, 通常情况下仪器测试边缘与构件边缘的距离不应小于构件被测区域的厚度, 以避免从构件边缘反射的超声波对测试效果造成干扰。

6 结构实体质量检测

6.2 结构尺寸偏差检测

6.2.3 在设计、施工阶段已应用 BIM 技术的工程可采用该方法进行检测。

6.3 结构构件检测

6.3.4 实体受弯构件主要指梁、板类构件, 在结构实体使用过程中, 若受弯构件出现开裂、下挠等情况, 导致对结构实体的质量存在怀疑时, 可对怀疑构件或相邻构件进行静载试验。结构实体中构件静载试验针对的是具体的构件, 考虑到结构安全, 一般不进行承载力极限状态的检验, 而实际工作中又需要通过荷载试验验证受检构件承载能力能否满足要求, 因此, 必要时需要进行安全性检验和承载力检验。

6.4 动力特性检测

6.4.1 本条规定了动力特性检测的适用对象。《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 规定: “对于大型公共建筑和重要建筑宜在建筑工程竣工验收完成后, 使用前和使用后分别进行一次动力测试, 并宜在每隔 10 年左右再进行一次动力测试, 对使用 30 年以上的建筑物宜 7 年左右再进行一次动力测试。这些测试应与工程竣工验收完成使用后的动力测试相比较, 以确定建筑结构是否存在损伤及其损伤范围, 为是否需要进行详细检测提供依据。”《结

构健康监测系统设计标准》CECS 333 规定：“应通过结构振动监测数据，获取结构自振频率、振型、阻尼比。当有特殊要求时，应获取模态刚度、模态质量。”《装配式混凝土结构技术规程》JGJ 1 规定：“在各种设计状况下，装配式整体结构可采用与现浇结构混凝土相同的方法进行结构分析。”但由于节点连接方式、构造措施以及施工工艺等方面的差异，是否完全“等同现浇”未经实践确认，结构动力特性检测为判别装配式结构建成后是否达到“等同现浇”的设计原则提供了一种方法。同时可通过对结构现状刚度的分析判别结构的可能损伤区域及范围。

6.4.2 本条规定了动力特性检测的具体参数，其检测结果可与结构计算结果或原有试验结果对比，为工程结构设计、抗震验算及安全性评价提供基本技术资料。结构发生损伤后，结构的刚度（或质量）会发生改变，从而使结构的动力特性参数发生相应变化，故可以根据结构动力特性参数的变化来辨识结构的损伤。

6.4.3 当测试装配整体式混凝土结构的基本振型时，宜选用环境激励法，在满足测试要求条件下，也可选用强迫振动等其他方法；当测试平面内存在多个振型时，宜选用环境激励法或稳态正弦波激振法。

6.5 外围护墙板防水性能检测

6.5.1 装配式建筑外墙板接缝防水性能是装配式建筑设计需要考虑的重要因素，是装配式建筑重要性能之一。装配式建筑因其现场拼装的施工特点，易导致外围护墙板产生渗漏隐患，进行外围护墙板防水性能检测，有利于提升装配式建筑防水工程施工质量。

6.5.3 本条对淋水装置的技术要求进行了规定。通过限定喷嘴形式及压力，确保外墙面单位面积的淋水量恒定。

6.5.4 本条规定了淋水过程的要求，包括装置的放置、淋水时间、淋水顺序等。

6.5.5 采用目视观察渗漏现象是判别外墙板接缝防水性能是否合格最直观的方法。对于渗漏现象不明显或肉眼不易直接观察的测区表面，应采用红外热成像法进行观察。但在检测过程中，可能出现室外侧防水失效，接缝内部已经潮湿，室内侧表面无明显渗漏现象的情况。这种接缝的防水性能，按目视法及红外热成像法进行评价应属合格，但实际已存在渗漏隐患，投入使用若干时间后，极易出现渗漏现象。故在检测阶段应予以重视，宜采用微波测湿法测定接缝内部的干湿情况，从而判定接缝是否存在渗漏隐患。

6.5.6 室内侧墙板接缝处或接缝相邻处出现水迹、水滴、少量喷溅或持续流出等现象均视为出现渗漏现象。

6.5.8 对评价为不合格的测区，应对其进行修补，待充分干燥后，再次进行检测，直到无任何渗漏为止。

附录 A 铺砂法检测混凝土叠合板结合面粗糙度

A.0.1 量砂筒宜做成圆柱体形状,尺寸仅作参考。由于此试验是用刷子做摊铺运动,刷头过硬或过软不利于摊铺成形,且为了使试验用砂能够在自然状态填补构件表面的空隙,故对刷头大小及设置橡胶皮作出规定,只要满足以上摊铺要求也可选择其他柔性材料。考虑到不同体积的试验用砂对试验会产生不一样的结果,大量试验结果表明,当铺砂体积不少于 300mL 时试验数据基本稳定。

A.0.2 在进行检测前,首先应对试验用砂进行确认,确保试验用砂的使用状况符合要求,包括干燥程度及粒径要求。试验用砂的颗粒粒径宜选取 0.075~0.15mm、0.15~0.30mm 或 0.30~0.60mm 的单粒径,也可采用混合粒径,粒径 0.075~0.15mm、0.15~0.30mm、0.30~0.60mm 的混合比例宜采取 8:1:1、3:1:1、4:3:3、1:2:2 之一。此四种粒径均已通过试验验证,可用于叠合板结合面粗糙度检测。

恒重是指在 $(105\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中,相邻两次称量的时间不少于 3h 情况下,前后两次的称量之差不超过试验用砂质量的 0.5%。

构件的清理可以通过气筒、扫帚、吸尘器等工具完成。

应做好原始记录,保证检测结果的可溯性。

A.0.3 为保证检测结果真实反映构件粗糙程度,对测区数量及测区的选择进行了规定。同一构件设置粗糙度的方式一样,基本不存在采用不同施工工艺,因此在测区数量的选择上采用构件面积确定,同时,测区的布置不宜太过靠近,对测区间距进行了限制。

为保证铺砂测区能反映构件实际情况,对铺砂形成的实际四

边形的边长作出了限制,杜绝只朝一个方向进行摊铺。若所选测区沿垂直于桁架筋方向已满铺,而测区沿桁架筋方向边长不小于垂直桁架筋方向边长,则测区尺寸不受长宽比大于 1.2 的限制。

附录 B 拉拔法检测预制构件预埋 连接件锚固抗拔力

B.2 试验连接装置

B.2.2 加载连接装置材料宜采用 Q235, 淬火后硬度宜为 HRC55, 实际尺寸应根据预埋连接件尺寸确定, 图示尺寸仅供参考。

附录 D 内窥镜法检测套筒内灌浆 饱满度和钢筋插入长度

D.0.3 全灌浆套筒的预制端连接钢筋与套筒内壁之间的间隙可根据套筒产品说明书计算得到。吸管位置调整方法如下: 首先, 将吸管继续插入直到吸管的插入段末端抵接连接钢筋表面, 并在橡胶塞外侧端部与吸管的交界处做好记号; 然后, 根据连接钢筋与全灌浆套筒内壁之间的间隙值, 将吸管拔出, 拔出的长度等于上述间隙值, 使得吸管的插入段末端与套筒出浆口下方的套筒内壁基本齐平。

半灌浆套筒的安装端连接钢筋可能存在偏位, 连接钢筋与半灌浆套筒内壁之间的间隙无法精确定。吸管位置调整方法如下: 首先判断连接钢筋的插入长度是否达到吸管的高度位置。若未达到吸管的高度位置, 则将吸管继续插入半灌浆套筒的内腔直至抵接套筒出浆口对面的套筒内壁, 然后将吸管拔出, 拔出的距离等于半灌浆套筒的内径, 使得吸管的插入段末端与套筒出浆口下方的套筒内壁基本齐平; 当达到吸管的高度位置时, 根据现场测量确定预制构件表面出浆口至套筒出浆口之间的出浆孔道长度, 然后根据吸管的总长度减去出浆孔道长度得到吸管露出预制构件表面的长度, 调整吸管露出预制构件表面的长度使吸管调整到位。

D.0.7 当全灌浆套筒内灌浆料界面未超过套筒中部预制端钢筋限位点时, 预制端钢筋的实际锚固长度为 0, 按本附录式 (D.0.7-2) 进行计算的结果为负值, 因此规定 F 的计算结果为负值时按 0 计。

D.0.9 经调研, 目前市场上常用品牌、常规型号的半灌浆套筒, 设计锚固长度下连接钢筋末端均位于套筒出浆口底部上下

5mm 范围内,出浆口上部的空腔是用作钢筋插入长度调节余量的,鉴于检测时构件已顺利安装,即钢筋插入长度超过设计锚固长度的部分并未影响构件安装,因此可直接判定钢筋插入长度满足要求。

对于半灌浆套筒,目前本方法仅适用于出浆孔道为直管的情况,应使用探头定位装置定位内窥镜测量镜头,以提高测量精度。当出浆孔道为非直管时,可采用内窥镜法做定性检测。

D.0.10 本方法主要适用于中部设有限位挡卡的全灌浆套筒。若套筒中部为其他形式的钢筋限位件,可根据钢筋限位件的具体形状或套筒内部的其他构造(如环形凸肋)建立基准平面,参照本方法的检测原理及步骤进行测试。

当内窥镜测量镜头从限位挡卡上部无法同时观测到限位挡卡及安装端连接钢筋插入段的末端时,可将内窥镜探头从灌浆孔道伸入套筒,利用安装端连接钢筋与套筒内壁之间的间隙继续向上推进伸入,在限位挡卡下部进行观测,参照本方法的检测原理及步骤进行测试。

附录 E X 射线法检测套筒内灌浆饱满度及钢筋锚固长度

E.0.2 为保证检测工作的安全性,本条对辐射防护、检测单位及人员的资质进行了规定。过量的 X 射线有损人体健康,在检测区域内,必须做好防护措施。检测作业的辐射防护应遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871 及《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ 117 的相关规定。《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十八条规定:“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位,应当按照国务院有关放射性同位素与射线装置放射防护的规定申请领取辐射安全许可证,办理登记手续。”

E.0.3 检测设备及材料包括便携式 X 射线机、控制器、连接电缆、工业胶片、增感屏、IP 板、数字探测器等,检测所用设备的相关要求应参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ 117、《无损检测工业射线照相胶片》GB/T 19348、《承压设备无损检测 第 11 部分: X 射线数字成像检测》NB/T 47013.11、《承压设备无损检测 第 14 部分: X 射线计算机辅助成像检测》NB/T 47013.14 等标准的规定。针对装配整体式混凝土结构实体连接节点质量检测的特点,本条对设备进行了相应规定。

E.0.4 本条对检测前的准备工作进行了规定。

E.0.5 透照工艺包括管电压、管电流、曝光时间、透照几何参数等,这些参数的选取直接影响成像效果的好坏。针对某一固定的检测工况,可通过试验事先确定各项参数的数值,以保证检测质量。

目前, X 射线技术的成像方式可分为胶片成像、CR 成像(Computed Radiography)和 DR 成像(Digital Radiography),

所对应的成像装置分别为工业胶片、IP 板 (Image Plate) 和数字探测器。合理放置射线机及成像装置可减小成像畸变。检测人员防护应遵循辐射防护的三种基本方式, 即距离防护、屏蔽防护和时间防护。

E. 0.6 局部破损是指对被测构件局部区域的混凝土进行剔除, 以期减小射线穿透厚度或将成像装置放置在利于成像的位置。局部破损应选择构件受力较小的部位进行, 破损前应采用电磁法确定待检套筒或浆锚管及周边钢筋的具体位置, 不应截断受力钢筋, 不宜截断分布钢筋, 且不应扰动待检节点连接件。

当需要减小射线穿透厚度时, 可仅对节点连接件表面或周围混凝土进行剔凿; 当需要将成像装置放置在利于成像的位置时, 可参考本附录图 E. 0.6 所示方式进行剔凿, 剔凿区大小及深度应满足放置成像装置的要求, 但剔凿面积不宜过大, 剔凿完毕应进行清理, 不得有碎屑或尖锐凸起, 以免损伤成像装置。检测完成后, 应对破损区进行修补。

E. 0.7 射线评片具有一定程度上的主观性, 为保证检测结果的客观公正性, 评片人员应具备相应执业资格。

暗室处理参数包含显影时间、定影时间、停影时间、环境温度等等, 暗室处理的好坏直接影响工业胶片的成像质量, 对同一检测工况的工业胶片进行处理前, 应通过试验确定适宜的暗室处理参数。目前主流的 CR 成像或 DR 成像系统, 均有配套的专业设备软件, 采用软件进行图像处理时, 原始的图像参数如灰度值等应保留。

有效识别灌浆料固化液面及锚固钢筋轮廓, 即可分别推导出灌浆饱满度及钢筋锚固长度。一般而言, 锚固钢筋轮廓较易识别, 而在部分情况下, 灌浆料固化液面可能存在无法清晰成像的情况, 此时, 可固定透照工艺及暗室处理参数, 通过试验分别得出特定工况下浆料部分和空腔部分的黑度值范围或灰度值范围,

作为检测结果评价的参考。

根据投影关系, 成像结果相较于实际尺寸会有一定程度的放大, 当需要进行尺寸测量时, 必须考虑到这种效应。可将射线发射源视作点光源, 并根据焦距 f (射线源与目标物的距离) 及焦距 F (射线源与成像装置的距离), 通过比例关系对测量数值进行修正, 如图 1 所示。

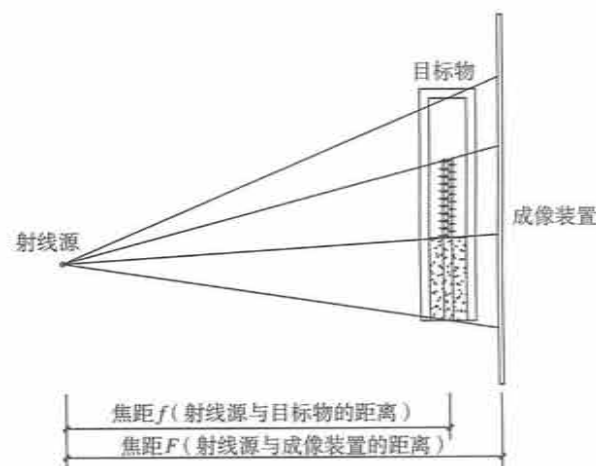


图 1 投影修正示意

附录 F 表面硬度法检测套筒连接灌浆料实体强度

F.0.2 DL 型里氏硬度计具有细长的冲击装置，便于在狭小的孔道内获得多个硬度数据。

F.0.4 由于表面硬度法测试具有快速、简便的特点，易取得代表性较高的总体灌浆料抗压强度数据，故规定：按批进行检测的构件，抽检数量不宜少于同批构件总数的 30% 且构件数量不宜少于 10 个。此外，抽取预制构件和套筒应严格遵守“随机”原则，宜由建设单位、监理单位、施工单位会同检测单位共同商定抽样的范围、数量和方法。

经编制组调研，目前工程中采用钢筋套筒灌浆连接的竖向预制构件，单个预制构件上的套筒数量基本都不少于 4 个。对于套筒数量为 3 个的预制构件，当测点数量能够满足本附录第 F.0.6 条第 4 款的规定时，也可作为检测对象。

F.0.5 采用连通腔灌浆，一般选择位于中间套筒的灌浆孔作为连通腔灌浆孔，其他套筒的灌浆孔道和出浆孔道在出浆时应采用带平整塞入端面的橡胶塞立即塞正封堵，灌浆结束后，将连通腔灌浆孔道也采用橡胶塞立即塞正封堵。对于不具备连通腔灌浆条件的套筒，可采用单独灌浆方式，将出浆孔道在出浆时采用橡胶塞塞正封堵，灌浆结束后，将灌浆孔道也采用橡胶塞立即塞正封堵。灌浆完成并自然养护 1~2d 后，可根据实际情况将灌浆孔道和出浆孔道的橡胶塞取出，通过兼作成型模具的橡胶塞获得光滑、平整的灌浆料硬度检测面。

F.0.6 经调研，套筒灌浆孔道的内径一般为 17~23mm，测点数可达 3~4 个；出浆孔道内径一般为 13~17mm，测点数可达 2~3 个。本条规定每个套筒采集 3~6 个表面硬度值，是考虑到出浆孔道内检测面状态不一定满足要求，仅通过灌浆孔道进行检

测也可保证具有 3 个测点。检测面进行硬度测试后，可采用拍照设备对测点进行观察，查看测点分布是否符合要求。

F.0.8 由于不同品牌套筒灌浆料的组分存在一定差异，按统一的测强曲线进行强度换算时可能会存在较大差别，因此宜建立专用测强曲线进行计算。本附录在大量试验的基础上，提供基于江苏地区多种常用品牌套筒灌浆料的测强曲线，测强曲线的回归公式为 $f_{c,j} = 3.0463e^{0.0057H_m}$ ，相关系数为 0.871，平均相对误差 $\delta = \pm 11.0\%$ ，相对标准差 $e_r = 14.5\%$ 。

附录 G 阵列超声成像法检测叠合楼板结合面缺陷

G.0.1 在叠合楼板上表面进行检测操作较为方便。考虑到叠合楼板上表面的平整度较低，因此阵列超声成像仪的每个探头都应装载独立的弹簧悬架，检测时探头可根据测试面的表面状态伸缩调节，以适应不平整表面。

G.0.4 阵列超声成像法主要通过超声图像判断被测构件内部缺陷，工作频率、彩色增益等参数的选取会直接影响成像效果的好坏。