



T/CECS XXX: 202X

中国工程建设协会标准

钢筋连接用套筒灌浆料实体强度检验技术规程

Technical Specification for Testing Solid Strength of Sleeve Grouting Material for Reinforcement Connection

(征求意见稿)

XXXX 出版社

中国工程建设协会标准

钢筋连接用套筒灌浆料实体强度检验技术规程

Technical Specification for Testing Solid Strength of Sleeve Grouting Material for Reinforcement Connection

T/CECS XXX: 202X

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

批准单位：

施行日期：202X年X月X日

前 言

根据中国工程建设标准化协会“关于印发《2017 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划》的通知”（建标协字[2017]014 号）的要求，规程编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

本规程共分 6 章，主要内容包括：总则；术语和符号；检测设备；抽样规则与取样方法；芯样试件加工；抗压强度检测。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责解释。在执行本规程过程中，如有意见和建议，请将意见及有关资料寄送解释单位（地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号，邮政编码：100013）。

主 编 单 位：中国建筑科学研究院有限公司

参 编 单 位：

主要起草人：

主要审查人：

目 录

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	3
2.1 术语.....	3
2.2 符号.....	4
3 检测设备.....	5
4 抽样规则与取样方法.....	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 抽样规则.....	7
4.3 钻芯取样.....	8
4.4 外接延长管取样.....	10
5 芯样试件加工.....	12
6 抗压强度检测.....	14
6.1 一般规定.....	14
6.2 芯样试件试验和抗压强度值计算.....	14
6.3 灌浆料抗压强度推定.....	15
6.4 小直径芯样修正法.....	17
附录 A 推定区间系数表.....	19
附录 B 小直径芯样试件抗压强度试验方法.....	20
附录 C 小直径芯样试件强度换算系数的确定方法.....	22
附录 D 小直径芯样强度换算系数的验证方法.....	24
本规程用词说明.....	26
引用标准名录.....	27
附：条文说明.....	28

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	3
2.1	Terms	3
2.2	Symbols	4
3	Test Equipment	5
4	Sampling Rules and Methods	6
4.1	General Requirements	6
4.2	Sampling Rules	7
4.3	Drilled Core sampling	8
4.4	External extension tube sampling	10
5	Machining of Core Specimen	12
6	Test of Compressive Strength	14
6.1	General Requirements	14
6.2	Test of Core Sample and Calculation of Compressive Strength	14
6.3	Estimated of Compressive Strength of Cementitious Grout	15
6.4	Correction Method of Small Diameter Core Specimen	17
Appendix A	Coefficient List of Estimated Interval	19
Appendix B	Test Method for Compressive Strength of Small Diameter Core Specimens	20
Appendix C	Determination Method of Strength Conversion Coefficient for Small Diameter Core Specimens	22
Appendix D	Verification Method of Strength Conversion Coefficient for Small Diameter Core Specimens	24
	Explanation of Wording in This Specification.....	26
	List of Quoted Standards	27
	Addition: Explanation of Provisions.....	28

1 总则

1.0.1 为规范采用小直径芯样法检测钢筋连接用套筒灌浆料实体强度技术，保证检测精度，制定本规程。

【条文说明】套筒灌浆连接是目前装配式混凝土结构中钢筋连接的主要方式之一，是利用内部带有剪力槽的套筒和注入高强度无收缩灌浆料将受力钢筋进行连接，该连接技术具有施工快捷、受力简单、附加应力小、适用范围广、易吸收施工误差等优点。从套筒灌浆连接原理可知，灌浆料质量是影响接头连接性能的重要因素，而灌浆料强度又是评价灌浆料质量的重要指标。现有灌浆料强度检验方法是针对试模制作的 $40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 160\text{mm}$ 标准试件，目前对灌浆料实体强度检测无标准规范可参考。

因灌浆套筒一般在构件生产时已预埋在混凝土中，而灌浆料又充满在套筒内，检测仪器均无法与套筒内灌浆料直接接触。可接触或者可取样的部位仅局限在灌浆口和出浆口处，本标准借鉴钻芯法检测混凝土强度的思路，提出采用小直径芯样法检测套筒灌浆料实体强度，从灌浆管、出浆管、外接延长管以及竖向构件底部接缝处等获取灌浆料芯样，再加工成高径比 1:1 的小直径圆柱体芯样，通过试验其抗压强度来评定套筒内灌浆料的实体强度。小直径芯样的形状和尺寸均不同于灌浆料标准试件，为了能对灌浆料实体强度进行符合性判定，本标准开展了大量的试验研究，建立小直径芯样试件与标准试件的强度换算关系。

本规程编制目的是规范装配式混凝土结构套筒灌浆连接的灌浆料实体强度检测方法。可取出的试样直径为 20mm 左右，灌浆料的骨料最大粒径小于 3mm，故采用超小直径芯样检测抗压强度的方法是可行的。小直径芯样强度离散性较大，为保证检测精度，对检测评定方法提出了具体要求。其他采用与钢筋套筒灌浆接头相似灌浆工艺，如从灌浆孔道注浆、从出浆孔道排气和出浆的浆锚搭接节点，可参照本规程检测灌浆料实体强度。

1.0.2 本规程适用于从已连接的预制混凝土构件灌浆管、出浆管、外接延长管和竖向构件底部接缝处取样检测装配式混凝土结构套筒灌浆料抗压强度。

【条文说明】由于套筒内部无法取得符合试验要求的试样，根据灌浆施工工艺，本标准规定在现场从已连接的预制混凝土构件的灌浆管、出浆管、外接延长管和竖向构件底部接缝处取样，试样加工后，在实验室对其抗压强度进行试验与

强度推定。

1.0.3 小直径芯样法检测套筒灌浆料抗压强度除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】针对灌浆料实体强度检测，目前尚无相关标准可参考，随着检测技术的发展，考虑到未来可能有相应的其他标准制订，故在执行此规程时尚应遵守其他相关标准要求。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 小直径芯样法 small diameter core method

从灌浆管、出浆管、外接延长管或竖向构件底部接缝处获取灌浆料圆柱状试件得到检测龄期时灌浆料抗压强度的方法。

2.1.2 外接延长管 external extension tube

为提高套筒灌浆的饱满度,灌浆施工前在套筒出浆口外接具有重力补浆功能的延长管,一般为L形管。

2.1.3 芯样试件 core specimen

从结构实体上钻取或者外接延长管上截取并加工制作成符合一定要求的灌浆料圆柱体试件。

2.1.4 芯样试件抗压强度换算值 conversion compressive strength of core specimen

由芯样试件抗压强度试验值换算得到相当于边长为 $40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 160\text{mm}$ 长方体试件的灌浆料抗压强度。

2.1.5 灌浆料抗压强度推定值 estimated compressive strength of cementitious grout

灌浆料抗压强度分布中的0.5分位值(均值)的估计值。

2.1.6 置信度 confidence level

被测试量的真值落在某一区间的概率。

2.1.7 推定区间 estimated interval

被测试量的真值落在指定置信度的范围,该范围由用于强度推定的上限值和下限值界定。

2.1.8 检测批 inspection lot

灌浆料的品牌、规格型号、强度设计值、搅拌工艺、灌浆工艺、环境条件、龄期等相同,由一定数量构件组成的检测对象。

2.2 符号

2.2.1 材料强度

f_{cor} —— 芯样试件抗压强度试验值；

f —— 芯样试件抗压强度换算值；

f_i —— 单个芯样试件抗压强度换算值；

f_m —— 芯样试件抗压强度换算值的平均值；

f^u —— 灌浆料抗压强度推定上限值；

f^l —— 灌浆料抗压强度推定下限值；

f^c —— 修正后的强度换算值；

f_0^c —— 修正前的强度换算值；

$f_{0,m}^c$ —— 采用间接检测方法对应芯样部位的换算强度平均值。

2.2.2 几何尺寸

d —— 芯样试件平均直径；

H —— 芯样试件平均高度；

A —— 芯样试件抗压横截面面积。

2.2.3 其他参数

F —— 芯样试件抗压强度试验的破坏荷载；

s —— 芯样试件抗压强度样本的标准差；

k^u 、 k^l —— 推定区间的上限值系数和下限值系数；

β —— 芯样试件抗压强度换算系数；

Δf —— 修正量。

3 检测设备

3.0.1 用于芯样钻取、加工和测量的设备与仪器均应有产品合格证，计量器具应有检定或校准证书，并应在有效期内使用。

【条文说明】锯切和磨平设备的技术性能直接影响芯样试件的质量，最终影响试件强度的标准差，各类仪器设备均应有产品合格证并满足相应的使用要求。

3.0.2 钻芯机应具有足够的刚度，操作灵活，固定和移动方便，并应有水冷却系统。

3.0.3 钻取芯样时宜采用人造金刚石薄壁空心钻头。

3.0.4 锯切试样时使用的锯切机应具有牢固夹紧芯样的装置，配套使用的锯片应有足够的刚度，锯切芯样宜使用双刀锯切设备。

【条文说明】本条规定锯切设备的性能，试验研究表明，芯样加工质量取决于切割设备的夹持稳定性以及锯切面与芯样轴线的垂直度。采用双刀锯切更有利于保证芯样锯切质量。

3.0.5 磨平设备应具有牢固夹紧芯样的装置，应保证圆柱体芯样试件端面与其轴线垂直。

【条文说明】本条规定磨平设备的性能，当芯样试件端面不平整时，可以采用磨平装置进行磨平处理。

3.0.6 探测钢筋位置的钢筋检测仪宜采用分体式结构，且探头尺寸不宜过大。仪器最大探测深度不应小于 60mm，探测位置偏差不宜大于 3mm。

【条文说明】考虑到灌浆管和出浆管的周边可能存在钢筋，必要时应采用钢筋检测仪探测钢筋位置。由于灌浆管位置较低，若采用一体式结构的钢筋检测仪，操作空间受限。分体式探头尺寸不宜过大，便于在灌浆管位置操作。

3.0.7 工作结束后，应对钻芯机和芯样加工设备进行维修保养。

4 抽样规则与取样方法

4.1 一般规定

4.1.1 采用小直径芯样法检测灌浆料实体强度前，宜具备下列资料信息：

- 1 工程名称及设计、施工、监理和建设单位名称；
- 2 构件种类、外形尺寸和数量；
- 3 灌浆料设计强度；
- 4 灌浆管和出浆管的种类、管材和管径；
- 5 灌浆日期；
- 6 灌浆质量状况和施工记录；
- 7 灌浆料标养试块、同条件灌浆料试块的强度试验报告；
- 8 相关的结构设计图纸、施工资料等。

【条文说明】本条提出了在取样检测前需要了解的一些关于结构灌浆质量的主要信息，便于取样工作的顺利开展和灌浆料强度换算创造有利条件。其中，灌浆管和出浆管的种类和管材信息比较重要，采用软管还是硬管直接影响到芯样试件的外形尺寸和质量；当采用L形外接延长管时，可以直接摘取延长管获得芯样，缺点是需要事前外接；当管径标称直径小于20mm时，芯样试件的直径偏小，采用本规程的检测方法时应补充强度换算系数的针对性试验。

4.1.2 对套筒灌浆管或出浆管的长度大于50mm的预制混凝土构件可采用钻芯取样方法，也可采用外接延长管取样方法；在楼梯间等无楼盖部位采用连通腔灌浆法施工的构件，可采用沿竖向构件底部接缝处钻芯取样方法。

【条文说明】剪力墙结构套筒一般采用双排梅花状布置，出浆管和灌浆管都布置在墙体的一个侧面，实际操作时，应在外露灌浆管和出浆管的侧面对另一侧的灌浆管和出浆管进行现场钻芯取样，可确保取出的芯样长度大于50mm，才能够加工成符合要求的小直径芯样试件；混凝土柱出浆管和灌浆管的管道长度较短，无法加工出符合要求的芯样试件，故需要事先外露一定长度的灌浆管或出浆管（或外接延长管），因此，需要分类给出取样方法。对于楼梯间部位，当采用连通腔灌浆法施工时，由于没有楼盖，竖向构件底部接缝厚度约20mm，理论上可以沿着竖向构件底部接缝钻取直径18mm左右的灌浆料芯样。

4.1.3 对满足试验要求的有效芯样应进行标记，并记录取样信息。记录信息包括构件编号、套筒编号和取样位置，取样位置为灌浆管、出浆管、外接延长管或底部接缝。

【条文说明】除了记录灌浆料芯样所在的构件编号，还应标注是取自出浆管、灌浆管、外接延长管还是底部接缝。由于同一个构件的灌浆管和出浆管比较多，故宜画图示意灌浆料芯样所在出浆管或灌浆管的位置，为后期的强度评定提供方便。

4.1.4 芯样应采取保护措施，避免在运输和贮存中损坏。

4.2 抽样规则

4.2.1 灌浆料的品牌、规格型号、强度设计值、搅拌工艺、灌浆工艺、环境条件、龄期等相同的一批构件应划分为同一检测批。

【条文说明】本条给出检测批划分的原则，应将灌浆料的品牌、规格型号、强度设计值、搅拌工艺、灌浆工艺、环境条件、龄期等相同的构件划分为同一检测批。

4.2.2 对同一检测批内的混凝土构件应进行随机抽样，根据检测批的容量，抽样检测的构件样本最小容量不应低于表 4.2.2 中的要求。

【条文说明】本规程确定的抽样规则是先抽取混凝土构件，再在被抽出的构件层面上抽取套筒。本条给出构件层面抽检的样本最小容量要求，并应遵循随机抽样原则。

4.2.3 在每个被抽检构件上抽取的灌浆料芯样数量不宜少于 3 个。

【条文说明】本条给出每个构件上抽检的灌浆料芯样数量，每个被抽检到的构件至少应抽取 1 个芯样。根据大量的小直径芯样抗压强度试验研究结果，有效样本数据不宜低于 20 个才可以进行强度评定，故此处规定单个构件上的灌浆料取样数量不宜少于 3 个，主要为满足后期强度检测评定的需要。

表 4.2.2 构件抽样检测的最小样本容量

检测批的容量	检测类别和样本最小容量			检测批的容量	检测类别和样本最小容量		
	A	B	C		A	B	C
2-8	2	2	3	501-1200	32	80	125
9-15	2	3	5	1201-3200	50	125	200
16-25	3	5	8	3201-10000	80	200	315
26-50	5	8	13	10001-35000	125	315	500
51-90	5	13	20	35001-150000	200	500	800
91-150	8	20	32	150001-500000	315	800	1250
151-280	13	32	50	>500000	500	1250	2000
281-500	20	50	80	-----	---	---	---

注：检测类别 A 适用于一般施工质量的检测，检测类别 B 适用于结构质量或性能的检测，检测类别 C 适用于结构质量或性能的严格检测或复检。

4.3 钻芯取样

4.3.1 钻芯应避免主筋、预埋管线，芯样钻取部位应符合以下规定：

1 宜沿着构件灌浆管轴线布设方向钻取。

2 当出浆管内浆料饱满时，可在构件出浆口沿着出浆管轴线布设方向钻取；当灌浆管直径大于出浆管直径时，应在构件灌浆口沿着灌浆管轴线布设方向钻取。

3 在楼梯间的无楼盖部位，可沿着竖向构件底部接缝处钻取。

【条文说明】灌浆管内浆料饱满，一般均可获得满足试验条件的灌浆料；出浆管内有时浆料不饱满，故当能够确定出浆管内浆料饱满时，才可以取出满足试验要求的芯样；有楼盖部位的竖向构件底部接缝，钻芯机无法安装，故只能对无楼盖部位进行钻取，不过此部位受条件限制，一般取出理想芯样的概率不高，但可以作为一个备选方案。应采用钢筋探测仪扫描钻芯部位的钢筋布置情况，宜确保芯样周边 10mm 左右范围内无钢筋，钻芯工作不应损伤构件里的主要受力钢筋。

4.3.2 钻芯机使用的钻头直径应符合下列规定：

1 当沿着灌浆管或出浆管钻取时，钻头内径宜比灌浆管或出浆管外径大 10mm~20mm。

2 当对竖向构件底部接缝处钻取芯样时，钻头内径应不大于 19mm，且不应小于 17mm。

【条文说明】沿着灌浆管、出浆管的走向，钻取内含灌浆管、出浆管的混凝土芯样，芯样直径视出浆管和灌浆管的外径而定。原则上，混凝土芯样直径比管外径大 10mm 以上即可满足要求；当灌浆管、出浆管走向与架设钻芯机的混凝土面不垂直时，芯样直径应稍大一些才能保证取出符合试验要求的芯样。因竖向构件底部接缝设计厚度为 20mm，考虑到能取出符合要求的芯样，故将钻头内径设定为不应大于 19mm；若芯样直径太小，对抗压强度测试带来较大难度，故要求芯样直径不应小于 17mm。

4.3.3 钻芯取样前应预估灌浆料芯样的有效长度，应选择在预估有效长度不小于 50mm 的部位钻取。

4.3.4 钻芯机操作应符合下列规定：

1 钻芯机就位并安放平稳后，应将钻芯机固定。

【条文说明】严禁采用手持式钻芯机，钻芯机应有固定装置，并将钻芯机固定，若固定不稳，钻芯机容易发生晃动和位移，容易造成卡钻、芯样折断以及灌浆料芯样尺寸不符合要求。

2 钻芯机在未安装钻头之前，应先通电确认主轴的旋转方向为顺时针方向。

【条文说明】若先安装钻头后通电，一旦方向相反则主轴与连接头变成退扣旋转，容易把钻头甩掉而造成事故。

3 钻取芯样时用于冷却钻头和排除混凝土碎屑的冷却水的流量宜为 3L/min~5L/min。

【条文说明】本条参照行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T384 的要求制订。

4 钻取芯样时宜保持匀速钻进。

4.3.5 取出内含灌浆料的混凝土芯样后，宜采用切割的方式剔除管外侧混凝土层，再采用壁纸刀沿纵向划开灌浆管或出浆管，取出其中的灌浆料芯样。

【条文说明】剔除芯样外侧混凝土层时，应选择不破坏灌浆管或出浆管的切割方式。

4.3.6 检查灌浆料芯样的外观质量，灌浆料圆周面应无孔洞和明显缺陷，目测圆柱体外形应无异常。

4.3.7 测量灌浆料芯样的长度，芯样有效长度不应低于 50mm。

【4.3.6-4.3.7 条文说明】试样的外观质量和长度是两个重点检查要素，确

保满足后期加工和试验要求。若芯样尺寸和外观质量不满足要求时，必要时应重新选择位置钻取芯样。

4.3.8 钻芯后留下的孔洞应及时进行修补。

【条文说明】如有设计要求，应按设计要求进行修补；如无特殊要求时，宜采用比该构件的混凝土设计强度等级高一个等级的膨胀细石混凝土进行修补，或者采用掺加细石的灌浆料修补。

4.4 外接延长管取样

4.4.1 当在套筒出浆口采取微重力补浆的灌浆工艺时，可采用外接延长管取样方法对灌浆料实体强度进行检测。

【条文说明】由于灌浆套筒连接接头的特殊性，其内部灌浆料无法直接接触，可考虑的检测手段仅能针对外露的灌浆口和出浆口。目前灌浆管和出浆管大体分为软管和硬管两类，软管在构件加工过程中有可能变形，造成内部浆料形状不一。构件出厂时，外露在混凝土构件表面的灌浆管和出浆管均被沿着构件表面切平，造成部分可取样的灌浆料长度尺寸不符合要求。目前，微重力补浆作为灌浆饱满度质量控制的一项施工工艺，得到了推广应用，对采用微重力补浆工艺的工程项项目，可将微重力补浆的外接延长管内的灌浆料作为实体强度检测的样本。

4.4.2 外接延长管宜为在出浆管末端安装的 L 形管，管内径宜在 18mm~22mm 之间，竖向直线段长度不宜小于 100mm。

【条文说明】采用微重力补浆的灌浆饱满度施工质量控制方法，在出浆口位置安装 L 形延长管，因取样对象是 L 形管的竖管，考虑到微重力补浆后，出浆口的浆液面会有一定的下降，结合工程实践，规定竖向管的直线段长度不宜小于 100mm。

4.4.3 外接延长管取样检测应先安装外接延长管，再进行灌浆施工，灌浆施工结束后，应对外接延长管采取保护措施，确保其不损坏、不变形。

【条文说明】按照微重力补浆的灌浆工序，灌浆施工后外接 L 形管顶端出浆口无须封堵，保持套筒内部浆液的互通，可以达到微重力补浆的效果，既可以满足取样检测的要求还可以提高套筒灌浆的饱满度。

4.4.4 外接延长管应由检测机构进行现场取样，应选取竖向管内浆料有效长度不低于 50mm 的外接延长管。

【条文说明】对于外接L形管的情况，现场用手可以握持，轻轻扭动即可取出需要的试样。

4.4.5 灌浆料芯样可采用壁纸刀沿纵向划开外接延长管直线段取出。

4.4.6 灌浆料芯样的外观质量应符合本规程第4.3.6条的规定。

5 芯样试件加工

5.0.1 从灌浆管、出浆管、外接延长管或竖向构件底部接缝获取的灌浆料芯样应加工成符合本章规定的小直径芯样试件。

【条文说明】芯样加工后的端面平整度和垂直度将对小直径芯样抗压强度产生影响，故本条强调了芯样的加工应符合本规程要求。

5.0.2 小直径芯样试件的高径比（ H/d ）宜为1。

【条文说明】芯样试件的高径比应为1，考虑到实际加工存在一定误差，加工完成的芯样实际高径比应在0.97~1.03之间，当不符合要求时，不能作为有效的芯样试件。

5.0.3 锯切后的芯样端面应与芯样轴线垂直，应保证锯切端面平整光滑。

5.0.4 当端面不平整、不光滑、不垂直时，可采用磨平机对端面进行磨平处理，确保端面平整、光滑且与芯样轴线垂直。

【5.0.3、5.0.4 条文说明】对芯样试件端面质量提出要求，芯样质量直接影响灌浆料小芯样试件的抗压强度结果，故要求芯样端面应与芯样轴线垂直，同时应确保端面平整无缺陷。

5.0.5 对加工好的芯样试件应进行编号，记录芯样试件的编号、直径和高度。

5.0.6 在试验前应按下述规定测量芯样试件的尺寸：

1 平均直径应采用游标卡尺在芯样试件上部、中部和下部相互垂直的两个位置上共测量6次，取测量的算术平均值作为芯样试件的直径，精确至0.02mm。

2 芯样试件高度应采用游标卡尺进行测量，沿着圆周4等分，测量4处，取测量的算术平均值作为芯样试件的高度，精确至0.02mm。

3 垂直度应采用游标量角器测量芯样试件两个端面与母线的夹角，沿着圆周4等分，测量4处，计算所测夹角与直角 90° 的差值，取绝对值的最大值作为芯样试件的不垂直度，精确至 $2'$ 。

4 端面平整度可采用游标卡尺夹持芯样试件承压面，一面转动游标卡尺，一面用塞尺测量游标卡尺与芯样试件承压面之间的缝隙，取最大缝隙为芯样试件的平整度。

【条文说明】由于小直径芯样的截面尺寸和高度均较小，故将直径和高度的测量精度提高到0.02mm。

5.0.7 芯样试件尺寸偏差及外观质量出现下列情况时,对应的芯样试件不宜进行试验:

- 1 芯样试件的实际高径比小于 0.97 或者大于 1.03;
- 2 芯样试件端面与轴线的不垂直度超过 $20'$;

【条文说明】参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中 3.3.2 条,试件相邻面间的夹角应为 90° 其公差不得超过 0.5° 。考虑到小直径芯样对于垂直度偏差更敏感,故将公差提高到 $20'$ 。

- 3 芯样试件端面平整度在直径尺寸范围内超过 0.02mm;

【条文说明】参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 中 3.3.1 条,试件承压面的平面度公差不得超过 $0.0005d$ (d 为边长),小直径芯样试件直径约 20mm,并考虑到仪器测量的可行性,故平面度公差统一取不应超过 0.02mm。

- 4 沿芯样试件高度的任一直径与平均直径相差超过 1.0mm;
- 5 芯样有较大缺陷。

【条文说明】对芯样试件质量提出具体要求,目的是为了减小测试偏差和样本的标准差。芯样缺陷包括肉眼可见的裂纹,或累计截面面积超过试件横截面面积 5%的气孔。

6 抗压强度检测

6.1 一般规定

6.1.1 小直径芯样法可用于确定检测批灌浆料抗压强度推定值，也可用于对间接强度检测方法进行修正。

【条文说明】对单个构件的套筒灌浆料强度检测评定的意义不大，故规定用于确定检测批灌浆料抗压强度推定值。间接检测方法可以获得较多检测数据，样本的标准差可能与检测批强度的实际情况比较接近，故将小直径芯样法与间接检测方法相结合，有利于扬长避短，减少检测工作的不确定性。

6.1.2 小直径芯样试件的直径宜在 17mm~23mm 之间。

【条文说明】根据本规程编制组开展的大量试验数据统计结果，小直径芯样强度变异系数在 0.15~0.20 之间。考虑到 20 规格灌浆管和出浆管的内径约 18mm，竖向构件底部接缝设计厚度为 20mm，故规定小直径芯样试件的直径不宜低于 17mm，直径太小，离散性更大，确定推定值的难度更大。

6.2 芯样试件试验和抗压强度值计算

6.2.1 芯样试件应在自然干燥状态下进行抗压强度试验。

6.2.2 芯样试件抗压强度试验可按本规程附录 B 的规定操作。

6.2.3 芯样试件抗压强度试验值应按下式计算：

$$f_{cor} = \frac{F}{A} \quad (6.2.3)$$

式中： f_{cor} ——芯样试件抗压强度试验值（MPa）；

F ——芯样试件抗压强度试验的破坏荷载（MPa）；

A ——芯样试件抗压横截面面积（ mm^2 ）；

6.2.4 芯样试件抗压强度换算值可按下式计算：

$$f = \beta \cdot f_{cor} \quad (6.2.4)$$

式中： f ——芯样试件抗压强度换算值（MPa）；

β ——芯样试件抗压强度换算系数，当 f_{cor} 在 65MPa~95MPa 之间时，建议 β 取 1.20。

【条文说明】根据本规程编制组的试验研究，开展了 20 个厂家 30 个规格灌浆料的标准试件（40mm×40mm×160mm）和小直径芯样试件（直径 18mm 左右）的抗压强度对比换算关系，换算系数 β 总体上在 1.15~1.20 之间，变异系数为 0.15~0.20。根据试验数据统计，换算系数随着强度波动有一定变化，但总体变化不大，为了便于简化换算，不再考虑换算系数随强度的变化关系，取为定值 1.2，并且规定本换算系数适用于试验结果 f_{cor} 在 65MPa~95MPa 之间的情况，换算后的强度值范围大体在 75MPa~110MPa 之间，超出此范围后应制订专用的测强换算系数。

6.2.5 宜针对所检工程的实际情况，制订专用的小直径灌浆料芯样试件强度换算系数，换算系数制订方法见附录 C。

【条文说明】因为不同厂家的灌浆料强度换算系数存在一定差异，故建议对不同灌浆料品牌和规格，按照不同龄期制订专用的强度换算系数，龄期分别考虑为 3d、7d、14d、21d、28d 和 56d。另外，对于芯样直径超出本规程适用范围 17mm~23mm 后，也应制订专用的强度换算系数。

6.2.6 采用本规程的芯样试件强度换算系数时，应按照附录 D 先进行验证，当验证结果满足要求时，方可采用；当验证结果不满足要求时，应按照附录 C 制订专用的小直径灌浆料芯样试件强度换算系数。

6.3 灌浆料抗压强度推定

6.3.1 小直径芯样法确定检测批的灌浆料抗压强度推定值时，有效的芯样试件抗压强度换算值数量不宜小于 20 个，且不应小于 15 个。

【条文说明】考虑到小直径芯样抗压强度数据的离散性，在做抗压强度推定时，建议有效芯样试件数量不宜小于 20 个。

6.3.2 检测批灌浆料抗压强度的推定值应按下列方法确定：

1 检测批的灌浆料抗压强度推定值应计算推定区间，推定区间的上限值和下限值应按下列公式计算：

$$f^u = f_m + k^u \cdot s \quad (6.3.2-1)$$

$$f^l = f_m - k^l \cdot s \quad (6.3.2-2)$$

$$f_m = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (6.3.2-3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f_m)^2}{n-1}} \quad (6.3.2-4)$$

式中： f^u ——灌浆料抗压强度推定上限值（MPa），精确至 0.1MPa；

f^l ——灌浆料抗压强度推定下限值（MPa），精确至 0.1MPa；

f_m ——芯样试件抗压强度换算值的平均值（MPa），精确至 0.1MPa；

s ——芯样试件抗压强度样本的标准差（MPa），精确至 0.01MPa；

f_i ——单个芯样试件抗压强度换算值（MPa），精确至 0.1MPa；

k^u 、 k^l ——推定区间的上限值系数和下限值系数，按本规程附录 A 查得；

n ——芯样试件抗压强度换算值的数量。

2 f^u 和 f^l 所构成推定区间的置信度宜为 0.85， f^u 和 f^l 之间的差值不宜大于 $0.10 f_m$ 。

3 f^u 和 f^l 之间的差值大于 $0.10 f_{cu,cor,m}$ 时，可适当增加样本容量，或重新划分检测批，直至满足本条第 2 款规定。

4 当不具备本条第 3 款条件时，不宜进行批量推定。

5 宜以 f_m 作为检测批灌浆料抗压强度的推定值，也可以 f^u 作为检测批灌浆料抗压强度的推定值。

【条文说明】本条对检测批抗压强度推定值的确定进行了规定：

1 由于抽样检测存在着抽样不确定性，给出确定的推定值与检测批灌浆料强度值的真值必然存在偏差，因此，给出一个推定区间更为合理。按此规定给出的推定区间应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300）的相关规定。

2 套筒灌浆料是以抗压强度平均值作为评定指标，不同于混凝土以强度标准值作为评定指标。本标准是以强度分布中的 0.5 分位值（均值）作为强度推定的估算值，不同于混凝土强度以 0.05 分位值作为强度推定的估算值。

3 参照《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344 第 3.3.15 条，考虑到小直径芯样抗压强度数据离散性大，推定区间的置信度取 0.85，并遵循《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 关于错判概率不大于 0.05 的规定，置信区间上

限 f'' 取错判概率 0.05, 下限 f' 取漏判概率 0.10。考虑到本检测方法的适用范围(75MPa~110MPa 之间), $0.10f_m$ 一般是较大值。

4 对推定区间应进行控制, 减小样本的标准差, 需要合理确定芯样试件的数量。

5 灌浆料抗压强度换算值的平均值小于推定区间的上限值, 若以样本平均值进行评定, 符合性不满足要求时, 也可采用上限值进行符合性评定。芯样试件抗压强度试验结果一般不会高出结构实体的实际强度, 一般略低于实际强度。

6 当不具备本条第 3 款条件时, 不宜给出检测批的强度推定值, 仅给出每个测点的抗压强度试验结果; 或者以推定区间下限值作为检测批灌浆料抗压强度的推定值。

6.3.3 小直径芯样法确定检测批灌浆料抗压强度推定值时, 可剔除芯样试件抗压强度样本中的异常值。剔除规则应按现行国家标准《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883 规定执行。当确有试验依据时, 可对芯样试件抗压强度样本的标准差 s 进行符合实际情况的修正或调整。

【条文说明】小直径芯样试件受试件质量、试验对中、破坏形态等影响, 抗压强度试验结果离散性较大。本规程编制组大量试验研究表明, 芯样试件抗压强度样本的标准差一般大于标准长方体试件的标准差。因此, 允许根据实际情况适当调整芯样试件抗压强度样本的标准差, 但调整要有试验依据, 而且需要事先将调整方案告知委托方。可结合芯样试件的破坏形态, 对异常数据进行剔除。

6.4 小直径芯样修正法

6.4.1 对间接测强方法采用小直径芯样方法修正时, 宜采用修正量的方法, 也可以采用其他形式的修正方法。

【条文说明】强度修正一般有修正量和修正系数两种方法, 本条建议采用修正量方法。修正量方法只对间接方法测得的强度平均值进行修正, 不修正标准差, 因此更适合小直径芯样修正法的特点。

6.4.2 当采用修正量的方法时, 芯样试件的数量和芯样位置应符合下列规定:

1 芯样试件数量不应少于 9 个;

2 当采用的间接检测方法为无损检测方法时, 小直径芯样位置应与间接检测方法相应的测点重合。

【条文说明】由于小直径芯样强度数据离散性更大，故芯样试件数量要求不少于9个。间接方法无损测强部位与小直径芯样取样部位应一一对应。

6.4.3 小直径芯样修正可按式(6.4.3-1)计算，修正量可按式(6.4.3-2)计算。

$$f^c = f_0^c + \Delta f \quad (6.4.3-1)$$

$$\Delta f = f_m - f_{0,m}^c \quad (6.4.3-2)$$

式中： Δf ——修正量 (MPa)，精确至0.1MPa；

f^c ——修正后的强度换算值 (MPa)，精确至0.1MPa；

f_0^c ——修正前的强度换算值 (MPa)，精确至0.1MPa；

f_m ——芯样试件抗压强度换算值的平均值 (MPa)，精确至0.1MPa；

$f_{0,m}^c$ ——采用间接检测方法对应芯样部位的换算强度平均值 (MPa)，精确

至0.1MPa。

附录 A 推定区间系数表

A. 0.1 推定区间的置信度为 0.85, k^u 为错判概率 0.05 条件下的上限值系数, k^l 为漏判概率 0.10 条件下的下限值系数。

【条文说明】由于小直径芯样试件抗压强度值的离散性较大, 即标准差偏大, 参照《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384 中限制系数的概率取值, 推定区间的置信度采用 0.85, 错判概率为 0.05, 漏判概率为 0.10。

A. 0.2 试件数与上限值系数 k^u 、下限值系数 k^l 的关系可按表 A. 0.2 取值。

表 A. 0.2 上、下限值系数表

试件数 n	k^u (0.05)	k^l (0.10)	试件数 n	k^u (0.05)	k^l (0.10)
10	0.57968	0.43735	34	0.29024	0.22428
11	0.54648	0.41373	35	0.28582	0.22092
12	0.51843	0.39359	36	0.28160	0.21770
13	0.49432	0.37615	37	0.27755	0.21463
14	0.47330	0.36085	38	0.27368	0.21168
15	0.45477	0.34729	39	0.26997	0.20884
16	0.43826	0.33515	40	0.26640	0.20612
17	0.42344	0.32421	41	0.26297	0.20351
18	0.41003	0.31428	42	0.25967	0.20099
19	0.39782	0.30521	43	0.25650	0.19856
20	0.38665	0.29689	44	0.25343	0.19622
21	0.37636	0.28921	45	0.25047	0.19396
22	0.36686	0.28210	46	0.24762	0.19177
23	0.35805	0.27550	47	0.24486	0.18966
24	0.34984	0.26933	48	0.24219	0.18761
25	0.34218	0.26357	49	0.23960	0.18563
26	0.33499	0.25816	50	0.23710	0.18372
27	0.32825	0.25307	60	0.21574	0.16732
28	0.32189	0.24827	70	0.19927	0.15466
29	0.31589	0.24373	80	0.18608	0.14449
30	0.31022	0.23943	90	0.17521	0.13610
31	0.30484	0.23536	100	0.16604	0.12902
32	0.29973	0.23148	110	0.15818	0.12294
33	0.29487	0.22779	120	0.15133	0.11764

附录 B 小直径芯样试件抗压强度试验方法

B.0.1 本附录适用于小直径灌浆料芯样试件的抗压强度试验。

【条文说明】试验方法参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081和《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671 制订

B.0.2 芯样试件抗压强度试验采用的压力试验机应符合下列要求：

1 压力试验机应符合《试验机通用技术要求》（GB/T 2611）和《液压式压力试验机》（GB/T 3722）中的技术要求；

2 压力试验机的测量精度应为 $\pm 1\%$ ；

3 芯样试件破坏荷载应在压力试验机全量程的 20%~80%之间；

4 压力试验机应具有加荷速度指示装置或加荷速度控制装置，并应能均匀、连续加荷；

5 当试验机的上、下压板中心有磨损、不平整时，应在上、下压板与试件之间垫钢垫板或采用专用夹具；

6 试件周围应设置防崩裂网罩。

【条文说明】参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 制订。

B.0.3 当需要使用钢垫板时，钢垫板应符合下列规定：

1 钢垫板的平面尺寸应不小于试件的承压面积，厚度应不小于 25mm。

2 钢垫板应机械加工，承压面的平面度公差为 0.02mm，表面硬度不小于 55HRC，硬化层厚度约为 5mm。

【条文说明】当试验机压板中心有磨损、不平整时，必须使用钢垫板，确保试验精度。参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 制订

B.0.4 当试件加荷采用专用夹具时，应符合下列规定：

1 专用夹具应符合 JC/T 683 的要求（尺寸、平整度、硬度等要求）；

2 夹具放在压力机的上下压板之间并应与压力机处于同一轴线；

3 球座应能转动使其上压板从一开始就适应试件的形状并在试验中保持不变。

【条文说明】参照《胶砂标准》4.2.8 条写。

B.0.5 芯样试件抗压强度试验步骤应按下列进行：

1 试验前应将芯样试件表面、上下承压板、钢垫板或专用夹具清理干净；

- 2 芯样试件的两个端面为加荷受压面；
- 3 将试件放置在试验机的下压板或者钢垫板上，芯样试件端面的中心应与试验机下压板中心对准，中心偏差应控制在 0.5mm 以内；
- 4 开动试验机，当上压板与试件或钢垫板接近时，调整球座，使接触均衡；
- 5 应连续均匀加荷，加荷速率控制在 $2400\text{N/s} \pm 200\text{N/s}$ 之间；
- 6 当试件接近破坏开始急剧变形时，应停止调整试验机油门，直至破坏，记录破坏荷载和试件破坏形态。

B. 0.6 根据芯样试件的破坏形态和破坏荷载，可剔除局部压碎形态的芯样试件试验结果，其余试件应作为有效试验数据。

【条文说明】小直径芯样的破坏形态包括正倒相接的圆锥破坏形态、斜裂缝剪切破坏形态和局部压碎破坏形态等，对于出现局部压碎破坏形态的试件应视为无效试件，该数据可予以剔除。

附录 C 小直径芯样试件强度换算系数的确定方法

C.0.1 应按本附录的规定制定小直径圆柱体试件与标准试件的抗压强度专用换算系数。

C.0.2 试件的制作、养护应符合下列规定：

1 按照产品说明书要求的掺水量，同一批搅拌分别制作圆柱体试件和标准试件。

2 测试龄期应不少于 6 个龄期：3d、7d、14d、21d、28d、56d。

3 每个龄期应分别制作不少于 30 个直径 $20 \pm 2\text{mm}$ 、高径比 1:1 的圆柱体试件。宜采用与工程现场灌浆相同的灌浆管和出浆管制作，再按本规程第 5 章要求切割加工而成，圆柱体试件质量应符合本规程第 5.0.7 条的要求。

4 每个龄期应分别制作 2 组（6 块） $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$ 的长方体试件。

5 圆柱体试件和长方体试件均在相同条件下养护相同到龄期再进行抗压强度试验。

C.0.4 依据《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 对长方体试件的抗压强度进行测试，每个龄期获得 12 个抗压强度试验值 $f_{id,cu,j}$ ，并计算各龄期下试件抗压强度平均值 $f_{id,cu}$ 。

C.0.5 根据附录 B 对圆柱体试件的抗压强度进行测试，每个龄期获得多个抗压强度测试值 $f_{id,cy,j}$ ，并计算各龄期下圆柱体试件抗压强度平均值 $f_{id,cy}$ 。

C.0.6 圆柱体试件与标准试件的抗压强度专用换算系数的计算应符合下列规定：

1 应采用最小二乘法原理对各个龄期试件测得的 $f_{id,cu}$ 和 $f_{id,cy}$ 进行计算，确定芯样试件抗压强度专用换算系数。

2 回归方程式宜采用以下函数关系式：

$$f_{cu} = \beta_s \cdot f_{cy} \quad (\text{C.0.6-1})$$

式中： f_{cu} ——长方体试件抗压强度值，回归方程式的因变量（MPa）；

f_{cy} ——圆柱体试件抗压强度值，回归方程式的自变量（MPa）；

β_s ——芯样试件抗压强度专用换算系数。

3 采用式（C.0.6-2）计算回归方程式的强度平均相对误差 δ ， δ 不应大于 $\pm 12.0\%$ 。

$$\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{cy,i}^c}{f_{cu,i}} - 1 \right| \times 100 \quad (\text{C. 0. 6-2})$$

式中： δ ——回归方程式的强度平均相对误差（%），精确至 0.1；

$f_{cy,i}^c$ ——采用 β_s 换算得到的第*i*个龄期圆柱体试件抗压强度平均值（MPa），精确至 0.1MPa；

$f_{cu,i}$ ——第*i*个龄期长方体试件抗压强度平均值（MPa），精确至 0.1MPa；

n ——龄期个数。

4 强度平均相对误差 δ 不满足第 3 款规定时，应增加试件数量补充试验，根据试验结果重新确定回归方程式，直到满足要求，换算系数方程式方可用于小直径芯样法的强度换算。

附录 D 小直径芯样强度换算系数的验证方法

D. 0. 1 使用本规程的芯样试件抗压强度换算系数时, 应按照本附录要求进行验证。

D. 0. 2 用于换算系数验证的试件制作、养护应符合下列规定:

1 按照产品说明书要求的掺水量, 同一批搅拌分别制作圆柱体试件和标准试件。

2 测试龄期不宜少于 3 个龄期, 且应包含 7d、14d 和 28d。

3 每个龄期应分别制作不少于 20 个直径 $20\pm 3\text{mm}$ 、高径比 1:1 的圆柱体试件, 宜采用与工程现场灌浆相同的灌浆管和出浆管制作, 再按本规程第 5 章要求切割加工而成, 圆柱体试件质量应符合本规程第 5. 0. 7 条的要求。

4 每个龄期应分别制作 1 组 (3 块) $40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 160\text{mm}$ 的长方体试件。

5 圆柱体试件和长方体试件均在相同条件下养护相同到龄期再进行抗压强度试验。

D. 0. 3 依据《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》GB/T 17671 对长方体试件的抗压强度进行测试, 每个龄期获得 6 个抗压强度试验值 $f_{id,cu,j}$, 并计算各龄期下试件抗压强度平均值 $f_{id,cu}$ 。

D. 0. 4 根据附录 B 对圆柱体试件的抗压强度进行试验, 按第 6. 2. 4 条采用本规程的换算系数 β 计算每个圆柱体试件的抗压强度换算值 $f_{id,j}$, 并计算各龄期下圆柱体试件抗压强度换算平均值 f_{id} 。

D. 0. 5 根据长方体试件抗压强度平均值和圆柱体试件抗压强度换算平均值, 按下式计算相对误差 δ :

$$\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{cy,i}^c}{f_{cu,i}} - 1 \right| \times 100 \quad (\text{D. 0. 5})$$

式中: δ ——回归方程式的强度平均相对误差 (%), 精确至 0. 1;

$f_{cy,i}^c$ ——采用规程建议的 β 换算得到的第 i 个龄期圆柱体试件抗压强度平均值 (MPa) (MPa), 精确至 0. 1MPa;

$f_{cu,i}$ ——第 i 个龄期长方体试件抗压强度平均值 (MPa), 精确至 0. 1MPa;

n ——龄期个数。

D. 0.6 当 δ 小于等于 $\pm 12.0\%$ 时，可使用本规程抗压强度换算系数 β ；当 δ 大于 $\pm 12.0\%$ 时，应按本规程附录 C 制定小直径圆柱体试件与标准试件的抗压强度专用换算系数 β_s 。

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，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在征程情况下均应这样做的用词：

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用词：

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用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 2 《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671
- 3 《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883
- 4 《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344

中国工程建设协会标准

钢筋连接用套筒灌浆料实体强度检验技术规程

T/CECS XXX: 202X

条文说明